

**DOĞU ANADOLU BÖLGESİ
YILLIK VE AYLIK TOPLAM
YAĞIŞLARIN TREND ANALİZİ**

Muhammed Fatih EMEK

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Hidrolik Bilim Dalı
Yrd. Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK**

2014

Her hakkı saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DOĞU ANADOLU BÖLGESİ YILLIK VE AYLIK TOPLAM
YAĞIŞLARIN TREND ANALİZİ**

Muhammed Fatih EMEK

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Hidrolik Bilim Dalı

ERZURUM

2014

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

Doğu Anadolu Bölgesi Yıllık ve Aylık Toplam Yağışların Trend Analizi

Yrd. Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK danışmanlığında, Muhammed Fatih EMEK tarafından hazırlanan bu çalışma 01.08.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Hidrolik Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu** (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Selim ŞENGÜL

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Okan Tarık KOMESLİ

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 28 / 08 / 2014 tarih ve 36 / 1092 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. İhsan **EFEOĞLU**
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOĞU ANADOLU BÖLGESİ YILLIK VE AYLIK TOPLAM YAĞIŞLARIN TREND ANALİZİ

Muhammed Fatih EMEK

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Hidrolik Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK

Bu çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesi'ne düşen aylık ve yıllık toplam yağışların trend analizinin araştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 46 adet yağış gözlem istasyonundan alınan, 1960 ile 2013 yılları arasında değişen, verilere Run testi ve Pettitt testi uygulanarak homojenlik analizi yapılmıştır. Homojen olduğu belirlenen istasyonlara Mann – Kendall testi ve Spearman'ın Rho testi uygulanarak trend analizi incelenmiş, Sen'in eğim metodu kullanılarak trendlerin eğimi belirlenmiştir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 20 yağış gözlem istasyonuna ait toplam 2133 adet yıllık veri içerisinde 106 aylık verinin eksik olduğu görülmüş olup, tek ve çok değişkenli regresyon modeliyle eksik veriler tahmin edilmiştir. Tahmin edilen eksik verilerle birlikte homojenlik analizi yapılmış ve 46 adet istasyondan 38 adet istasyonun homojen olduğu, kalan 8 adet istasyonun ise homojen olmadığı belirlenmiştir. Trend analizi sonuçlarına göre; yıllık toplam yağışların % 95 güven aralığında Baskil, Doğanşehir, Erciş ve Sivrice yağış gözlem istasyonları olmak üzere 4 adet yağış gözlem istasyonunda, % 90 güven aralığında ise bunlara ilaveten Ağın ve Elazığ yağış gözlem istasyonları olmak üzere 6 adet yağış gözlem istasyonunda azalan yönde anlamlı trendin varlığı görülmüştür. Sen'in eğim metoduna göre ise 28 adet yağış gözlem istasyonunda azalan yönde bir eğilim, 10 adet yağış gözlem istasyonunda da artan yönde anlamlı olmayan bir eğilim tespit edilmiştir. Doğu Anadolu Bölgesi'nin kuzey kesimlerinde genellikle artan yönde trend hakimken güney ve batı kesimlerinde azalan yönde trend hakimdir. Aylık toplam yağışların trend analizi değerlendirildiğinde ise yaz aylarında genellikle yağışların artan yönde eğilimde olduğu, kış aylarında ise azalan yönde eğilimde olduğu görülmüştür. Yazın Haziran ayında bölgede azalan yönde bir eğilim hakimken, Temmuz ayında yerini artan yönde bir eğilime bırakmaktadır. Kasım ayı olduğunda ise bölgeye düşen aylık toplam yağışlarda tekrardan azalan yönde eğilim hakim olmaktadır.

2014, 127 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu Bölgesi, trend analizi, Mann–Kendall, Spearman rho, Sen eğim metodu

ABSTRACT

MSc Thesis

TREND ANALYSIS OF TOTAL ANNUAL AND MONTHLY RAINFALLS ON EAST ANATOLIA REGION

Muhammed Fatih EMEK

Ataturk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Hydraulic Department

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Serkan ŞENOCAK

In this study, the research of trend analysis of total monthly and annual rainfalls fall to East Anatolia Region have been targeted. For this purpose, with applying Run test and Pettitt test to data that is taken from General Directorate of Meteorology's 46 units rainfall observation station, changing from 1960 to 2013, homogeneity analysis was performed. With performing Mann-Kendall test and Spearman's Rho test to station determined as homogeneous trend analysis was examined, with using Sen's slope method trend's slope was determined.

In total 2133 units annual data that are belongs to 20 rainfall observation stations provided from General Directorate of Meteorology with observing that 106 months data are missing, missing data is estimated with multivariate regression. Homogeneity analysis with estimated missing data is done and it is determined that 38 of 46 units station is homogeneous, the rest 8 units station is not homogeneous. According to trend analysis results; significant trend existence is observed at 4 units rainfall observation stations being as Baskil, Doğanşehir, Erciş and Sivrice, annual total rainfalls are %95 confidence level, in addition to these Ağın and Elazığ being as observation stations at 6 units rainfall observation stations annual total rainfalls are %90 confidence level to decreasing direction. According to Sen's slope method a decreasing direction tendency at 28 units observation stations, also an increasing not significant direction tendency at 10 units observation station is determined. When generally increasing direction trend is dominated at East Anatolia Region's north parts, decreasing direction trend is dominated at south and west parts. As to assessed monthly total rainfalls trend analysis, it is observed that in the summer months generally rainfalls are increasing direction tendency, in the winter months it is decreasing direction tendency. In summer in June when a decreasing direction tendency is dominated at region, in July it gives place to increasing direction tendency. When it is November, again decreasing direction tendency at monthly total rainfalls to region is dominated.

2014, Pages 127

Keywords: East Anatolia region, trend analysis, Mann–Kendall, Spearman's rho, Sen trend slope

TEŞEKKÜR

En az emeği kadar teşvikiyle de bu tezin baş mimarı olan tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK'a, her fırsatta bilgisini ve yardımını esirgemeyen, tezdən sonra bile esirgemeyeceğinin izlenimini veren Sayın Yrd. Doç. Dr. Fatih TOSUNOĞLU'na, sabrını ve hoşgörüsünü benden esirgemeyen aileme ve dostlarıma sonsuz teşekkürler...

Muhammed Fatih EMEK

Ağustos 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	5
2.1. Türkiye'de yapılan çalışmalar.....	5
2.2. Yurtdışında yapılan çalışmalar	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	18
3.1. Bu Çalışmanın Önemi	18
3.2. Çalışma Alanı ve Veriler.....	18
3.2.1. Doğu Anadolu Bölgesi	19
3.2.2. Veriler.....	24
3.3. Eksik Verilerin Tamamlanması.....	28
3.3.1. Tek ve çok değişkenli regresyon yöntemi	28
3.4. Homojenlik (Tektürlük)	30
3.4.1. Run (Swed - Eisenhart) testi.....	31
3.4.2. Değişim noktası.....	32
3.4.2.a. Pettitt testi	32
3.5. Trend (Ana Eğilim)	33
3.5.1. Parametrik ve parametrik olmayan (nonparametrik) testler.....	34
3.5.1.a. Parametrik testler	34
3.5.1.b. Parametrik olmayan testler	35
4. ARAŞTIRMA ve BULGULAR.....	42
4.1. Eksik Veri Analizleri.....	42
4.2. Homojenlik (Tektürlük) Analizi.....	45
4.2.1. Run (Swed-Eisenhart) testi ile homojenlik analizi.....	46
4.2.2. Pettitt testi ile homojenlik analizi	48

4.3. Grafik Metodu	51
4.4. Mann-Kendall Testi ile Analiz	51
4.5. Spearman'ın Rho Testi ile Analiz	55
4.6. Sen'in Eğim Metodu ile Analiz	59
4.7. Aylık Trend Analizi.....	63
4.7.1. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların trend analizi	63
4.7.2. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların trend analizi	72
4.7.3. Sen'in eğim metodu ile aylık toplam yağışların trend analizi	82
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	91
KAYNAKLAR	96
EKLER	99
EK 1.....	99
EK 2.....	100
EK 3.....	109
ÖZGEÇMİŞ	128

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

D	Doğu
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
H_0	Sıfır Hipotez
H_1	Alternatif Hipotez
K	Kuzey
N	Veri Sayısı
r	Run Değişim Sayısı
R^2	Temsil Oran Katsayısı
RMSE	Hata Kareleri Kare Kökü
YGİ	Yağış Gözlem İstasyonu
z	Test Sonucu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Doğu Anadolu Bölgesi il haritası	20
Şekil 3.2. Doğu Anadolu Bölgesi fiziki haritası	21
Şekil 3.3. Toplam 46 adet yağış gözlem istasyonu ve yerleri.....	23
Şekil 4.1. Eksik verisi bulunan istasyonlar	44
Şekil 4.2. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların trend analizi sonucu	54
Şekil 4.3. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların trend analizi sonucu.....	58
Şekil 4.4. Sen'in eğim metodu sonucu istasyonların trend eğimi büyüklüğü.....	62
Şekil 4.5. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların Ocak ayı ayı analizi.....	66
Şekil 4.6. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların Şubat ayı ayı analizi.....	66
Şekil 4.7. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların Mart ayı ayı analizi	67
Şekil 4.8. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların Nisan ayı ayı analizi.....	67
Şekil 4.9. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların Mayıs ayı ayı analizi	68
Şekil 4.10. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların Haziran ayı ayı analizi	68
Şekil 4.11. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların Temmuz ayı ayı analizi.....	69
Şekil 4.12. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların Ağustos ayı ayı analizi.....	69
Şekil 4.13. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların Eylül ayı ayı analizi	70
Şekil 4.14. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların Ekim ayı ayı analizi	70
Şekil 4.15. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların Kasım ayı ayı analizi	71
Şekil 4.16. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların Aralık ayı ayı analizi.....	71
Şekil 4.17. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Ocak ayı ayı analizi	75
Şekil 4.18. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Şubat ayı ayı analizi	75
Şekil 4.19. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Mart ayı ayı analizi.....	76
Şekil 4.20. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Nisan ayı ayı analizi	76
Şekil 4.21. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Mayıs ayı ayı analizi	77
Şekil 4.22. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Haziran ayı ayı analizi	77
Şekil 4.23. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Temmuz ayı ayı analizi ..	78
Şekil 4.24. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Ağustos ayı ayı analizi ...	78
Şekil 4.25. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Eylül ayı ayı analizi.....	79
Şekil 4.26. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Ekim ayı ayı analizi.....	79

Şekil 4.27. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Kasım ayı ayı analizi	80
Şekil 4.28. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Aralık ayı ayı analizi	80
Şekil 4.29. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Ocak ayı eğimleri	85
Şekil 4.30. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Şubat ayı eğimleri	85
Şekil 4.31. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Mart ayı eğimleri	86
Şekil 4.32. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Nisan ayı eğimleri	86
Şekil 4.33. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Mayıs ayı eğimleri	87
Şekil 4.34. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Haziran ayı eğimleri .	87
Şekil 4.35. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Temmuz ayı eğimleri	88
Şekil 4.36. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Ağustos ayı eğimleri .	88
Şekil 4.37. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Eylül ayı eğimleri	89
Şekil 4.38. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Ekim ayı eğimleri	89
Şekil 4.39. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Kasım ayı eğimleri ...	90
Şekil 4.40. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Aralık ayı eğimleri	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Trend çalışmasında kullanılan yağış gözlem istasyonları	25
Çizelge 3.2.	Pettitt testi ile kritik değerler	33
Çizelge 4.1.	Eksik verisi bulunan istasyonlar	44
Çizelge 4.2.	İstasyonların run testi ile homojenlik analizi	46
Çizelge 4.3.	Pettitt testi ile homojenlik analizi sonuçları	48
Çizelge 4.4.	Yıllık toplam yağışların Mann-Kendall testi ile trend analizi sonuçları .	52
Çizelge 4.5.	Yıllık toplam yağışların Spearman'ın rho testi ile trend analizi sonuçları	56
Çizelge 4.6.	Yıllık toplam yağışların Sen'in eğim metodu ile trend eğimi sonuçları .	60
Çizelge 4.7.	Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların %95 güven aralığında trend analizi sonuçları	64
Çizelge 4.8.	Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların %90 güven aralığında trend analizi sonuçları	65
Çizelge 4.9.	Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların %95 güven aralığında trend analizi sonuçları	73
Çizelge 4.10.	Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların %90 güven aralığında trend analizi sonuçları	74
Çizelge 4.11.	Sen'in eğim metodu ile aylık toplam yağışlarda istasyonların trend eğimi.....	83

1. GİRİŞ

Bugünkü bilgilerimize göre, yerkürenin yaklaşık 4,5 milyar yıllık çok uzun jeolojik tarihi boyunca iklim sisteminde milyonlarca yıldan on yıllara kadar tüm zaman ölçeklerinde doğal etmenler ve süreçlerle birçok değişiklik olmuştur. Jeolojik devirlerdeki iklim değişiklikleri, özellikle buzul hareketleri ve deniz aralığındaki değişimler yoluyla yalnızca dünya coğrafyasını değiştirmekle kalmamış, ekolojik sistemlerde de kalıcı değişiklikler oluşturmuştur (Türkeş 2007).

Geçmiş dönem iklim değişimlerinin bütünüyle doğal nedenlerden kaynaklanmış olduğu; günümüz ve yakın geçmişteki iklim değişimlerinde ise, muhtemelen geri dönüşümü olmayan insan etkinliklerinin payının büyük olduğu söylenebilir. Daha çok insan etkinlikleri sonucu meydana geldiği ileri sürülen kısa aralıklı iklim değişimleri günümüz küresel ısınma olgusuyla ilgili konulardır (Nişancı 2007).

Küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri, buharlaşma, yağış, yer altı suyu ve yüzeysel akış gibi hidrolojik çevrim elemanları ile su kaynaklarının kapasitesini, orman ve tarım alanlarının varlığını, hayvan ve bitkilerin doğal yaşam alanlarını, topraktaki nem rejimi ile birlikte tarımsal ürün türü ve verimini önemli derecede etkilemektedir.

Küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri sonucunda meydana gelen, gelecekte artarak devam edeceği anlaşılan ve bütün ekosistemi olumsuz yönde etkileyecek bu olayların merkezinde sıcaklık artışlarıyla birlikte yağış rejiminde de olan değişimler olduğu görülmektedir. Ancak, yerkürenin iklimindeki değişimin çeşitli bölgelere düşen yağışı ne şekilde etkileyeceği konusunda güvenilir bilgiler bulunmamakla birlikte, ülkemizde yıl içinde mevsimlere göre değişen yağış miktarları yıllar arasında büyük farklılıklar göstermektedir.

İklim elemanları içerisinde zaman ve mekan bakımından en fazla değişkenlik gösteren parametre yağış miktarı olup, bu süreçteki sistematik artış ve azalışlar iklim değişimine yönelik en önemli kanıt özelliği taşımaktadır (Karabulut ve Cosun 2009).

Yağış, günlük yaşamımızdaki etkisiyle karmaşık hidrolojik döngünün en önemli bileşenidir. Bu nedenle, yağış genellikle iklimi yöneten süreçlerin değişimlerinin anlaşılmasında bir başlangıç noktası olarak alınır. Yağış verileri yoğun olarak kara yüzeyi üzerinde kaydedilen ve hidrolojik döngünün izlenmesi için önemli bir unsur teşkil eder (Acar and Şenocak 2008).

Türkiye kısa veya uzun süreli iklim değişkenliklerinin yaşanabileceği riskli ülkelerden birisini oluşturmaktadır. Özellikle güney bölgelerimiz (Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi) coğrafi konumları nedeni ile iklim değişkenliklerine karşı hassas bir alanda yer almaktadır. İklim varyasyonlarının bir sonucu olarak, sözü edilen bölgelerimizde bitki örtüsü ve var olan diğer doğal kaynaklar zarar görmektedir. Özellikle bu bölgeler kuraklık ve sel gibi çevre problemlerinin meydana gelebileceği alanlardır. İklimde meydana gelen salınımlar bu bölgelerde vejetasyon süresinin farklılaşması, arazi bozulmaları ve kuraklığa bağlı tarımsal üretimin azalması gibi diğer ciddi problemlere yol açabilmektedir. Ayrıca, ekstrem ve beklenmedik iklim değişkenlikleri bu bölgelerde su kaynakları üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır (Karabulut ve Cosun 2009).

Türkiye’de, uzun yıllar yağış ortalaması 631 mm iken, yağış miktarının 1999 yılında %15 oranında, 2000 yılında ise %7 oranında azaldığı saptanmıştır. Ortalama yağışın azalması yanında yağış rejimindeki sapma da dikkate alınması gereken bir husus olarak vurgulanmaktadır. Ayrıca yağış miktarında meydana gelen bu azalış ve yağış rejimindeki sapmaların tarımsal üretimi olumsuz yönde etkilediğine, kuraklığa neden olan bu şartların devam etmesi halinde gelecek yıllarda suyla ilgili daha büyük sıkıntıların meydana gelebileceğine de değinilmiştir (Türkeş 1999; Öztürk 2002). Bununla birlikte subtropikal kuşak yağışlarındaki ani azalma 1970’li yıllarla birlikte Doğu Akdeniz Havzası’nda ve Türkiye’de de etkili olmaya başlamış, yağışlardaki önemli azalma eğilimleri ve kuraklık olayları kış mevsiminde daha belirgin olarak

ortaya çıkmıştır. Ayrıca, 1970’li yılların başı ile 1990’lı yılların ortası arasındaki yaklaşık 20-25 yıldaki kurak koşullardan en fazla, Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri etkilenmiştir (Türkeş 1998).

Yakın zamanda yapılan bazı çalışmalarda, Akdeniz ve Ege Bölgesindeki yıllık yağışlarda ve kış mevsimi toplam yağışlarında azalma eğiliminin kuvvetli olduğuna işaret edilmiştir (Demir vd 2007; Türkeş vd 2007).

Tarih boyunca su, canlı varlıkların ilgi odağı olmuş ve medeniyetler daha çok suya yakın yerlerde hayat bulmuştur. Fazla su taşkınlara neden olurken az su da insanların yaşamını etkilemekte ve toplu göçlere bile neden olabilmektedir. Günümüzde nüfusun artması, artan sanayi tesisleri gibi sebepler su ihtiyacını sürekli olarak artırmaktadır. Artan su ihtiyacını karşılamak için suyun bol olduğu yerlerden az olduğu yerlere taşınması ve su biriktirme hazneleri inşası gibi önlemler alınabilir. En etkili yol suyun geçmiş davranışlarını inceleyip gelecekteki davranışını tahmin etmektir. Zaman içerisinde su miktarındaki değişimin bilinmesi depolanan ve depolanacak suyun daha dikkatli olarak kullanılmasına ve planlanmasına yardımcı olacaktır. Bu nedenlerden dolayı trend analizi gibi istatistik yöntemlere önemli derecede ihtiyaç duyulmaktadır (Gümüş 2006).

Tüm bu suyun önemini ifade eden söylemlerden sonra özellikle belirtilmelidir ki hayatımızın devamlılığını sağlayan suyun ana kaynağı yağışlardır. Yağışların trend analizi ne kadar iyi bilinirse, suyun geleceğini belirlemekte bir o kadar iyi bilinecektir. İşte bu sebeplerden dolayı yağışın bölgemizdeki geçmişini ve beraberinde de geleceğini belirlemek üzere Doğu Anadolu Bölgesini kapsayan bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile Devlet Meteoroloji Müdürlüğü’nün Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içinde kalan gözlem istasyonlarından alınan verilerle yağışların son 50 yıldaki eğilimleri tespit edilmek istenmiştir. Yağışların eğiliminin ne yönde olduğunu tespit etmek amacıyla parametrik ve parametrik olmayan çeşitli istatistik yöntemler kullanılabilir. Fakat bu çalışmada 163.000 km²’lik ve Türkiye’nin %21’ini kapsayan Doğu Anadolu Bölgesi’nde parametrik olmayan yöntemlerden Mann–Kendall testi, Spearman’ın rho

testi yöntemleri kullanılarak yağışların trendi, Sen'in eğim testi ile de trend eğimleri tespit edilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

Yağış, akış ve sıcaklık verilerinin trend analizi üzerine gerek yurtiçinde gerekse yurtdışında birçok araştırma yapılmıştır. Geçmiş çalışmalarda homojenlik testi, parametrik ve/veya parametrik olmayan yöntemlerle yapılan trend analizi Türkiye’de yapılan çalışmalar ve Türkiye dışında yapılan çalışmalar olarak iki başlık altında toplanmıştır.

2.1. Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

Demirci vd 2009 yılında yapılan çalışmasında Thiessen ve Mann–Kendall yöntemi kullanılarak 1975 ile 2006 yılları arasındaki 32 yıllık dönemde İstanbul’un yıllık, mevsimlik ve aylık; ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıklarının eğilimi belirlenmiştir. Thiessen metodu ile İstanbul sınırları içinde ve dışında olan 8 gözlem istasyonundan alınan verilerle ArcGIS 9.2 yardımıyla İstanbul’un yıllık, mevsimlik ve aylık sıcaklık ortalamaları belirlenmiştir. Sıcaklıklarda bir trendin olup olmadığı veya bir trend varsa bunun pozitif veya negatif olduğunu belirlemek için parametrik olmayan testlerden Mann–Kendall yöntemi kullanılmıştır. Çalışmalar esnasında %90, %95, %99 ve %99,9 güven aralığında sonuçlar analiz edilmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda İstanbul ili için 32 yıllık bu dönemde sıcaklıkların yıllık ortalama sıcaklıklarda $0,83^{\circ}\text{C}$ artış olduğu gözlemlenmiştir. 32 yıllık bu dönemde sıcaklıkların en fazla arttığı mevsim Yaz Mevsimi ve ortalama olarak da $2,24^{\circ}\text{C}$ artışın olduğu tespit edilmiştir. Kış Mevsiminde ise ortalama olarak sıcaklıkların $0,16^{\circ}\text{C}$ azaldığı görülmüştür. Çalışmada aylık olarak sıcaklık değişimlerinin en fazla görüldüğü ay Ağustos, sıcaklık değişiminin ise $2,94^{\circ}\text{C}$ arttığı görülmüştür. Ağustos ayı maksimum sıcaklıklardaki değişimin $4,13^{\circ}\text{C}$, minimum sıcaklıklardaki değişimin ise $2,05^{\circ}\text{C}$ olduğu ifade edilmiştir.

Gümüş ve Yenigün 2006 yılındaki çalışmasında, Türkiye’nin en önemli havzalarından biri olan Aşağı Fırat Havzasının 1961–2000 yılları arasındaki 40 yıllık dönemde, bölgede bulunan ve EİEİ tarafından işletilen 40 akım gözlem istasyonu içinden seçilen 4

akım gözlem istasyonundan alınan verilerle bölgede bir trend olup olmadığı, varsa bu trendin pozitif veya negatif yönde olduğunun belirlenmesi araştırılmıştır. Çalışmalarda parametrik olmayan testlerden Mann–Kendall yöntemi kullanılmış ve trend varsa bu trendin başlangıç yılı da tespit edilmeye çalışılırken de Mann–Kendall Sıra Korelasyon testi kullanılmıştır. Aşağı Fırat Havzasından seçilen bu 4 akım gözlem istasyonundan alınan verilerle parametrik olmayan Mann–Kendall testi %95 güven aralığında incelendiğinde, yıllık ortalama akımlarda 2 akım gözlem istasyonunda azalan yönde trend olduğu görülmüştür. Mann–Kendall Sıra Korelasyon Testi ile bu trendlerin başlangıç yılı araştırılınca sonucun 1973 ve 1985 yılları olduğu tespit edilmiştir. Trendi azalan yönde olan bu tespitlerin Suriye sınırına yakın ve sınırı aşan sular olduğu görülmüştür. %90 güven aralığında veriler değerlendirildiğinde ise trendin azalan yönde ve başlangıç yılının ise 1984 olduğu tespit edilmiştir.

Bulut vd 2006 yılındaki çalışmasında, Atatürk Baraj Gölü'nün bölge iklimine etkisini araştırmak amacıyla baraj gölüne yakın olan Şanlıurfa ve Adıyaman illerinin maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıkların, bağıl nemin, yağış miktarının ve rüzgar hızının parametrik testlerden Lineer Regresyon Yöntemi ve parametrik olmayan Mann–Kendall ve Sen T testi yöntemi ile trend analizi yapılmıştır. Çalışmalar yapılırken Şanlıurfa ve Adıyaman il merkezlerinde bulunan 2 gözlem istasyonunun verilerinden, 1972–2003 yılları arasındaki en az 26 yıllık periyottan faydalanılmıştır. Atatürk Baraj Gölü'nün bölge iklimi üzerine etkisi araştırılırken yapılan bu çalışmanın analizleri aylık ve yıllık bazda değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçları 3 yöntemle değerlendirildiğinde, Lineer Regresyon analizinde Şanlıurfa ilinde yıllık bazda, maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar, bağıl nem ve yağış miktarında artış görülmüştür. Rüzgar hızı analizinde ise önemsenmeyecek derecede bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Aynı yöntemle Adıyaman ili için yapılan analizde ise Şanlıurfa iline benzer sonuçlar alınmış, yıllık bazda maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar, bağıl nem ve yağış miktarında artan eğilim; rüzgar hızında ise yine önemsenmeyecek derecede azalma olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmanın bir diğer yöntemi olan parametrik olmayan Mann–Kendall testi yöntemiyle analiz edildiğinde ise Şanlıurfa ilinde yıllık bazda maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar ile bağıl nemde artan

bir eğilim olduğu, yağış miktarında ve rüzgar hızında ise önemli bir değişim olmadığı görülmüştür. Adıyaman ilinde ise yıllık bazda maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıkların, bağıl nemin ve yağış miktarlarının artan yönde bir değişim gösterdiği belirlenmiştir. Son olarak Sen T testi yöntemine göre Şanlıurfa ilinde maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıkların ve bağıl nemin trendinin artan yönde, yağış miktarının trendinin olmadığı, rüzgar hızı trendinin ise azalan yönde olduğu görülmüştür.

Acar ve Şenocak 2008 yılındaki çalışmasında Türkiye'nin güneyindeki önemli bir yerleşim yeri olan Adana iline düşen yağışların 5, 10, 15, 30, 60 olmak üzere 5 ile 60 arasında değişen zaman aralıklarında kısa süreli yağışların trend analizi araştırılmıştır. %95 güven aralığında yapılan bu çalışma Mann–Kendall testi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada sadece Adana ili merkezi istasyonu kullanılmıştır. Kayıtlar 1944 ile 2000 yılları arasındaki süreyi kapsamaktadır. Yapılan çalışma sonucunda 5, 10, 15 ve 30 dakikalık zaman ölçeklerinde artan yönde anlamlı bir eğilim belirlenmiştir.

Acar and Şenocak 2012 yılındaki çalışmasında iklim değişimine karşı hassas coğrafyalardan biri olan Akdeniz coğrafyasında bulunan Türkiye'nin batısının 50 yıllık ve 7 adet yağış gözlem istasyonundan alınan veriler kullanılarak 1, 6, 12, 24 saatlik zaman ölçekleriyle trend analizi tahmin edilmiştir. Çalışma sırasında yağış gözlem istasyonlarından alınan verilerin Run testi ile homojenlik analizi yapıldıktan sonra Mann–Kendall testi ile trend analizi yapılmış ve Sen'in eğim metodu ile de trendin eğimi belirlenmiştir. Türkiye'nin önemli şehirlerinden olan Adana, Antakya, Bursa, Çanakkale, Denizli ve İzmir olmak üzere 7 adet yağış gözlem istasyonundan faydalanılmıştır. Yapılan bu trend analizi çalışması sonucunda İzmir ili için tüm zaman ölçeklerinde anlamlı bir trend artışı gözlenirken, Antakya ve Bursa illeri için ise sadece 12 saatlik zaman ölçeğinde anlamlı bir trend artışı görülmüştür. Aynı zamanda bu çalışma sonucunda Türkiye'nin batısındaki yağışların kırılma yılı olarak 1973 ve 1974 yılları olarak belirtilmiştir.

Kalaycı ve Kahya 1998 yılındaki çalışmasında Susurluk Havzası nehirlerinin yüzey suyu kalite verilerinde trend olup olmadığını tespit etmek amacıyla Spearman'ın rho, Sen'in T, Mann–Kendall ve Mevsimsel Kendall yöntemleri kullanılarak analiz yapılmak istenmiştir. Ayrıca bu parametrik olmayan testlere ilaveten birim zamandaki değişimi analiz etmek üzere Van Belle and Hughes (1984) tarafından geliştirilen homojenlik testi de yapılmıştır. Verilerin ön istatistiksel analizi yapılırken her bir gözlem istasyonundan alınan tüm değişkenler için sırasıyla özet istatistiksel bilgilerin bulunması, zaman serilerinin görsel incelenmesi, çapraz korelasyon matrisi, normalite testi ve bağımsızlık testi yapılmıştır. Çalışmalar esnasında Susurluk Havzasında bulunan ve EİEİ tarafından işletilen 4 gözlem istasyonundan faydalanılmıştır. Genel istatistiksel karakteristiklerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada debi, sediment konsantrasyonu, klorid, organik madde ve sodyum ölçümlerinin büyük oranda sağa çarpık olduğu; pH, elektriksel iletkenlik, kalsiyum + magnezyum, bikarbonat ve sülfat ölçümlerinin ise sola çarpık olduğu görülmüştür. Çalışmanın yapıldığı parametreler için debi değerinde ve sediment konsantrasyonunda azalan bir trend bulunmuş olup, su sıcaklığında, elektriksel iletkenlik değerinde, sodyum, potasyum, kalsiyum+magnezyum, bikarbonat ve klorid konsantrasyonunda artan trend tespit saptanmış, karbonat, pH, sülfat, organik madde ve bor konsantrasyonunda ise herhangi bir trend saptanmamıştır.

Özfidaner 2010 yılındaki çalışmasında, Türkiye'nin coğrafi bölgeleri için 1968–1997 yılları arasındaki 30 yıllık dönemde bu coğrafi bölgelerdeki gözlem istasyonlarından alınan verilerle parametrik olmayan testlerden Mann–Kendall yöntemiyle herhangi bir trend olup olmadığı, varsa da hangi yönlü olduğu araştırılmıştır. Çalışmalar sırasında Türkiye'nin 7 coğrafi bölgesinin işletmesini Devlet Meteoroloji Müdürlüğü'nün yaptığı 54 gözlem istasyonunun 1968 ile 1997 yılları arasındaki 30 yıllık dönemin verileri kesintisiz alınarak kullanılmıştır. Çalışmalar parametrik olmayan testlerden Mann–Kendall yöntemiyle %95 güven aralığında, aylık ve yıllık bazda analiz edilmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirildiği zaman en önemli artışın Ege Bölgesi'nde görüldüğü saptanmıştır. En çok artış görülen istasyon sayısı Ege ve Karadeniz Bölgeleri olarak bulunmuştur. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise genel olarak azalan yönde bir

eğilim olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada sonuç olarak beklenenin aksine yağışlarda bir azalma değil artış olduğu ifade edilmiştir.

Çiftlik 2012 yılındaki çalışmasında, 1962–2005 yılları arasındaki 44 yıllık dönemde Ege Bölgesinde bulunan 49 adet DSİ yağış gözlem istasyonunun yıllık toplam yağışların trendi araştırılmıştır. Bu trend çalışmasında da parametrik testlerden T testi ile parametrik olmayan Mann–Kendall, Mann–Kendall Mertebe Korelasyon, Sen’in T testi ve Spearman’ın rho testi yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sırasında uygulanan trend testinin gücünün azalmasına engel olmak için Ön Arındırma Yöntemi kullanılmıştır. Böylece istasyonlardaki gerçek trend varlığı belirlenmiş ve gerçekte olmayan bir trendin oluşmasına sebep olan içsel bağımlılıkta yok edilmiştir. Bu yöntem ile içsel bağımlılığın yok edilmesi aşamasından önce veri dizisinden deterministik verinin ayıklanması, daha sonra bu eğimin bulunan kalıntı terimlerine tekrar eklenmesi mantığı benimsenmiştir. Çalışmanın sonucunda içsel bağımlılık 0,05 anlamlılık düzeyinde incelenmiş ve içsel bağımlılığın bulunmadığı veri dizilerinin orijinal değerlerine doğrudan trend analiz testleri uygulanmıştır. Bu anlamlılık aralığında analiz testleri uygulandığında, Mann–Kendall, Spearman’ın rho ve T testi sonuçlarına göre 9 adet istasyonda azalan yönde trend bulunmuştur. Mann–Kendall Mertebe Korelasyon testi sonuçlarına göre de, trend başlangıç yılları; Beşyol 1982, Bozdağ 1984, İcikler 1971–1972 arası, Kıranslıh 1970–1971 arası, Kırıkköy 1977–1978 arası, Mahmudiye 1983 ve Yeşiloba 1972 olarak bulunmuştur. Yine çalışmanın devam eden kısmında içsel bağımlılığın 0,05 bulunmadığı 33 adet istasyona ait yağış verilerine doğrudan trend analizi uygulandığında, Mann–Kendall ve Spearman’ın rho testi sonuçlarına göre trend görülen istasyonlar 7 adet olarak bulunmuştur. Aynı istasyonlara T testi uygulandığı zaman ise bu 7 adet istasyona ilaveten 1 adet istasyonda azalan yönde trend bulunmuştur. Yine aynı şekilde Mann–Kendall Mertebe Korelasyon testi ile trend başlangıcı tespit edildiğinde ise Buharkent 1970, Doğalar 1973, Hasköy 1986–1987 arası, Işıklıgölü 1966–1967 arası, Maldan 1989–1990 arası, Sarılar 1972, Üçpınar 1982–1983 arası ve Yukarı Poyraz 1970 olarak bulunmuştur. Bunlara ilaveten bu çalışmanın neticesinde trendi etkilediği düşünülen parametrelerden değişim katsayısı ve örnek büyüklüğü parametreleri ile trend test sonuçları arasında anlamlı bir ilişki olmadığı ifade edilmiştir.

Şen 2013 yılındaki yüksek lisans tez çalışmasında Isparta il sınırları içinde bulunan 5 adet gözlem istasyonundan alınan verilerle sıcaklıkların ve yağışların eğilimi parametrik olmayan Mann–Kendall ve Spearman’ın rho testi yöntemleri, trend başlangıç yılları Mann–Kendall Mertebe Korelasyon testi ile ve trend eğilimlerini belirlemek içinde Sen’in Trend Eğilimi metodu ve Lineer Regresyon metodu kullanılarak belirlenmek istenmiştir. Ayrıca istasyonların sıcaklık ve yağış verilerinin homojenlik testi için ise Kruskal–Wallis testi tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda parametrik olmayan Mann–Kendall ve Spearman’ın rho testi uygulandığında yağış verilerinde Mayıs ayında Atabey gözlem istasyonunda tespit edilen negatif yönde anlamlı trend dışında anlamlı bir trendin varlığına rastlanmamıştır. Sonuçlar %95 güven aralığında analiz edildiğinde genel olarak Kış ve Yaz aylarında anlamlı olmayan azalma, İlkbahar ve Sonbahar aylarında ise anlamlı olmayan artışlar olduğu tespit edilmiştir. Lineer Regresyon metoduna göre ise Atabey ve Yalvaç istasyonlarında azalma; Senirkent, Uluborlu ve Isparta istasyonlarında da artma tespit edilmiştir. Çalışmanın sıcaklık analizinde ise Mann–Kendall ve Spearman yöntemi sonuçlarına göre Isparta il merkezindeki ısınma eğilimi diğer istasyonlara göre daha fazla bulunmuştur. İlkbahar sıcaklıklarında Senirkent istasyonunda, Yaz aylarında ise tüm istasyonlarda anlamlı bir ısınma eğilimi gözlemlendiği belirtilmiştir.

Biberoğlu 2011 yılındaki çalışmasında küresel iklim değişikliklerinin nedenleri, olası etkileri, Türkiye ve dünyadaki çalışmalar araştırılarak, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) 2007 yılında hazırladığı Dördüncü Değerlendirme Raporu kapsamındaki 23 iklim modelinden 9 tanesi (BCM2.0, CGCM3.2(T63), CNRM-CM3, ECHAM/MPI-OM, GFDL-CM2.1, GISS-ER, INM-CM3.0, MIROC3.2(medres), UKMO-HadCM3) seçilerek Türkiye üzerindeki etkileri parametrik Korelasyon Katsayısı t-testi ve parametrik olmayan Spearman’ın rho testi ile Mann–Kendall Sıra Korelasyon Testi ile analiz edilmiştir. Bu analiz 1971–2000 yıllarını kapsayacak şekilde yapılmıştır. 1971–2000 yılları arasındaki 30 yıllık dönemde Türkiye’de BCM2.0 modelinde Orta ve Doğu Karadeniz Bölgelerinde azalan bir trend olduğu, CGCM3.1 (T63) modelinde Batı ve Güney Ege Bölgelerinde azalan yönde bir trend olduğu, UKMO-HadCM3 modelinde Ege, İç Anadolu’nun güney kesimi ve Akdeniz

Bölgelerinde azalan yönde bir trend olduğu gözlemlenmiştir. Kalan 6 model için ise herhangi bir anlamlı trendle karşılaşılmamıştır. Bu çalışmada ayrıca, 2011–2100 yılları arası dönem için yağış parametrelerinden alınan sonuç ile bir analiz yapılmıştır.

Uçgun 2010 yılındaki çalışmasında, Kızılırmak Havzası'nda bulunan gözlem istasyonlarından alınan verilerle yağış, sıcaklık, buharlaşma ve akım verilerinin trend analizi yapılmıştır. Bu trend analizi çalışmasında homojenlik testlerinden t-sınaması, parametrik olmayan yöntemlerden Mann–Kendall ve Spearman'ın rho testi, %90 ve %95 güven aralığında yapılan analizlerde trendin başlangıç yılını belirlemek için Mann–Kendall Mertebe Korelasyon, eğimleri için ise Sen trend eğim metodundan faydalanılmıştır. Çalışmalar sırasında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan 1930-2007 yılları arasında değişen 69 yıllık döneme ait 14 adet gözlem istasyonunun yağış, sıcaklık ve buharlaşma verilerinden; Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından işletilen 13 adet akım gözlem istasyonunun ise ortalama akım verilerinden yararlanılmıştır. Sonuç olarak akım verilerinin analizinde 4 istasyonda azalan yönde trend tespit edilmiştir. Yağış verilerinin analizinde, %95 güven aralığında anlamlı bir trend tespit edilememiş fakat %90 güven aralığında 1 adet (Kaman DMİ) istasyonunda artan yönde anlamlı bir trendin varlığı gözlenmiştir. Sıcaklık verilerinin analizinde, %90 güven aralığında 2 adet (Sivas DMİ, Develi DMİ) istasyonda artan yönde anlamlı bir trend, %95 güven aralığında ise 1 adet (Sivas DMİ) istasyonda artan yönde trendin varlığı tespit edilmiştir. Son olarak buharlaşma analizinde ise %95 güven aralığında anlamlı bir trend elde edilememiş ve %90 güven aralığında 1 adet (Kastamonu DMİ) istasyonda azalan yönde trend bulunmuştur.

İçel 2009 yılındaki çalışmasında, Türkiye'nin Doğu Akdeniz kıyılarında sıcaklık ve yağışta görülen değişikliklerin varlığını, ne şekilde geliştiğini, sıcaklık ve yağışta meydana gelen değişimlere bağlı olarak ekstrem hadiselerin oluş zaman ve sıklıklarını analiz etmek hedeflenmiştir. Çalışmalarda sıcaklık ortalamalarının ve toplam yağışların aylık, mevsimlik ve yıllık analizleri yapılırken ANOVA (tek yönlü varyans analizi), Tukey HSD gruptama testi, Mann–Whitney U testleri uygulanmış ve SPSS ile

MINITAB paket programları kullanılmıştır. Bu trend analizi çalışmasında 11 adet gözlem istasyonundan alınan veriler değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, sıcaklık analizinde verilerden faydalanan 11 gözlem istasyonunun tümünde artan yönde anlamlı bir trendin varlığı gözlenmiş ve bu trendin 1992 yılında itibaren daha belirgin olduğu saptanmıştır. Erdemli, Mersin, Ceyhan, Antakya, Samanda istasyonlarındaki sıcaklık değişimleri diğer istasyonlardaki değişimlere nazaran daha kuvvetli olduğu görülmüştür. Yağış analizinde ise 1975 ile 2006 yılları arasında faydalanan verilerden elde edilen sonuca göre ilkbahar ile kış mevsimi toplam yağışlarında azalan bir trend, sonbahar mevsiminde ise artan yönde bir trend saptanmıştır. Yaz mevsimi için ise anlamlı bir trend bulunamamıştır.

Büyükyıldız 2004 yılındaki doktora tezi çalışmasında Türkiye'nin önemli bir havzası durumunda olan Sakarya Havzası'na düşen yağışların aylık bazda trend analizi incelenmiş ve aynı zamanda stokastik modellemesi yapılmıştır. Bu trend çalışmasında parametrik olmayan yöntemlerden Sen'in T testi, Spearman'ın rho testi, Mann-Kendall testi ve mevsimsel Mann-Kendall testi; aylık ortalama yıllık bazda ve her istasyona ait yağışların aylık değişimleri olarak iki başlık altında uygulanarak çalışılmıştır. Bu çalışmada Türkiye yüzölçümünün %7,13'ünü kapsayan Sakarya Havzası'nda Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü tarafından işletilen 85 adet yağış gözlem istasyonundan istatistiksel açıdan alınan verilerin yeterli sayılabileceği düşünülen 25 adet yağış gözlem istasyonu değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirmeye alınan bu 25 adet yağış gözlem istasyonunun verileri en az 32 en fazla 41 yılı kapsamaktadır. Bu trend analizinin sonucunda ise Sakarya Havzası'ndaki 25 adet yağış gözlem istasyondan alınan verilerle aylık ortalama yağışların parametrik olmayan yöntemlerle yıllık bazda belirlenen sonuçlara göre 0,05 önem seviyesinde 12 adet yağış gözlem istasyonunda azalan yönde bir trend tespit edildiği ifade edilmiştir. Kalan 13 adet yağış gözlem istasyonunun 9 tanesinde ise bir azalma söz konusu olduğu fakat 0,05 önem aralığında anlamlı olmadığı; diğer 4 tanesinde ise artan yönde bir trend olduğu yine onların 0,05 önem seviyesinde anlamlı olmadığı tespit edilerek belirtilmiştir. Azalan yönde trend eğilimi gösteren 12 adet yağış gözlem istasyonlarının Sakarya Havzası'nın kuzeyinde ve batısında yer aldığı görülmüştür. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi sonuçlarına

göre azalan yönde trend eğilimi gösteren gözlem istasyonlarında trend başlangıç yılları 1970–1980’li yıllarda, artan yönde trend eğilimi gösteren gözlem istasyonlarında ise 1980’li yıllarda olduğu ifade edilmiştir.

Partal and Kahya 2005 yılındaki çalışmasında Türkiye’deki yağış verilerinin aylık ve yıllık bazda anlamlılığını belirleyerek trend analizi tespitinin çalışılması hedeflenmiştir. Bu çalışma parametrik olmayan yöntemlerden Mann–Kendall testi ile Sen’in T Testi yöntemi benimsenmiştir. Türkiye’de belirlenen 96 yağış gözlem istasyonunun 1929 ile 1993 yılları arasındaki 64 yıllık verilerinden faydalanılmıştır. 96 adet yağış gözlem istasyonunun 57 tanesinde veriler 55 ile 59 yıl arasında seyrederken kalan 39 yağış gözlem istasyonunda ise veriler 60 ile 64 yıl arasında değişmektedir. Ülkemiz bazından geniş bir coğrafyayı kapsayan bu çalışmada 96 adet yağış gözlem istasyonundan alınan veriler neticesinde aylık bazda özellikle Eylül ayı olmak üzere Ocak ve Şubat aylarını da kapsayan bu 3 ayda azalan yönde anlamlı bir trend eğilimi tespit edilmiştir. Azalan yönde yıllık bazda trend gösteren istasyonlar Türkiye’nin batısı ve güneyi olarak belirtilmiştir. Fakat ülke merkezinde artan yönde trend eğilimi gösteren birkaç istasyonda görülmüştür.

Güventürk 2013 yılındaki çalışmasında, Türkiye’nin doğusunda bulunan Fırat, Dicle, Aras ve Çoruh havzalarının trendlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Trend analizi yapılan bu dört havzada 15 adet gözlem istasyonundan alınan ve 1970 ile 2010 yılları arasındaki 40 yıllık dönem değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Çalışma yapılırken analiz yapılan veriye göre Merkez–Zaman, Mann–Kendall testi, Spearman’ın rho testi metodları tercih edilmiş; merkez zamanlardaki değişimin sıcaklık ve yağış ile ilişkilendirilmesi içinde yağış, akım ve sıcaklık verileri trend analizine uygulanmıştır. Türkiye’nin doğusunu kapsayan bu çalışma sonucunda sıcaklığın son 40 yılda belirgin bir şekilde (ortalama 1,5°C) arttığı Mann–Kendall testi ve Spearman’ın rho testi ile görülmüştür. Yağışların trend sonucunda, Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarındaki dönemde anlamlı olmayan bir artış gözlenmiştir. Akış analizinde Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında büyük akarsu akımlarında bir miktar azalma olduğu görülmüştür. Seçilen 15 istasyonun 7’sinde ıslak günlerin sayısında azalma eğiliminde olduğu

belirtilmiştir. Havza bazında değerlendirildiğinde ise Yeşilırmak Nehri'nde önemli değişiklikler olmamasına rağmen Dicle Havzası'nda bir azalma eğilimi olduğu, Fırat ve Aras Havzalarında yağışlarda önemli değişiklikler olmamasına rağmen 1970 ile 2010 yılları arasında akımların önemli ölçüde azaldığı, Çoruh Havzası'nda ise anlamlı olmayan istatistiksel kaymalar olduğu ifade edilmiştir.

2.2. Yurtdışında Yapılan Çalışmalar

Norran and Douguédroit 2006 yılındaki çalışmasında Akdeniz coğrafyasının 1950–2000 yılları arasındaki yağışlarının aylık, mevsimlik ve yıllık zaman ölçeklerinde trend analizleri yapılmıştır. Çalışmada 63 adet yağış gözlem istasyonundan faydalanılarak Mann–Kendall testi yöntemi kullanılmıştır. Tüm Akdeniz coğrafyasını kapsayan bu kuşak Atlantik Bölgesi, İspanya, Lions Körfezi, Valencia Körfezi, Genoa Körfezi, İtalya, Yunanistan ve Yakın Doğu olmak üzere 8 alt bölüm altında toplanmıştır. Yapılan bu kapsamlı trend analizi çalışması sonucunda ise Atlantik Bölgesi'nde Mart ayında, İspanya'da Ekim ayında, Lions ve Genoa Körfezlerinde Aralık ayında, Yunanistan'da Ocak ayında anlamlı trendler saptanmıştır. Mevsim bazında Yunanistan ile Yakın Doğu'da kış mevsiminde anlamlı trendin varlığı görülmüştür. Yıllık analizde ise sadece Yunanistan'da anlamlı trendin varlığına rastlanmıştır.

Mondal *et al.* 2012 yılındaki çalışmasında, Hindistan'daki Orissa Nehir Havzası'na düşen yağışların trendi araştırılmıştır. 1971–2010 yılları arasını kapsayan 40 yıllık bu dönemde trend analizi yapılırken trendin aylık bazda eğilimini ve önemini belirlemek amacıyla parametrik olmayan yöntemlerden Mann–Kendall testi ve Sen'in T Testi yöntemi kullanılmıştır. 1971–2010 yıllarındaki 40 yıllık dönemde Orissa Havzası'nda yapılan çalışmanın sonucunda Mann–Kendall testi ile artan ve azalan yönde her iki trend eğimi de belirlenmesine rağmen bu trend eğimlerinin anlamlı olmadığı ifade edilmiştir. Anlamlı olmamasına rağmen Ocak, Mayıs, Haziran, Eylül, Ekim, Kasım aylarında artan yönde bir trend eğimi; Şubat, Mart, Nisan, Temmuz, Ağustos ve Aralık aylarında ise azalan yönde bir trend eğiminin tespit edildiği belirtilmiştir. Aynı şekilde Sen'in T Testi yöntemiyle elde edilen sonuçlarında Mann–Kendall testine benzerlik

gösterdiği ve anlamlı olmayan 6 aylık dönem için artan, 6 aylık dönem içinde azalan bir trend görülmüştür.

Liu *et al.* 2011 yılındaki çalışmasında, Çin'in güneyinde bulunan Guangdong şehrinde 1956–2000 yıllarını kapsayan 45 yıllık dönemde düşen yağışların aylık, sezonluk ve yıllık bazda trend analizinin belirlenmesi hedeflenmiştir ve 186 adet yağış gözlem istasyonlarından alınan verilerle Mann–Kendall testi yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda yıllık bazda yağışların Guangdong merkezinde hafif bir azalan yönde trend eğilimi gösterdiği, bölgenin doğusunda ve batısında ise yine hafif bir artan yönde trend eğilimi gösterdiği belirtilmiştir. %95 önem aralığında yapılan çalışmada sonuçlar istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Guangdong merkezinde ortalama yağış miktarlarında yaz ayları için artış gözlenirken, kış ayları için ise azaldığı gözlenmiştir.

Gautam and Acharya 2011 yılındaki çalışmasını diğerlerinden ayıran yanı diğer çalışma örneklerinin yağış miktarlarına göre değerlendirilmesiyken bu çalışmada akış miktarlarının trend analizinin yapılmasıdır. Fakat bu çalışmanın diğerleriyle ortak yanı ise trend analizi yapılırken kullanılan yöntemdir. Bu akış trend analizi Mann–Kendall testi ve Sen'in T Testi yöntemiyle değerlendirilmiştir. 33 hidrometrik istasyondan alınan 31 yıllık verilerle yapılan çalışma sonucunda Gandaki Havzası'ndaki istasyonların %62'sinin yukarı yönlü bir trend yönü izlediği, Koshi Havzası'ndaki istasyonların ise %66'sinin yukarı yönlü bir trend eğilimde olduğu ifade edilmiştir.

Serrano *et al.* 1998 yılındaki çalışmasında Iber yarımadasına düşen toplam yağışların aylık ve yıllık trend analizi yapılmıştır. Iber yarımadası trend çalışması için 40 meteorolojik istasyondan alınan veriler değerlendirilmiş olup Ocak 1921 ile Aralık 1995 yılları arasındaki 75 yılı kapsayan dönemlik bir çalışma söz konusudur. Bu geniş çaplı araştırmada parametrik olmayan yöntemlerden Mann–Kendall testi tercih edilmiştir. 40 meteorolojik istasyondan alınan 75 yıllık veriler değerlendirildiğinde ise sadece Mart ayı için azalan yönde anlamlı bir trendin varlığı tespit edilmiştir.

Siddik and Rahman 2014 yılındaki çalışmasında Bangladeş'te 1961–2008 yılları arasındaki 48 yıllık dönemde 15 adet gözlem istasyonundan alınan verilerin Mann–Kendall testi yöntemi kullanılarak maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklarının trend analizi yapılmıştır. Aynı zamanda eğilimin büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla Sen'in eğim metodu kullanılmıştır. %95 güven aralığında yapılan bu trend analizi çalışmasının sonucunda ise maksimum sıcaklıklarda Haziran ve Kasım aylarında artan yönde anlamlı bir trend, minimum sıcaklıklarda ise Şubat ve Kasım aylarında artan yönde anlamlı bir trend bulunduğu belirtilmiştir.

Talaei 2014 yılındaki çalışmasında İran'ın batısında bulunan 7 adet yağış gözlem istasyonundan 1969–2009 yılları arasındaki 40 yıllık dönemden alınan verilerle %95 güven aralığında Mann–Kendall testi ve Spearman'ın rho testi yöntemleriyle yapılan trend analizi neticesinde Aghajanbolaghi Yağış Gözlem İstasyonundan alınan verilerle Kasım ayında artan yönde anlamlı bir trend, Vasaj Yağış Gözlem İstasyonundan alınan verilerle Şubat artan yönde ayında anlamlı bir trend, Khomigan Yağış Gözlem İstasyonundan alınan verilerle ise Mart ayında azalan yönde anlamlı bir trend varlığına rastlamıştır.

Raziei *et al.* 2014 yılındaki çalışmasında İran'daki Küresel Yağış Klimatoloji Merkezinden alınan verilerle 1951–2009 yılları arasındaki 50 yıllık dönemde aylık, mevsimlik ve yıllık yağışların trend analizi çalışılmıştır. Yapılan bu trend analizi çalışmasında yağış verileri kontrol edildiğinde İran'ın güney bölümlerinde yağışların düzenli, kuzey bölümünde ise dağıldığı belirtilmiştir. Mann–Kendall testi yöntemiyle yapılan trend analizi sonucunda yıllık yağışlarda İran'ın Kuzeybatısının ve Güneydoğusunun azalan yönde; Batı, Orta ve Kuzeydoğunun ise anlamlı olmasa da artan yönde eğilim gösterdiği ifade edilmiştir. Mevsimlik trend analizi sonucunda ise kış ve sonbahar aylarında ülkenin azalan yönde trend eğilimi gösteren Kuzeybatı ve Güneybatı bölümleri dışında artan yönde eğilim gösterdiği belirtilmiştir. Genel olarak mevsim bazında değerlendirildiğinde ise anlamlı olmasa da ilkbahar ve yaz aylarında azalan, sonbahar ve kış aylarında artan yönde bir eğilim görüldüğü ifade edilmiştir.

Han *et al.* 2014 yılındaki çalışmasında Xiangxi Nehri Havzasındaki akarsu akımlarının ve yağışların trend analizini aylık, mevsimlik ve yıllık bazda Mann–Kendall testi ve Sen’in eğim metodu kullanılarak tamamlamıştır. Yapılan bu trend analizi sonucuna dayanarak Eylül ayında yağışların azalan, akımların ise Nisan, Mayıs, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında azalan yönde bir trend seyrettiği görülmüştür. Aralık, Ocak, Şubat aylarında ise akımların anlamlı olmamakla birlikte yukarı yönlü bir trend eğilimi gösterdiği belirtilmiştir. Akarsulardaki değişikliğin özellikle 1989 yılında meydana geldiği söylenmiştir. Yapılan bu çalışmanın sonucunda 1988 yılında kurulan antropojenik faaliyetlerin akarsu akımı değişikliğinin esas sorumlusu olduğu ifade edilmiştir.

Hidalgo *et al.* 2009 yılındaki çalışmasında İspanya ile Portekiz’in arasında bulunan ve Avrupa kıtasının Akdeniz’e uzanan İber Yarımadasının aylık yağış trendlerinin belirlenmesi hedeflemiştir. İspanya Ulusal Meteoroloji Enstitüsü’nün 121 adet yağış gözlem istasyonundan alınan verilerle yapılan bu trend çalışması 1951–2000 yılları arasındaki 50 yıllık süreci kapsamaktadır. Bu trend analizi çalışmasının sonuçlarına göre; kıyı bölgelerinde genellikle artan yönde eğilim olduğu, iç kesimlerde ise azalan yönde eğilim olduğu görülmüştür. Nisan ayı kuzeyde artan eğilim, güneyde azalan yönde eğilim olduğu, Haziran ve Eylül ayları için ise aksine kuzeyde azalan yönde eğilim, güneyde artan yönde eğilim hakimdir. Temmuz ve Ağustos aylarında güneyde ve kuzeybatıda artan yönde eğilim, Ekim ayında bölgenin genelinde azalan yönde bir eğilim söz konusudur. Mayıs ve Kasım aylarında ise önemli bir trend eğilimi gözlenmemiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Bu Çalışmanın Önemi

Belirli zaman aralıklarıyla gözlenen ve kaydedilen istatistiksel veriler çeşitli konularla ilgili zaman serilerini meydana getirirler. Bu seriler yıllara göre milli gelirin, istihdamın veya ihracatın kaydettiği gelişme gibi iktisadi zaman serileri olabileceği gibi, bir mağazanın aylık satışlarını, mevsimlere göre ısı derecelerini veya bir canlının kalp atışlarını ifade eden, işletme, meteoroloji veya tıp konuları ile ilgili serilerde olabilirler (Köksal 1998). Meteoroloji alanında zaman serilerinin büyük önem taşımalarının nedeni önceki dönemlere ait gözlemlerin incelenmesi ve belirli eğilimlerin ortaya çıkarılması ile ileriye ait tahmin yapabilmenin mümkün olmasıdır.

Zaman serilerinin dalgalanmaları farklı uzunlukta ve farklı şiddettedir; ancak çözümleme yapıldıktan sonra gelecekteki dalgalanmaların öngörüsü yapılabilir.

Bir zaman serisindeki dalgalanmalara neden olan ana etmenler, ona belirli bir yön verir; bu yön uzun devrede oldukça sabittir. Zaman serisinin oldukça uzun bir zaman aralığındaki seyri ona eğilim olarak tanımlanır. Bazı zaman serilerinin ana (uzun devre) eğilimi eğrisel, bazılarının ki ise doğrusaldır (Çömlekçi 1998).

Karşılaşılan trendin ve değişim noktasının istatistiksel olarak anlamlı olabilmesi için veri serisinin yeterli uzunlukta olması gerekir (Kundzewicz and Kindler 1995; Yerdelen 2013).

3.2. Çalışma Alanı ve Veriler

Türkiye coğrafi konumu nedeniyle dünyada önemli yer tutmakla birlikte, eski dünya kara kütlelerinde yer alması, üç tarafının denizlerle çevrili oluşu ve Asya-Avrupa kıtaları arasında bir köprü durumunda bulunması nedeniyle eski çağlardan beri önemli bir

ekonomik ve stratejik konuma sahip olmuştur. Doğu Anadolu Bölgesi ise Türkiye'nin stratejik açıdan önemli bir kesiminde yer almaktadır. Gürcistan, Ermenistan, Azerbaycan, İran, Irak ve Suriye'yle siyasi sınırlarının bulunması bölgenin önemini daha da artırmıştır.

Türkiye'nin doğu kesimine düşen bölge; Kafkasya'nın güneyi, İran platosunun kuzeybatısı, Mezopotamya'nın kuzeyi ile Orta Anadolu arasında yerini almıştır. 38° 45' ve 44° 49' doğu boylamları ile 36° 57' ve 41° 37' enlemleri arasında bulunan Doğu Anadolu Bölgesinin sınırları içerisinde bulunan 15 il ile toplam 156 bin km²'lik bir alanda kurulmuş olup, kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu yönlerinde siyasi sınır bulunurken, güneyde Güneydoğu Anadolu, kuzeyde Karadeniz, batıda Orta Anadolu ve güneybatısında Akdeniz bölgeleriyle çevrilmiştir.

3.2.1. Doğu Anadolu Bölgesi

Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisine giren 15 il (Ağrı, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkari, Kars, Malatya, Muş, Tunceli, Van, Şırnak, Ardahan, Iğdır) ve 116 ilçeden (15'i merkez ilçe olmak üzere) meydana gelmektedir. Bilindiği gibi Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan illerin bazı ilçe ve köyleri komşu bölge sınırları içerisinde kalırken, benzer şekilde komşu bölge ilçe ve köyleri de bu bölgenin sınırları içerisinde bulunabilmektedir. Örneğin; Erzurum'un kuzeydeki Narman, Tortum, Oltu ve Olur ilçeleri Karadeniz Bölgesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Yine Şırnak il merkezi Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde iken, il nüfusunun ağırlığını oluşturan Silopi ve Cizre ilçeleri Güneydoğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Kısacası coğrafi bölge sınırları ile il sınırlarının çakışık olmayışı coğrafi sınırlara bağlı kalınamamasına sebep olmuştur (Doğanay 1997).



Şekil 3.1. Doğu Anadolu Bölgesi il haritası

Türkiye'nin çatısı durumunda olan Doğu Anadolu Bölgesi, yurdumuzun doğusunu oluşturan kabaca üçgen biçimindeki en yüksek bölgedir. Bölge kuzeyde Kuzey Anadolu Dağları'nın güney kesiminden, güneyde Toros Dağları'nın kuzeye bakan yüksek eteklerinden geçmektedir. Bölgeyi İç Anadolu'dan ayıran sınır, Kızılırmak ve Fırat nehirlerinin kabaca su bölümü çizgisini takip ederek, Tahtalı Dağları ve Uzunyayla'dan geçer. 163.000 km²'lik yüzölçümüyle Türkiye topraklarının %21'ini oluşturan bölge, yüzölçümü genişliği itibariyle 7 coğrafi bölge arasında ilk sırada yer almaktadır.

Doğu Anadolu Bölgesi ülkemizin en yüksek ve en engebeli bölgesidir. Bölgenin yüzey şekillerinin ana özelliklerini kıvrımlı dağ sıraları ile bunlar arasındaki platolar ve çöküntü ovaları oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra ayrı koniler halindeki genç volkanik dağlar ve lavlarla kaplı geniş platolar da bölgenin diğer yüzey şekilleridir. Bölgenin büyük kısmının ortalama yükseltisi 1500 metrenin altına düşmemekte, bölge

yüzölçümünün yarısından çoğu 2000-2500 metre yükseklikte yer almaktadır. Öyle ki bu bölgede önemli yerleşim birimlerine karşılık gelen bazı ovalar, yurdumuzun batı bölümünde yer alan birçok dağdan bile daha yüksektir (Erzurum Ovası 1900 metre, Yüksekova 2000 metre vb.). Bölgede dağ sıraları kabaca doğu-batı doğrultusunda uzanmaktadır. Bunların bazıları orojenik kuşaklar, bazıları horstlar halindedir. Ayrıca bölgede tek dağ şeklinde volkan konileri de yer almaktadır. Çevre bölgeler içinde adeta masa gibi yüksekte kalan bölgede yurdumuzun en yüksek dağları yer almaktadır (Ağrı-5137 metre, Süphan-4058 metre). Bu sönmüş volkanik kütlelerin dışında Tendürek-3660 metre, Buzul (Cilo)-4116 metre dağları da yine bu bölgede bulunmaktadır.



Şekil 3.2. Doğu Anadolu Bölgesi fiziki haritası

Doğu Anadolu Bölgesi Asya'nın karasal kökenli iklim bölgelerine iyice sokulmuş olup, kuzeyden ve güneyden yüksek dağ sıralarıyla çevrelenmiştir. Bu nedenle bölge Akdeniz ve Karadeniz'in iklim üzerindeki olumlu etkilerine de kapalı durumdadır. Kısacası bölgedeki iklim, kendi yer şekillerinin etkisi altındadır. Bölge içinde farklılık göstermekle beraber, kışları uzun, şiddetli ve sert geçen yarı kurak-kurak karasal iklim hakimdir. Yükselti şartlarına bağlı olarak, yıllık ortalama sıcaklık 3-13°C arasında

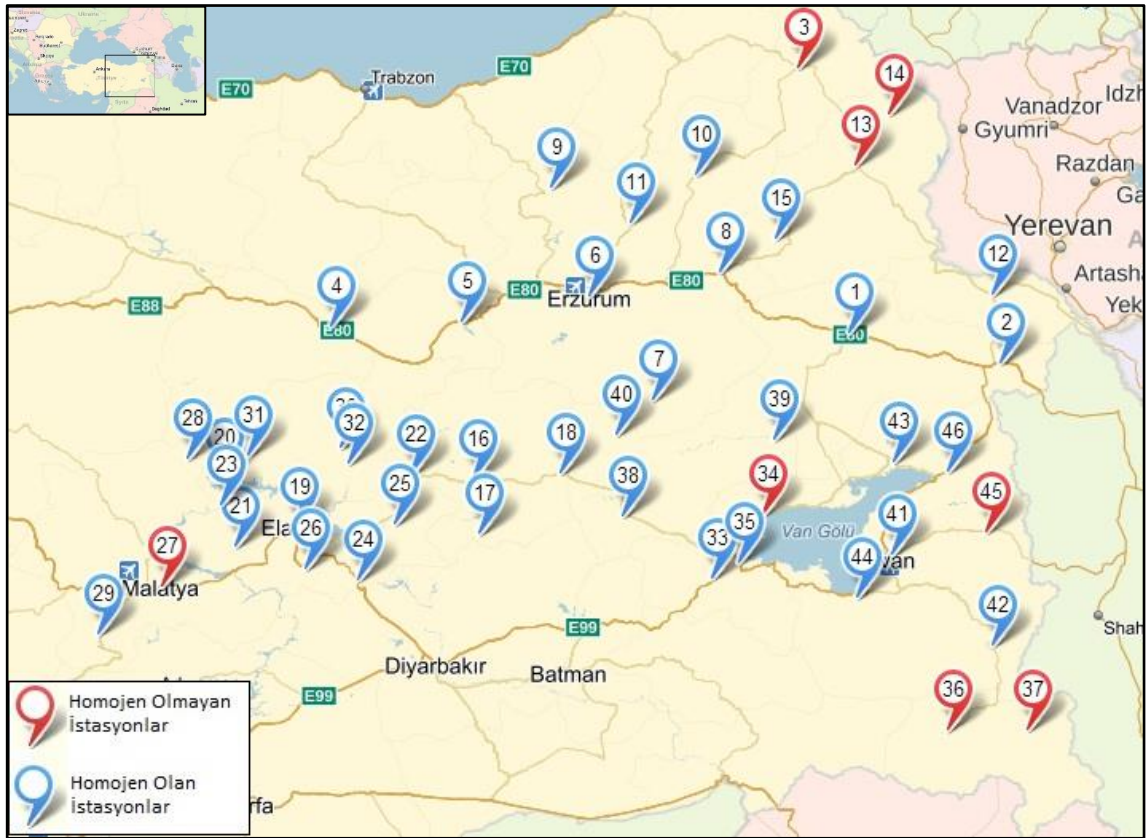
seyretmektedir. Bu sıcaklık ortalamaları 2000 metre civarındaki platolarda 5-6°C dolaylarında olup, 3000 metrenin üzerindeki alanlarda 0°C'ye kadar düşmektedir. En ağır kış şartları özellikle bölgenin kuzeydoğu kısmında yaşanmaktadır. Karasallığın hakim olduğu bölgede nem miktarının azlığına bağlı olarak, günlük sıcaklık farkları fazla olup, güney kesimlerde buharlaşma oranı yüksektir. Bölge su kaynakları bakımından zengindir. Ülkenin elektrik üretimi açısından önemli olan akarsularından Fırat ve kolları (Karasu, Murat) bu bölgededir. Aras ve Kura da bölgenin diğer önemli akarsularıdır. Ülkenin en büyük ve en derin gölü olan Van Gölü ayrıca Çıldır, Nazik, Nemrut ve Hazar gölleri de bölge sınırları içinde yer almaktadır. İklim, yer şekilleri, ana kaya, canlılar ve zamanın etkisiyle bölgede farklı toprak tipleri bulunmaktadır. Genellikle tahıl tarımının yapıldığı alanlarda kestane ve kahverengi topraklar görülmektedir. Uzun boylu çayır örtüsünün altında görülen çernozyomlar, kırmızı renkli topraklar, rendzinaller, tuzlu topraklar ve vertisoller de bölgede görülen diğer başlıca toprak tipleridir. Toprakların kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak, yetiştirilen tarım ürünleri ve bitki örtüsü de farklılık göstermektedir. Kıyı bölgelerle karşılaştırıldığında, bölgede ekonomik değeri yüksek tarım ürünlerinin yetişmesi için gerekli olan iklim şartları ve toprak tipleri yoktur. Bu da bölgenin ülke ekonomisine tarımsal alandaki katkısının düşük olmasında oldukça etkili olmaktadır.

Bölgenin bitki örtüsünü dört grupta toplamak mümkündür. Yükseltisi 1500 metrenin üstünde olan ve yıllık yağış miktarı 400 milimetrenin altındaki tektonik kökenli havzalarda bozkır bitki örtüsü görülmektedir. Yıllık yağış miktarı 500 milimetrenin üstündeki, tektonik kökenli depresyonların yamaçlarında ise dağ bozkırları ve çayırlar yer almaktadır. Bölgenin batı kesiminde kuraklığa dayanıklı meşe ormanları ve antropojen bozkırlar yer alırken, 2500 metrenin üstündeki dağlık alanlarda da çayırlar görülmektedir (Çolak 2009).

Doğu Anadolu Bölgesi'nin sahip olduğu genel fiziki şartlar diğer bölgelerle arasında sosyal ve ekonomik yönden büyük farklılıklar doğmasına neden olmaktadır. Özellikle iklim şartlarının zor olması, başta tarımsal faaliyetler olmak üzere ekonomik yapıyı

olumsuz yönde etkilemektedir. Diğer taraftan bölgede turizm ve ulaşım faaliyetleri, altyapı ve sağlık hizmetleri de diğer bölgelere oranla fazla gelişmemiştir (Çolak 2009).

Trend çalışmasının yapılacağı alan Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na bağlı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 3 adet bölge müdürlüğü sınırları içerisinde bulunmaktadır. Bunlar; Erzurum 12. Bölge Müdürlüğü, Elazığ 13. Bölge Müdürlüğü ve Van 14. Bölge Müdürlüğüdür.



Şekil 3.3. Toplam 46 adet yağış gözlem istasyonu ve yerleri

Şekil 3.3'te görüleceği üzere 46 adet yağış gözlem istasyonundan kırmızı renkle gösterilen Ahlat, Ardahan, Arpaçay, Hakkari, Kars, Özalp, Malatya ve Yüksekova olmak üzere toplam 8 adet yağış gözlem istasyonunda veriler homojen olmadığından dolayı trend analizi çalışmasında, bu yağış gözlem istasyonları değerlendirme dışında tutulmuştur.

3.2.2. Veriler

Bu trend çalışmasında kullanılmak üzere 46 adet meteoroloji yağış gözlem istasyonu değerlendirmeye alınmıştır. Bu istasyonlardan İspir Yağış Gözlem İstasyonu ile Tortum Yağış Gözlem İstasyonu Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde olmamasına rağmen Doğu Anadolu Bölgesi'nin bir ili olan Erzurum ili sınırları içerisinde olduğundan dolayı değerlendirme kapsamına alınmıştır.

Bu trend çalışmasında yağış gözlem istasyonu bulunan Ağrı, Ardahan, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkari, Iğdır, Kars, Malatya, Muş, Tunceli ve Van olmak üzere toplam 14 adet il; Ağın, Ahlat, Arapgir, Arpaçay, Baskil, Başkale, Çemişgezek, Doğanşehir, Doğubeyazıt, Erciş, Genç, Gevaş, Hınıs, Horasan, İspir, Karakoçan, Keban, Maden, Malazgirt, Mazgirt, Muradiye, Oltu, Özalp, Palu, Sarıkamış, Sivrice, Solhan, Tatvan, Tercan, Tortum, Varto ve Yüksekova ilçeleri de dahil olmak üzere toplam 32 adet ilçe bulunmaktadır. Değerlendirilecek olan 46 adet yağış gözlem istasyonunun, 1960 ile 2013 yılları arasında minimum 31 yıl ve maksimum 54 yıl olacak şekilde verileri bulunmaktadır.

46 adet yağış gözlem istasyonunun bulundukları yerin deniz aralığından yüksekliğine bakıldığında minimum 808 m'de Keban Yağış Gözlem İstasyonu, 2286 m'de ise Başkale Yağış Gözlem İstasyonu göze çarpmaktadır. Bu çalışmada değerlendirmek üzere kullanılan 46 adet yağış gözlem istasyonunun istasyon numaraları, verilerin bulunduğu yıllar ve istasyonların yeryüzünde bulundukları yerler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Trend çalışmasında kullanılan yağış gözlem istasyonları

	İLLER	İSTASYON ADI	NO	VERİ DÖNEMİ	YIL	KOOR.	YÜKSEKLİK (m)
1	AĞRI	Meteoroloji Müd.	17099	1960–2013	54	39,7253 K 43,0522 D	1646
2		Doğubeyazıt	17720	1963–2009	47	39,5503 K 44,0878 D	1725
3	ARDAHAN	Meteoroloji Müd.	17046	1961–2013	53	41,1061 K 42,7055 D	1827
4	ERZİNCAN	Meteoroloji Müd.	17094	1960–2013	54	39,7523 K 39,4868 D	1216
5		Tercan	17718	1964–2013	50	39,7769 K 40,3906 D	1429
6	ERZURUM	Erzurum	17096	1960–2008	49	39,9529 K 41,1897 D	1758
7		Hınıs	17740	1964–2011	48	39,3688 K 41,6957 D	1715
8		Horasan	17690	1969–2013	45	40,0383 K 42,1705 D	1540
9		İspir	17666	1965–2011	47	40,4868 K 40,9997 D	1223
10		Oltu	17668	1966–2013	48	40,5497 K 41,9951 D	1312
11		Tortum	17688	1963–2013	51	40,3013 K 41,5409 D	1576
12	IĞDIR	Meteoroloji Müd.	17100	1960–2013	54	39,9227 K 44,0523 D	856
13	KARS	Meteoroloji Müd.	17097	1960–2013	54	40,6042 K 43,1073 D	1777
14		Arpaçay	17656	1970–2013	44	40,8431 K 43,3278 D	1688
15		Sarıkamış	17692	1963–2013	51	40,3321 K 42,5966 D	2092

Çizelge 3.1. (devam)

16	BİNGÖL	Meteoroloji Müd.	17203	1963–2013	51	38,8848 K 40,5007 D	1177
17		Genç	17808	1980–2013	34	38,7347 K 40,5513 D	1250
18		Solhan	17776	1965–2013	49	38,9597 K 41,0503 D	1366
19	ELAZIĞ	Meteoroloji Müd.	17201	1960–2013	54	38,6443 K 39,2561 D	989
20		Ağın	17766	1979–2013	35	38,9413 K 38,7182 D	900
21		Baskil	17843	1979–2013	35	38,5725 K 38,8352 D	1300
22		Karakoçan	17774	1980–2013	34	38,9425 K 40,0428 D	1090
23		Keban	17804	1963–2013	51	38,7947 K 38,7442 D	808
24		Maden	17846	1980–2010	31	38,2300 K 39,4000 D	1100
25		Palu	17806	1966–2013	48	38,6907 K 39,9260 D	869
26		Sivrice	17844	1979–2013	35	38,4507 K 39,3101 D	1240
27	MALATYA	Meteor.Müd.	17199	1960–2013	54	38,3367 K 38,2173 D	950
28		Arapgir	17764	1964–2010	47	39,0405 K 38,4875 D	1211
29		Doğanşehir	17872	1965–2013	49	38,0958 K 37,8873 D	1223
30	TUNCELİ	Meteoro. Müd.	17165	1964–2013	50	39,1058 K 39,5408 D	981
31		Çemişgezek	17768	1969–2013	45	39,0548 K 38,9083 D	953
32		Mazgirt	17736	1982–2013	32	39,0180 K 39,6015 D	1400
33	BİTLİS	Meteoroloji Müd.	17207	1965–2010	46	38,4750 K 42,1625 D	1785
34		Ahlat	17810	1968–2013	46	38,7487 K 42,4750 D	1730

Çizelge 3.1. (devam)

35	BİTLİS	Tatvan	17205	1965–2013	49	38,5033 K 42,2808 D	1687
36	HAKKARİ	Meteoroloji Müd.	17285	1963–2013	51	37,5745 K 43,7388 D	1727
37		Yüksekova	17920	1969–2011	43	37,5785 K 44,2862 D	1877
38	MUŞ	Meteoroloji Müd.	17204	1964–2013	50	38,7509 K 41,5023 D	1322
39		Malazgirt	17780	1963–2013	51	39,1337 K 42,5308 D	1540
40		Varto	17778	1977–2010	34	39,1763 K 41,4455 D	1510
41	VAN	Meteoroloji Müd.	17172	1960–2013	54	38,4693 K 43,3460 D	1675
42		Başkale	17880	1964–2013	50	38,0435 K 44,0173 D	2286
43		Erciş	17784	1965–2013	49	39,0197 K 43,3382 D	1678
44		Gevaş	17852	1982–2013	32	38,2963 K 43,1197 D	1694
45		Özalp	17812	1969–2013	45	38,6573 K 43,9767 D	2000
46		Muradiye	17786	1964–2013	50	38,9898 K 43,7630 D	1706

Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait daha fazla meteoroloji yağış gözlem istasyonu olmasına rağmen trend analizinin daha sağlıklı sonuç vermesi için en az 30 yıllık yağış verisine sahip istasyonlar değerlendirmeye alınmıştır. Bu sebeple geçmiş yıllarda yağış verilerinin alınmaya başlandığı fakat 30 yılı aşmadan herhangi bir sebepten dolayı istasyonun işleyişine son verilmiş olan istasyon verileri değerlendirmeye alınmamıştır.

3.3. Eksik Verilerin Tamamlanması

Hidrolojide karşılaşılan iki ya da daha fazla sayıda rastgele değişkenin aynı gözlem sırasında aldıkları değerler arasındaki bağıntıları belirlemek pratik açıdan önemli bir sorun olabilir. Söz konusu değişkenler arasında anlamlı bir bağıntının var olduğu saptanır ve bu bağıntının biçimi belirlenirse değişkenlerden birinin herhangi bir gözlem sırasındaki değerini diğerlerinin bilindiği kabul edilen değerlerine göre tahmin etmek mümkün olabilir (Bayazıt 1981). Hidrolojik trend çalışmalarında gerek gün, gerek ay gerekse yıl bazında eksik verilerin tahmin edilebilmesi için veriler arasında bağlantı kurulması gerekmektedir. Veriler arasında bu istatistik ilişkinin sağlanması regresyon modeliyle bilinen rastgele değişkenlerden bilinmeyen rastgele değişkenlerin tahmin edilmesi yöntemi ile mümkün olabilmektedir.

3.3.1. Tek ve çok değişkenli regresyon yöntemi

Regresyonda, amaçlardan biri bağımlı değişkenle bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasıdır. Örneğin y ile x arasında $y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$ ($i= 1, 2, 3, \dots$) gibi doğrusal bir ilişki öngörülüyorsa ilk adım modelin bilinmeyen α ve β parametrelerinin tahmin edilmesidir. Modelin bilinmeyen parametreleri tahmin edildiğinde bağımsız değişken(ler)'in farklı değerleri için bağımlı değişkenin alacağı değeri tahmin etmek regresyonda bir diğer amaçtır. Bağımsız değişken(ler)'in her farklı değer(ler)'i için bağımlı değişkenin değeri sabit ise ortada araştırılacak bir trend yoktur.

Bir bağımsız değişkenli, bir bağımlı değişkenli doğrusal regresyon çok sayıda bağımsız değişkenler için genişletilebilir. Örneğin y değişkeninin x_1 ve x_2 bağımsız değişkenlerinin fonksiyonu olduğunu kabul edelim. O halde aşağıdaki denklemi düşünebiliriz.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \varepsilon_i \quad (3.1)$$

(3.1) denklemi üç boyutlu uzayda bir düzlem gösterir. En uygun düzlemde bulunan y 'nin tahmin edilmiş değeri $\hat{y}$ olsun. Bu durumda;

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 \quad (3.2)$$

denkleminde x_1 ve x_2 üzerinde y 'nin regresyon denklemi denir ve

$$\mu_{y/x_1, x_2} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \quad (3.3)$$

(3.3) kitle regresyon denkleminin bir tahminidir.

Alternatif tek ve çok değişkenli regresyon modelleri arasından en iyi regresyon modelinin belirlenmesinde çeşitli kriterler kullanılmaktadır. Bu kriterlerden en önemli iki tanesi regresyon modelinin açıkladığı varyans oranını ifade eden R^2 determinasyon ve RMSE (Root Mean Square Error-Hata Kareleri Kare Kökü) katsayılarıdır.

R^2 determinasyonu, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SSy} \quad (3.4)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (3.5)$$

$$SSy = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 \quad (3.6)$$

$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$ burada $\hat{y}_i$ regresyon modeliyle tahmin edilen değerleri ifade etmektedir. Bu iki katsayıdan (kriterlerden) R^2 'si en büyük (0 ile 1 arasında) ve RMSE'si en küçük olan model en iyi model olarak değerlendirilir.

3.4. Homojenlik (Tektürlük)

Bir serinin trendinin belirlenmesi için kullanılan yöntemler, serinin bir dağılıma bağlı olup olmasına göre; parametrik ve parametrik olmayan (non-parametrik) yöntemler olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır (Hensel and Hirsch 1992). Parametrik yöntemlerde seri içerisindeki verinin gerçek değeri önemli olup hesaplamalarda bu değer kullanılmaktadır. Verilerin normal dağılıma uyma zorunluluğu olmaksızın kullanılan parametrik olmayan yöntemlerin parametrik yöntemlere göre etkin sonuç verdiği bilinmektedir (Hensel and Hirsch 1992). Parametrik istatistik yöntemlerin kullanılabilmesi için verilerin birbirinden bağımsız ve rastgele olması gerekir. İklim verileri her zaman normal dağılıma uymamaktadır. Zaman serilerinde verilerin aynı kümeye ait olmaları büyük önem taşımaktadır. Verilerin aynı kümeye ait olmaları daha güvenli analiz yapılması açısından önemlidir. Serinin homojen olması için verilerin aynı toplumdan gelmesi ve verilerin birbirinden tamamen bağımsız olması gerekmektedir (Yerdelen 2013). Serilerin kendi içerisinde homojen olup olmadıklarının belirlenmesinde Run (Swed–Eisenhart) Homojenlik Testi, Pettitt Testi, Standart Normal Homojenlik Testi, Buishand Testi; mevsimsel bir analiz yapılmak istendiğinde Van Belle ve Hughes Homojenlik Testi yaygın olarak kullanılan homojenlik testleridir. Bu trend analizi çalışmasında homojenlik yani tektürlük analizi yapılırken Run (Swed–Eisenhart) testi ve Pettitt testi yöntemleri tercih edilmiştir.

3.4.1. Run (Swed–Eisenhart) testi

Zaman serilerinde verilerin homojenliğini test etmek için kullanılan yöntemlerden birisi de Run testidir. Run (Swed–Eisenhart) testi ile incelenecek verinin aynı toplumdan geldiği ve birbirinden bağımsız olduğu kabulü veya tersi şeklindeki iki varsayım kontrol edilebilir. Verilerin kendi içerisinde homojen olup olmadıklarının test edilmesine yönelik hipotezler şunlardır; sıfır hipotezi (H_0) verilerin aynı kümeye ait olmasıdır; zıt hipotez (H_1) ise verilerin aynı gruba ait olmadığını savunur. Run testi uygulanırken veriler küçükten büyüğe doğru sıralanarak bunların medyan değeri bulunur, veri sayısı çift ise ortadaki iki değerin ortalaması kullanılır. Verilerin istasyonlara ait kritik değerin altında ve üstünde kalan birbirini takip eden değerlerin sayısı istasyonlara ait run sayısını verir. Bulunan bu değer, verilerin dağılım tablosundaki değerle karşılaştırılarak, verinin belirtilen iki varsayımdan hangisine uyduğuna ve homojen olup olmadığına karar verilir. Arzu edilen değer serideki verilerin sürekli olarak orta değerin altında ve üstünde seyretmesidir. Eğer uzun süre altında veya üstünde seyrediyorsa run sayısı küçüktür. Bu tür serilerde homojenlik olmayabilir. Test sonucu z , veri sayısı N , run (değişim) sayısı r , orta seviye altında olanların sayısı N_a , üstte olan değerlerin sayısı N_u olmak üzere;

$$z = \frac{r - \frac{2N_a N_u}{(N_a + N_u)} + 1}{\sqrt{\frac{2N_a N_u (2N_a N_u - N)}{N^2 (N - 1)}}} \quad (3.7)$$

Hesaplanan z değeri ile güven seviyesine göre belirlenen z test değeri karşılaştırılır. Tablo değeri hesaplanan z değerinin mutlak değerinden büyükse H_0 reddedilir, küçükse H_1 reddedilir. Elde edilen z değeri $\pm 1,96$ arasında ise %95 güven aralığında, $\pm 2,54$ aralığında ise %90 aralığında verilerin rastgele (homojen) dağıldığı kabul edilir (Swed–Eisenhart 1943).

3.4.2. Değişim noktası

Hidrolojik veya meteorolojik bir serinin homojenliği istatistiki yöntemlerle test edilerek bir değişim noktasının varlığı sorgulanabilir. Pettitt Testi (PT) değişim noktasının belirlenmesi için en yoğun kullanılan yöntemlerden birisidir (Pettitt 1979). Sıfır hipotezi (H_0) incelenen serinin homojen olduğunu kabul eder, karşıt durum ise alternatif hipotezdir (H_1). Pettitt Testi için sıfır hipotezi yıllık ortalama yağışların homojenliğinin bozulduğu yılı elde eder. Pettitt Testinin serinin ortalarında değişim noktalarını belirlemekte daha hassastır (Wijngaard *et al.* 2003).

3.4.2.a. Pettitt testi

Pettitt Testi, verilerin dağılımı hakkında hiçbir varsayım gerektirmeyen parametrik olmayan bir testtir.

Bir zaman serisindeki değişim noktasını belirlemek için Pettitt (1979) tarafından geliştirilen parametrik olmayan bu yöntem aylık veya yıllık ölçekte değişim noktasını bulabilmektedir. Sıfır hipotezi serinin bağımsız ve rastgele dağılımının olduğunu belirtirken alternatif hipotez ani bir değişim olma durumunu belirtir. Test istatistiği Mann–Whitney istatistiği ile ilişkilidir. Bu testin kritik değerleri aşağıda verilmiştir.

$Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ değerleri $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$ olarak sıralanır.

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1) \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (3.8)$$

X_k değerleri grafik olarak çizilir. X_k 'nin mutlak maksimum değeri değişim noktasını belirler.

$$X_E = \max_{1 \leq k \leq n} |X_k| \quad (3.9)$$

Veri sayısına bağılı %95 güven aralığında X_E test değerleri Çizelge 3.2’de görülmektedir.

Çizelge 3.2. Pettitt testi ile kritik değerler

N	20	30	40	50	70	100
%5	57	107	167	235	393	677

3.5. Trend (Ana Eğilim)

Uzun dönem hareketi olarak da tanımlayabileceğimiz trend, bir zaman serisinin uzun dönemde belirli bir yöne doğru gösterdiği gelişme ya da eğilimdir. Trend analizi bir uzun dönem analizi olduğundan verilerin aylık veya mevsimlik olarak verilmiş olması tahlilin sonucunu etkilemeyecektir. Bir serinin trendi doğrusal veya eğrisel olabilir. Ancak trendin önemli bir özelliği her iki durumda da istikrarlı oluşudur (Köksal 1998).

Bir büyüklüğün zaman boyunca ölçülen değerlerinde anlamlı bir azalma ya da artma (trend) bulunup bulunmadığı istatistik testlerle araştırılabilir. Hidrolojik büyüklükler (yağış, akış) zaman içinde rastgele değişen karakterde olduğundan sürekli bir azalma veya artma eğiliminin araştırılması özel yöntemler kullanmayı gerektirir (Hersel and Hirsch 1992).

Bu tür (yağış, akış) benzer çalışmalarda trendin belirlenmesi için yaygın olarak kullanılan bazı yöntemler vardır. Bunlar; Grafik Metodlar, Lineer Regresyon, Mann–Kendall ve Sen metodu. Bunlara daha nicelerini eklemek mümkündür. Fakat yaygın olan bu dört yöntemi genel özelliklerine göre kıyasladığımızda; Grafik Metodlar’ın sadece eğilimin var olup olmadığını gösterdiğini ve nicelik olarak hiçbir sonuç vermediğini, Lineer Regresyon’da eğimin tahminini ve güven aralığını verdiğini, tahmin derecesini tanımladığını, çoklu bağımsız değişkenlerle kullanılabildiğini, eksik verilerde kullanılamadığını, çevrimsel ve set dışı verilerden fazlasıyla etkilendiğini, Mann–Kendall yönteminde varolan eğim için Evet / Hayır testi ile tespit edilebildiğini,

eksik verilere izin verdiğini, set dışı verilerden etkilenmediğini, Sen metodunun ise eğimin değerini ve güven aralığını tahmin ettiğini, eksik verilere izin verdiğini söyleyebiliriz.

Trend analizi yöntemleri özelliklerine göre parametrik ve parametrik olmayan olmak üzere iki ana başlıkta toplanmıştır.

3.5.1. Parametrik ve parametrik olmayan (nonparametrik) testler

İstatistiksel araştırmalarda en çok karşılaşılan sorunlardan biriside kullanılacak testlerin parametrik yöntemlerin mi yoksa parametrik olmayan yöntemlerin mi kullanılacak olmasıdır. Birbirine alternatif olan hipotez testlerinden hangisinin kullanılmasının daha uygun olacağına çeşitli kriterlere göre karar verilir. Bu kriterler testin kuvveti, testin dayandığı istatistiki modelin araştırma verilerine uygulanabilirliği ve kuvvet yetkinliği ile ilgilidir.

Temel olarak parametrik testlerin sağlanması için koşullar parametrik olmayan testlere oranla daha ağırdır. Ancak testin kuvveti de daha fazladır. İstatistiksel analiz yaparken bu varsayımların araştırılması çalışılan projenin sağlamlığını sağlar ama bunun araştırılmadan işe başlanması, sonucun tutarsız ve etkisiz olmasına sebep olmaktadır.

3.5.1.a. Parametrik testler

Parametrik testler, ölçümle değer alınmış ve süreklilik gösteren ölçümlere denir.

Parametrik testlerde tek ana kütle aritmetik ortalaması ve oran testleri iki ana kütle aritmetik ortalaması ve oranların karşılaştırılmasıyla ilgili hipotez testleridir.

Parametrik testlerin uygulanışında bazı varsayımlar öngörülür (toplumun normal oluşu, örneklerin rastgele seçilmesi gibi). Bu varsayımlar genellikle kontrol edilmeyip öyle

oldukları varsayılır. Testlerde ulaşılan sonucun geçerliliği, varsayımların geçerliliğine bağlıdır. Ayrıca bu testlerin uygulandığı değerlerin aralıklı ölçeklerle ölçülendirilmesi gerekir.

Parametrik testlerin hemen hemen hepsinin uygulanabilmesi için, en azından verilerin normal dağılıma uyması, varyansların homojen olması ve her testte farklı olmak üzere başka koşullarında sağlanması gerekir. Parametrik testler, parametrik olmayan testlere göre daha güçlü ve daha esnektir. Birçok bağımsız değişkenin, bağımlı değişken üzerindeki etkisinin incelenmesine yardımcı olmaları yanında, birbirleri ile olan etkileşimlerinin değerlendirilmesinde de yardımcı olurlar.

Parametrik testler bazı varsayımlara dayanır. Örneğin, araştırmada kullanılan bazı değişkenlerin kitledeki dağılımlarının normal dağılım göstermesi beklenir. Araştırmada kullanılan örneklemin kitleyi iyi temsil etmesi veya araştırmada kullanılan değişkenlerin nicel veya nitel olması istenir. Genellikle bilimsel araştırmalarda bu varsayımlar kontrol edilmeyip öyle oldukları kabul edilir. Oysa bu varsayımların karşılanıp karşılanmadığını özellikle parametrik testlerde test edip, istatistiksel olarak göstermek gerekir. Araştırmada kullanılan testlerle elde edilen sonuçların geçerliliği, bu varsayımların karşılanmasına bağlıdır.

3.5.1.b. Parametrik olmayan testler

Parametrik olmayan istatistik metodlar 18.yüzyıldan itibaren geliştirilmeye başlanmıştır. Parametrik olmayan istatistik teknik olarak kabul edebileceğimiz ilk teknik 1710 yılında John Arbuthnot tarafından işaret testi olarak literatüre tanıtılmıştır. Parametrik olmayan testler 1940'lı yıllara kadar pek yaygın olarak kullanılmamıştır. Parametrik olmayan kelimesi, ilk kez 1942 yılında Wolfowitz tarafından yayınlanan bir makalede ifade edilmiştir. Fazla ve kuvvetli varsayımlara bağımlılığı azaltmak ve genel bir takım sonuçlara ulaşmak için, özellikle 1942'den sonra hızlı bir gelişme gösteren parametrik olmayan metodlar günümüzde pek çok araştırma sahasında uygulanmaktadır (Topal 1999).

Parametrik olmayan testlerin uygulanmasında parametrik testlerin varsayımları genellikle aranmaz. Bu testler için yalnız gözlemlerin bağımsızlığı ve örnekleme rastgele seçilmeleri gibi varsayımlar öngörülmesine karşın, bunlar parametrik testteki varsayımlardan daha az ve karşılanması daha kolay varsayımlardır. Üstelik, parametrik olmayan değişkenlerin kullanıldığı değerlerin de kuvvetli bir ölçme tekniği ile nicelendirilmesi gerekmez.

Parametrik olmayan metotların en belirgin özelliklerinden birinin de nominal (adlandırma) ve ordinal (derecelendirme) ölçüm sıklıklarına göre elde edilen verilere uygulanabilir olmasıdır. Ayrıca gözlemlerden sonra elde edilen veriler genellikle bir sıralama veya işarete dönüştürüldükten sonra test edilir.

Bu özellikler altından parametrik olmayan istatistik metodların parametrik istatistik metodlardan üstün ve zayıf yönleri vardır. Parametrik olmayan metodların parametrik metodlara göre üstün yönleri;

1. Çoğu parametrik olmayan istatistik metodlar en az hipotez sayısına dayandığından yanlış uygulama ihtimali düşüktür.
2. Örnek büyüklüğü çok küçükse ($n=6$ gibi) parametrik olmayan istatistik metodlar daha sağlam sonuç verir.
3. Matematik ve istatistik konularında sınırlı düzeyde bilgiye sahip araştırmacılar parametrik olmayan metodları kolayca öğrenip uygulayabilir.
4. Parametrik olmayan istatistik metodlar, verilerin basitçe sınıflara ayrılarak incelenmesinde geçerlidir. Verileri sıralayıcı bir çerçeve içerisinde ele alır. Yani adlandırma ve sıralama verileri gibi zayıf bir ölçekle ölçülmüş verilere uygulanabilir (Topal 1999).

Parametrik olmayan metodların parametrik metodlara karşı en önemli dezavantajı; parametrik metodların kullanılabilir olduğu durumlarda yani, parametrik testin uygulanmasındaki varsayımlar geçerli olduğu zaman, kullanılması durumunda testin gücünün parametrik testlerin gücünden daha küçük olmasıdır (Aytaç 1984; Topal 1999).

Mann–Kendall testi: Mann-Kendall testi, hidroloji ve klimatoloji gibi alanlardaki zaman serilerindeki trendin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından da önerilen bir istatistiksel test yöntemidir. Mann-Kendall testi, birçok çalışmada trend analizinin yapılmasında üstünlüğünü ortaya koymuştur. Mann-Kendall test istatistiği S istatistiği denklem 3.10'daki eşitlikle hesaplanır.

Mann–Kendall testi parametrik olmayan bir test olup Kendall'ın Tau olarak bilinen testin özel bir uygulamasıdır. Bu testte zamana göre sıralanmış $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, gözlemleri, H_0 hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rastgele değişkenlerdir. H_1 hipotezine göre ise ($k \neq j$) olmak üzere tüm ($k, j \leq n$) için seride x_k ve x_j değerlerinin dağılımı benzer değildir, yani seride lineer bir trend bulunmaktadır. Mevsimselliği çıkartılmış verilere uygulanan Mann–Kendall testinin istatistiği aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (3.10)$$

Denklemde n yıl olarak veri uzunluğudur. S değeri ise $n \geq 8$ olduğunda aşağıda verilen ortalama ve varyans ile yaklaşık olarak normal dağılım gösterir. Eğer $n \geq 30$ ise z testi, t -testine yaklaşır. Sgn işaret fonksiyonu olup, bu gidiş testi $i = 1, \dots, n - 1$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_i veri setine ve $j = i + 1, \dots, n$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_j veri setine uygulanır. Her bir sıralanmış rakam x_i bir referans noktası olarak kullanılır ve diğer sıralanmış veri grubu x_j ile denklem 3.11'de verildiği gibi kıyaslanır.

Bu formülde x_j j zamanda gözlemlenen değeri, x_k k zamanda gözlemlenen değeri, (j) k zamanından sonraki zamanı göstermektedir.

Formüldeki “sgn” aşağıda gösterilen diğer bir formülle belirlenir.

$$sgn(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{eğer } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{eğer } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{eğer } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (3.11)$$

Z skoru S'nin istatistiksel güvenilirliğini göstermektedir. Bunun içinde denklem 3.12'deki formül kullanılır.

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{Var(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{Var(S)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (3.12)$$

Formüldeki $Var(S)$; S'nin sapmasını gösterir ve denklem 3.13'de gösterilen diğer bir formülle hesaplanır.

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (3.13)$$

Denklem 3.13'deki (n) veri sayısını, (q) birleştirilmiş grupların sayısını, (t_p) ise p'ninci grup içindeki verilerin sayısını göstermektedir.

Bu işlem sonrasında Z değeri eğer pozitif ise trendin pozitif yani yükselme eğiliminde olduğu, negatif ise trendin de negatif yani düşme eğiliminde olduğunu gösterir.

Spearman'ın rho metodu: İki gözlem serisi arasında korelasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan bu test, doğrusal (lineer) trend varlığının araştırılmasında hızlı ve basit bir testtir. Sıra istatistiği olan R_{xi} verilerin küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanması ile belirlenir. Gözlem serisi $X = , x_2, \dots, x_n$ vektörü olmak üzere; iki yönlü test ile tanımlanan H_0 hipotezine göre x_1 ($i=1, 2, 3, \dots, n$) değerleri eş olasılıklı dağılımlardır, H_1 hipotezine göre ise x_1 ($i=1, 2, 3, \dots, n$) değerleri zamanla artar veya azalır. Spearman'ın rho testi istatistiği (r_s), denklem 3.14'deki gibi hesaplanır.

$$r_s = 1 - 6 \left[\sum_{i=1}^n (R(x_i) - i)^2 \right] / (n^3 - n) \quad (3.14)$$

$n > 30$ için r_s dağılımı normale yaklaşacağından normal dağılım tabloları kullanılabilir. Bunun için r_s 'nin test istatistiği (Z), denklem 3.15'de görüldüğü gibi hesaplanır;

$$Z = r_s \sqrt{n - 1} \quad (3.15)$$

Eğer Z değeri, α önem aralığında standart normal dağılım tablolarından (**EK 1**) tespit edilen $Z_{\alpha/2}$ değerinden büyük ise, H_0 hipotezi reddedilerek belirli bir trendin olduğu sonucuna varılır.

Sen'in eğim metodu: Bir zaman serisinde lineer bir trend varsa, değişimin eğimi parametrik olmayan bir yöntem olan Sen metodu ile belirlenebilir. Belirli bir zaman periyodunda n tane veri varsa, bu n veri arasında N tane çift oluşturacak şekilde eğim vardır.

$$N = n(n - 1)/2 \quad (3.16)$$

eşitliği ile hesaplanır. Sen Metoduna göre N tane eğimin medyanı, serinin eğimi, β verir.

$$\beta = \text{Medyan} \left[Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \right] \quad (3.17)$$

Burada X veriyi, $j > k$ ve $i = 1, 2, \dots, N$ 'dir. Eğer N tek ise,

$$Q_{\text{medyan}} = Q_{(N+1)/2} \quad (3.18)$$

olarak hesaplanır. Eğer N çift ise,

$$Q_{\text{medyan}} = [Q_{N/2} + Q_{(N+2)/2}] / 2 \quad (3.19)$$

eşitliği ile medyan hesaplanır.

Sen Metodu, hesaplanan eğimin sıfırdan farklı oluşunu istatistiksel olarak belirlenmesine izin verir. Alt ve üst güven limitleri sıra korelasyonunda belirlenerek güven aralığı ve bu sıra limitlerine denk gelen eğim değerleri tespit edilir. Normal dağılışı için iki yönlü Z istatistiği uygulanır. Genellikle %90 ($\alpha=0,10$) veya %95 ($\alpha=0,05$) güven aralıkları için hesaplamalar yapılır. Örneğin iki yönlü %95 güven aralığında Z değeri ($Z_{1-0,05/2} = Z_{0,975}$) 1,96, %90 güven aralığında Z değeri ($Z_{1-0,10/2} = Z_{0,95}$) 1,645'dir. Sıralanmış seride alt limit sırası (M_1) ve üst limit sırası (M_2) aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır.

$$M_1 = \frac{N - C}{2} \quad (3.20)$$

$$M_2 = \frac{N + C}{2} \quad (3.21)$$

$$C = Z_{1-\alpha/2} \sqrt{VAR(S)} \quad (3.22)$$

Burada S , Mann–Kendall testinin istatistiğini, $VAR(S)$ de varyasyonunu göstermektedir. Genellikle üst limitin sırası M_2+1 şeklinde düzeltmeye gidilir. Daha sonra M_1 ve M_2 'ye denk gelen eğimler tespit edilir. Böylelikle verilen güven aralığında eğimin sıfırdan farklı olduğu ve eğimin bu güven sınırları içinde kaldığı istatistiksel olarak belirlenmiş olunur.

4. ARAŞTIRMA ve BULGULAR

Bu bölümde, sosyo-ekonomik olarak insanların yaşam alanlarını ve yaşam şartlarını belirleyen iklimin, önemli bir elemanı olan yağışın, yıllık ve aylık verilerine uygulanan test sonuçları ile grafiklerin trendleri yorumlanmıştır. Öncelikli olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan verilerden aylık ve yıllık toplam yağış miktarlarında eksiklik bulunan veriler tahmin edilmiş, tahmin edilen verilerle birlikte de istasyonların homojenlik analizi yapılmıştır. Homojen olduğu belirlenen istasyonların trend analizleri ve trend eğimleri belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmelerde Doğu Anadolu Bölgesi'ne düşen yıllık ve aylık toplam yağışın parametrik olmayan yöntemlerden Mann–Kendall testi ile Spearman'ın rho testi ayrı ve birlikte kıyaslanarak göz önüne alınmıştır. Sen'in eğim metodu ile de istasyonların trend eğimleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular aylık ve yıllık olarak istasyon bazında açıklanmıştır.

4.1. Eksik Veri Analizleri

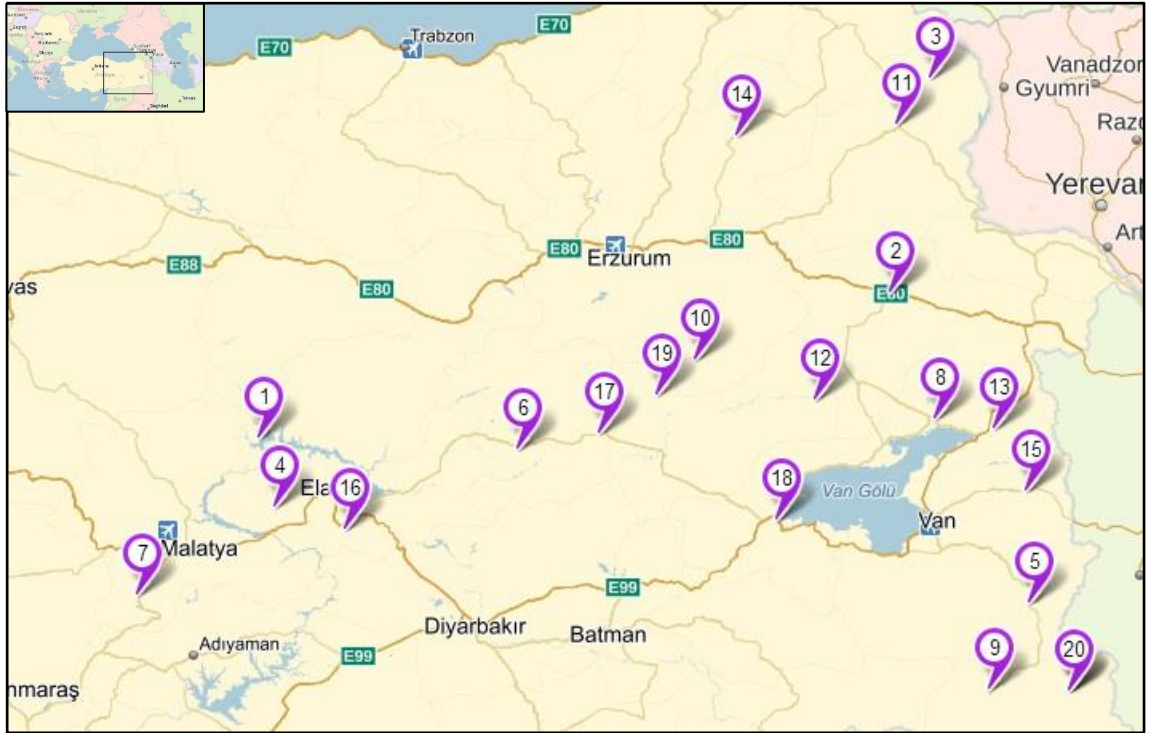
Toplam 46 adet yağış gözlem istasyonundan elde edilen ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından alınan verilerde, bazı dönemlerde yağış gözlem istasyonlarının elde ettiği yağış miktarlarında eksiklik olduğu görülmüştür. Eksik verilerin bulunması trend çalışmasında sağlıklı sonuç vermeyeceği kanaatiyle gerek ayları gerekse yılları bulan bu eksik verilerin tamamlanması ihtiyacı doğmuştur. Bu sebeple (EK 2)'de görüldüğü üzere eksik verilerin bulunduğu yağış gözlem istasyonları, verilerin eksik olduğu dönemler ve tahmin edilen veriler ayrıntılı şekilde ifade edilmiştir.

Eksik veri tahmin edilirken eksik verinin bulunduğu istasyonun, etrafındaki istasyonlarla korelasyonu incelenerek eksik verinin bulunduğu istasyona yağış olarak benzerlik gösterdiği istasyonlar arasındaki korelasyon katsayısıyla belirlenmiştir. Çünkü korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki bağıntının ne kadar kuvvetli olduğunu görmemizi sağlamaktadır. Korelasyon katsayısının 1'e yakın olması istasyonlar arasında bağıntının fazla kuvvetli olduğu anlamına gelmektedir. Eksik verinin bulunduğu

istasyonun, yararlanılan istasyonlarla olan korelasyon katsayısı değeri “Yararlanılan İstasyon ve Korelasyon Katsayısı PK” sütununda gösterilmiştir. Çalışma yapılırken bu korelasyon katsayısının 0,7’den yüksek olması hedeflenmiştir. Bu nedenle 0,7’nin altında kalan istasyonların benzer olmadığı düşünülerek eksik verilerin tamamlanmasında bu istasyonlardan faydalanılmamıştır. Yararlanılan istasyon sayıları incelendiğinde, eksik verisi bulunan istasyona coğrafi olarak yakın olan istasyonlardan korelasyon katsayısı 0,7’nin üzerinde olan 1 veya 2 istasyon olduğu görülmüştür. Fakat yararlanılan istasyon sayısının artması, verilerin güvenilirliği artırmaktadır. İstasyonların birbirlerine benzer yağış göstermesi eksik verinin bulunduğu istasyonda gerçekteki aylık ve yıllık toplam yağış miktarına yakın tahminde bulunmak için en güvenilir yöntemdir. (EK 2)’de görülen Temsil Oranı, güvenli bir tahmin elde edebilmek için korelasyonu yüksek olan (eksik verinin bulunduğu istasyona yağış olarak benzer olan) istasyonun eksik verinin bulunduğu istasyondaki verilerin ne kadarını temsil ettiğini göstermektedir. Bu oran 1’e ne kadar yakın olursa verilerin temsil oranı yani güvenilirliği o kadar fazladır.

Tahmin edilen eksik veriler “Tahmini Eksik Veri Sonucu” sütununda gösterilmiş olup, tahmin edilen veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan aylık toplam yağış miktarlarında yerine yazılarak yıllık toplam yağışlar elde edilmiştir. Eksik verilerin tahmin edilmemesi halinde çalışmanın sağlıklı yürütülmesi düşünülemez. Böylece eksik veriler tamamlanarak istasyonların homojenlik analizlerinin yapılması hedeflenmiştir.

46 adet yağış gözlem istasyonundan eksik verisi bulunan istasyonların yerleri ve isimleri sırasıyla Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1.: Eksik verisi bulunan istasyonlar

Çizelge 4.1. Eksik verisi bulunan istasyonlar

No	İstasyon No	İstasyon Adı
1	17766	Ağın Yağış Gözlem İstasyonu
2	17099	Ağrı Yağış Gözlem İstasyonu
3	17656	Arpaçay Yağış Gözlem İstasyonu
4	17843	Baskil Yağış Gözlem İstasyonu
5	17880	Başkale Yağış Gözlem İstasyonu
6	17203	Bingöl Yağış Gözlem İstasyonu
7	17872	Doğanşehir Yağış Gözlem İstasyonu
8	17784	Erciş Yağış Gözlem İstasyonu
9	17285	Hakkari Yağış Gözlem İstasyonu
10	17740	Hınıs Yağış Gözlem İstasyonu
11	17097	Kars Yağış Gözlem İstasyonu
12	17780	Malazgirt Yağış Gözlem İstasyonu

Çizelge 4.1. (devam)

13	17786	Muradiye Yağış Gözlem İstasyonu
14	17668	Oltu Yağış Gözlem İstasyonu
15	17812	Özalp Yağış Gözlem İstasyonu
16	17844	Sivrice Yağış Gözlem İstasyonu
17	17776	Solhan Yağış Gözlem İstasyonu
18	17205	Tatvan Yağış Gözlem İstasyonu
19	17778	Varto Yağış Gözlem İstasyonu
20	17920	Yüksekova Yağış Gözlem İstasyonu

4.2. Homojenlik (Tektürlük) Analizi

Bir yerde yapılan ölçümlerden elde edilen örnek fonksiyonda hidroloji, meteoroloji ve klimatoloji ile ilgili bilgilerin elde edilmesi söz konusudur. Atmosfer olaylarının tamamen kararlı (dengeli) değişimler göstermesi durumunda bunların ölçülmesi ile elde edilen verilerin örnek fonksiyonunda da kararlı değişimler vardır. Aksi taktirde yerel veya küresel çevrede olan genel olayların hidroloji ve meteoroloji ölçümlerine doğrudan ve/veya dolaylı etkileri söz konusudur. Bunun sonucunda da kararlılığın dışında örnek fonksiyonun davranışları ortaya çıkar. Bu örnek fonksiyonlara homojen olmayan değişimler olarak bakılabilir. İşte verilen bir örnek fonksiyondaki belirgin değişimlerin hidroloji, meteoroloji, astronomi ve coğrafya etkileri gibi doğal değişimlerle mi yoksa insan etkisi ile mi ortaya çıktığının araştırılmasının yapılmasında kullanılan yöntemlere homojenlik sınamaları adı verilir.

Bir örnek fonksiyonun homojen olabilmesi için istatistik parametrelerinin zamanla değişmemesi gerekir. O halde, homojenlik sınaması örnek fonksiyondan elde edilen değişik alt örnek fonksiyonların parametrelerinin birbirinden farklı olup olmadığının araştırılmasıdır (Şen 2002).

4.2.1. Run (Swed–Eisenhard) testi ile homojenlik analizi

Zaman serilerinde verilerin homojenliğini test etmek için kullanılan yöntemlerden biri olan Run Testi ile istasyonlardan alınan verilerin homojenlik analizi yapıldığında istasyon bazında aşağıdaki sonuç elde edilmiştir. Run Testi ile verilerin aynı toplumdan geldiğinin ve birbirlerinden bağımsız olduğu kabulünün veya tersi şeklindeki varsayımların kontrolü için iki adet hipotez savunulmuştur. Bunlar; verilerin aynı kümeye ait olduğunu ifade eden sıfır hipotezi (H_0) ile bu hipotezi reddeden ve verilerin aynı kümeye ait olmadıklarını savunan alternatif hipotez (H_1)’dir. Swed–Eisenhart’ın 1943 yılındaki çalışmasında belirtilen formülle test sonucu (z) değeri bulunarak, %95 güven aralığında ($\pm 1,96$) ve %90 güven aralığında ($\pm 2,54$) analiz edilerek verilerin homojenliği Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. İstasyonların run testi ile homojenlik analizi

NO	İSTASYON NO	İSTASYON ADI	Z-DEĞERİ	%95 GÜVEN ARALIĞI	%90 GÜVEN ARALIĞI
				(Ho)	(Ho)
1	17920	YÜKSEKOVA	-0,937	KABUL	KABUL
2	17880	BAŞKALE	-0,857	KABUL	KABUL
3	17872	DOĞANŞEHİR	-0,292	KABUL	KABUL
4	17852	GEVAŞ	-1,078	KABUL	KABUL
5	17846	MADEN	1,486	KABUL	KABUL
6	17844	SİVRİCE	-0,697	KABUL	KABUL
7	17843	BASKİL	-0,697	KABUL	KABUL
8	17812	ÖZALP	-1,830	KABUL	KABUL
9	17810	AHLAT	-1,789	KABUL	KABUL
10	17808	GENÇ	-1,045	KABUL	KABUL
11	17806	PALU	-0,292	KABUL	KABUL
12	17804	KEBAN	-0,572	KABUL	KABUL
13	17786	MURADIYE	-1,429	KABUL	KABUL

Çizelge 4.2. (devam)

14	17784	ERCİŞ	-0,292	KABUL	KABUL
15	17780	MALAZGİRT	-1,143	KABUL	KABUL
16	17778	VARTO	-1,045	KABUL	KABUL
17	17776	SOLHAN	-1,459	KABUL	KABUL
18	17774	KARAKOÇAN	-1,045	KABUL	KABUL
19	17768	ÇEMİŞGEZEK	0,915	KABUL	KABUL
20	17766	AĞIN	0,000	KABUL	KABUL
21	17764	ARAPGİR	0,596	KABUL	KABUL
22	17740	HINIS	-1,459	KABUL	KABUL
23	17736	MAZGİRT	0,719	KABUL	KABUL
24	17720	DOĞUBEYAZIT	0,895	KABUL	KABUL
25	17718	TERCAN	0,286	KABUL	KABUL
26	17692	SARIKAMIŞ	-1,715	KABUL	KABUL
27	17690	HORASAN	-0,305	KABUL	KABUL
28	17688	TORTUM	0,000	KABUL	KABUL
29	17668	OLTU	-0,875	KABUL	KABUL
30	17666	İSPİR	0,895	KABUL	KABUL
31	17656	ARPAÇAY	-1,830	KABUL	KABUL
32	17285	HAKKARİ	-2,286	RED	KABUL
33	17207	BİTLİS	-1,491	KABUL	KABUL
34	17205	TATVAN	-0,875	KABUL	KABUL
35	17204	MUŞ	-1,429	KABUL	KABUL
36	17203	BİNGÖL	0,572	KABUL	KABUL
37	17201	ELAZIĞ	0,550	KABUL	KABUL
38	17199	MALATYA	-1,649	KABUL	KABUL
39	17172	VAN	-0,550	KABUL	KABUL
40	17165	TUNCELİ	-1,143	KABUL	KABUL
41	17100	İĞDIR	-1,374	KABUL	KABUL
42	17099	AĞRI	-1,374	KABUL	KABUL

Çizelge 4.2. (devam)

43	17097	KARS	-0,540	KABUL	KABUL
44	17096	ERZURUM	-0,875	KABUL	KABUL
45	17094	ERZİNCAN	0,275	KABUL	KABUL
46	17046	ARDAHAN	0,000	KABUL	KABUL

Run Testi ile yapılan homojenlik analizi sonucunda %95 güven aralığında 46 adet yağış gözlem istasyonundan alınan veriler sonucunda eksik verilerin tamamlanması ile elde edilen sonuçlarla yapılan homojenlik analizi sonucunda 45 adet yağış gözlem istasyonundaki verilerin homojen olduğu, sadece 17285 istasyon numaralı Hakkari Yağış Gözlem İstasyonu'nun %95 güven aralığında homojen olmadığı görüşmüştür. %90 güven aralığında tüm istasyonların homojen olduğu görülebilir.

4.2.2. Pettitt testi ile homojenlik analizi

Bir diğer homojenlik testi olan Pettitt Testi ile homojenlik analizi yapıldığında ise %95 güven aralığında 17046 istasyon numaralı Ardahan Yağış Gözlem İstasyonu, 17097 istasyon numaralı Kars Yağış Gözlem İstasyonu, 17199 istasyon numaralı Malatya Yağış Gözlem İstasyonu, 17656 istasyon numaralı Arpaçay Yağış Gözlem İstasyonu, 17180 istasyon numaralı Ahlat Yağış Gözlem İstasyonu, 17812 istasyon numaralı Özalp Yağış Gözlem İstasyonu ve 17920 istasyon numaralı Yüksekova Yağış Gözlem İstasyonu olmak üzere 7 adet yağış gözlem istasyonunda verilerin homojen olmadığı, geriye kalan 39 adet yağış gözlem istasyonunda verilerin homojen olduğu görülmüştür. Pettitt Testi ile yapılan homojenlik analizleri Çizelge 4.3'de görülmektedir.

Çizelge 4.3. Pettitt testi ile homojenlik analizi sonuçları

NO	İSTASYON NO	İSTASYON ADI	P-DEĞERİ	H ₀
1	17046	ARDAHAN	0,044	RED
2	17094	ERZİNCAN	0,778	KABUL

Çizelge 4.3. (devam)

3	17096	ERZURUM	0,703	KABUL
4	17097	KARS	0,016	RED
5	17099	AĞRI	0,071	KABUL
6	17100	IĞDIR	0,358	KABUL
7	17165	TUNCELİ	0,259	KABUL
8	17172	VAN	0,825	KABUL
9	17199	MALATYA	0,023	RED
10	17201	ELAZIĞ	0,154	KABUL
11	17203	BİNGÖL	0,858	KABUL
12	17204	MUŞ	0,566	KABUL
13	17205	TATVAN	0,122	KABUL
14	17207	BİTLİS	0,259	KABUL
15	17285	HAKKARİ	0,117	KABUL
16	17656	ARPAÇAY	0,016	RED
17	17666	İSPİR	0,316	KABUL
18	17668	OLTU	0,299	KABUL
19	17688	TORTUM	0,558	KABUL
20	17690	HORASAN	0,418	KABUL
21	17692	SARIKAMIŞ	0,167	KABUL
22	17718	TERCAN	0,951	KABUL
23	17720	DOĞUBEYAZIT	0,252	KABUL
24	17736	MAZGİRT	0,908	KABUL
25	17740	HINIS	0,899	KABUL
26	17764	ARAPGİR	0,319	KABUL
27	17766	AĞIN	0,282	KABUL
28	17768	ÇEMİŞGEZEK	0,864	KABUL
29	17774	KARAKOÇAN	0,702	KABUL
30	17776	SOLHAN	0,863	KABUL
31	17778	VARTO	0,935	KABUL

Çizelge 4.3. (devam)

32	17780	MALAZGİRT	0,366	KABUL
33	17784	ERCİŞ	0,203	KABUL
34	17786	MURADIYE	0,071	KABUL
35	17804	KEBAN	0,498	KABUL
36	17806	PALU	0,636	KABUL
37	17808	GENÇ	0,138	KABUL
38	17810	AHLAT	0,001	RED
39	17812	ÖZALP	0,001	RED
40	17843	BASKİL	0,155	KABUL
41	17844	SİVRİCE	0,148	KABUL
42	17846	MADEN	0,335	KABUL
43	17852	GEVAŞ	0,637	KABUL
44	17872	DOĞANŞEHİR	0,171	KABUL
45	17880	BAŞKALE	0,531	KABUL
46	17920	YÜKSEKOVA	0,015	RED

Her iki yöntemle yapılan homojenlik analizi sonucunda Run (Swed–Eisenhart) testi ile Hakkari Yağış Gözlem İstasyonu ve Pettitt Testi ile de Ahlat Yağış Gözlem İstasyonu, Ardahan Yağış Gözlem İstasyonu, Arpaçay Yağış Gözlem İstasyonu, Kars Yağış Gözlem İstasyonu, Malatya Yağış Gözlem İstasyonu, Özalp Yağış Gözlem İstasyonu ve Yüksekova Yağış Gözlem İstasyonu olmak üzere toplam 8 adet yağış gözlem istasyonlarında verilerin homojen olmaması sebebiyle trend çalışması kapsamında çıkarılmalıdır. Böylece trend çalışmasında 38 adet yağış gözlem istasyonu değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

4.3. Grafik Metodu

1960 ile 2013 yıllarını kapsayan bu trend çalışmasında 46 adet yağış gözlem istasyonundan alınan veriler değerlendirilmiş, bu istasyonlardan alınan veriler (EK 3)'te gösterilmiştir.

Grafiklerde minimum 30 yıl olacak şekilde 1960 yılı ile 2013 yılı arasında eldeki verilerin varlığına göre toplam yağış miktarları mavi çizgi ile gösterilirken, kırmızı çizgi ise bu yıllar arasındaki toplam yağış miktarının eğilimini göstermektedir. Bilindiği üzere Grafik Metodu, nicelik olarak hiçbir sonuç vermeden sadece eğilimin var olup olmadığını göstermektedir. Eğilimin var olup olmaması anlamlılık olarak da bir sonuca ulaşmamız açısından yeterli olmamaktadır. 46 adet yağış gözlem istasyonundan alınan verilerle de aşağıda gösterilen istasyonların 1960 ile 2013 yılları arasındaki toplam yağış miktarındaki zamanla değişim o istasyonun zaman içerisindeki eğilimini vermektedir. İstasyonların bir kısmında zamanla azalan yönde bir eğilim ve bir kısmında artan yönde bir eğilim görülebilir. Bir kısmında ise herhangi bir eğilim görülmeyebilir. Artan veya azalan bu eğilimlerin ne derece anlamlı oldukları ise Mann–Kendall testi ve Spearman'ın rho testi ile belirlenebilir. Anlamlı trendin aranmasına nazaran tüm yağış gözlem istasyonlarında trendin eğimi belirlenebilir.

Yıllık Toplam Yağış Miktarı–Yıl grafiklerinde istasyonların bir kısmında azalan, bir kısmında ise artan şeklinde olduğu görülmüştür.. Grafik Metoduna göre toplam 38 yağış gözlem istasyonunda 8 tanesinde artan yönde, 30 tanesinde azalan yönde bir eğilim vardır. Daha öncede ifade edildiği üzere artan veya azalan yönde bir eğilim olması trend ile ilgili anlamlı bir sonuç vermemektedir.

4.4. Mann–Kendall Testi ile Trend Analizi

Grafik metodu ile hem istasyonların yıllara göre toplam yağış miktarları ve değişimleri hem de toplam yağış miktarlarına göre bir eğilimin bulunup bulunmadığı görülmüştür. Fakat bir trendin varlığının ne derece anlamlı olduğu bilinemez. İşte tam bu noktada

istatistiksel yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Yağışların trend analizlerinin yapılması için birden çok istatistiksel yöntem bulunmaktadır. Birçok iklimsel parametrelerin trend analizinde kullanıldığı gibi yağışların trend analizinin belirlenmesinde de parametrik olmayan yöntemlerden Mann–Kendall testi, Spearman’ın rho testi ve trendin eğimini belirlemek içinde Sen’in eğim metodu tercih edilmektedir. Bu trend analizi çalışmasında aylık ve yıllık toplam yağış miktarlarının istasyon bazında değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Her bir istasyonun yıllık toplam yağış miktarlarının Mann–Kendall testi ile analizi yapıldığında Çizelge 4.4’deki sonuçlar elde edilmiştir.

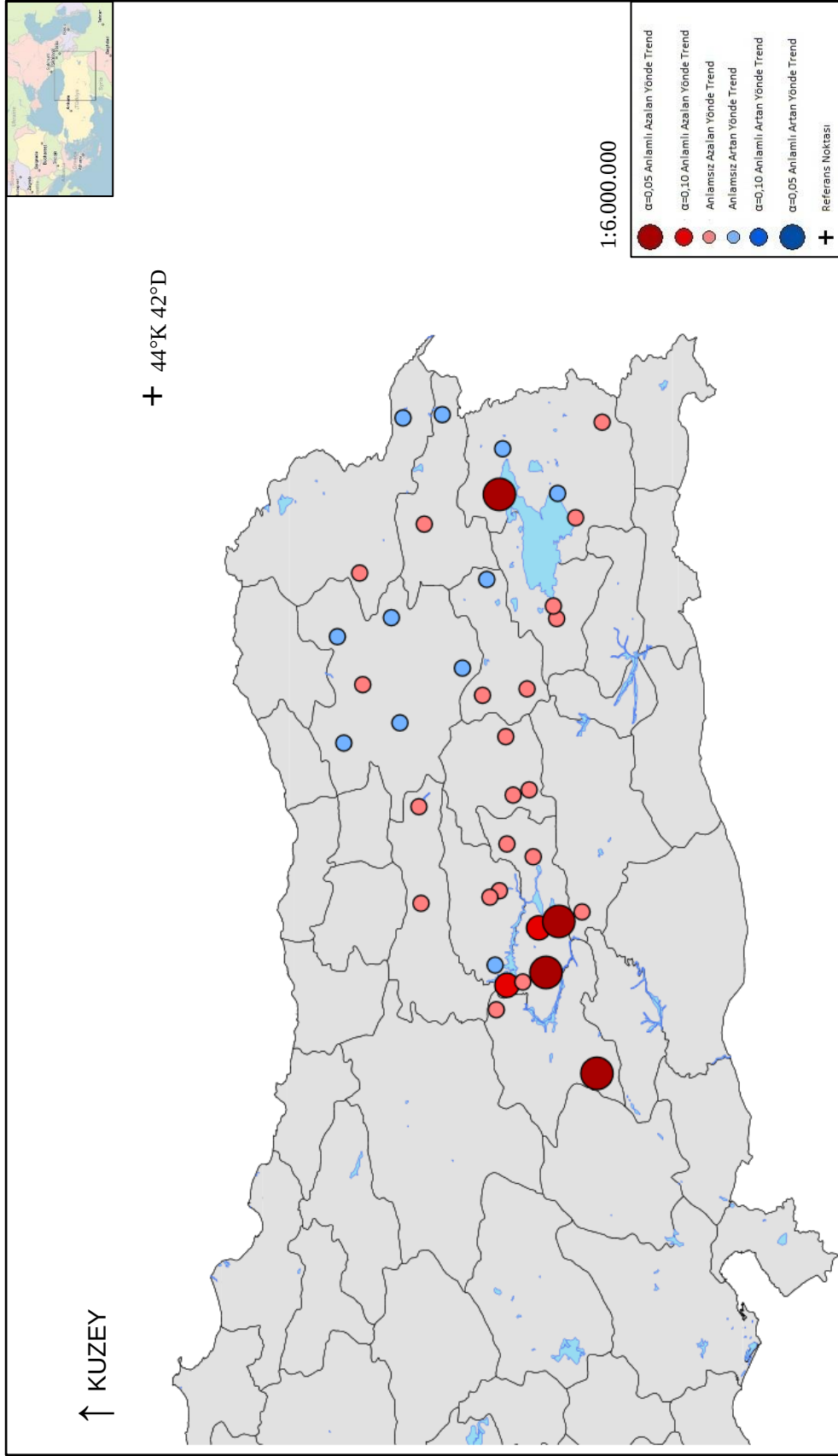
Çizelge 4.4. Yıllık toplam yağışların Mann–Kendall testi ile trend analizi sonuçları

No	İstasyon No	İstasyon Adı	Z	$\alpha=0,1$		$\alpha=0,05$	
				Kritik Değer = 1,645		Kritik Değer = 1,96	
				Hipotez	Yönü	Hipotez	Yönü
1	17766	AĞIN	-1,704	RED	↓	KABUL	-
2	17099	AĞRI	-0,813	KABUL	-	KABUL	-
3	17764	ARAPGİR	-1,174	KABUL	-	KABUL	-
4	17843	BASKİL	-2,073	RED	↓	RED	↓
5	17880	BAŞKALE	-0,435	KABUL	-	KABUL	-
6	17203	BİNGÖL	-0,796	KABUL	-	KABUL	-
7	17207	BİTLİS	-1,042	KABUL	-	KABUL	-
8	17768	ÇEMİŞGEZEK	0,538	KABUL	-	KABUL	-
9	17872	DOĞANŞEHİR	-2,086	RED	↓	RED	↓
10	17720	DOĞUBEYAZIT	1,101	KABUL	-	KABUL	-
11	17201	ELAZIĞ	-1,895	RED	↓	KABUL	-
12	17784	ERCİŞ	-2,250	RED	↓	RED	↓
13	17094	ERZİNCAN	-0,254	KABUL	-	KABUL	-
14	17096	ERZURUM	0,086	KABUL	-	KABUL	-
15	17808	GENÇ	-1,156	KABUL	-	KABUL	-
16	17852	GEVAŞ	-0,892	KABUL	-	KABUL	-
17	17740	HINIS	0,364	KABUL	-	KABUL	-
18	17690	HORASAN	0,655	KABUL	-	KABUL	-
19	17100	IĞDIR	0,962	KABUL	-	KABUL	-
20	17666	İSPİR	1,229	KABUL	-	KABUL	-

Çizelge 4.4. (devam)

21	17774	KARAKOÇAN	0,000	KABUL	-	KABUL	-
22	17804	KEBAN	-1,267	KABUL	-	KABUL	-
23	17846	MADEN	-1,360	KABUL	-	KABUL	-
24	17780	MALAZGİRT	0,244	KABUL	-	KABUL	-
25	17736	MAZGİRT	-0,211	KABUL	-	KABUL	-
26	17786	MURADIYE	0,803	KABUL	-	KABUL	-
27	17204	MUŞ	-0,435	KABUL	-	KABUL	-
28	17668	OLTU	0,693	KABUL	-	KABUL	-
29	17806	PALU	-1,467	KABUL	-	KABUL	-
30	17692	SARIKAMIŞ	-0,211	KABUL	-	KABUL	-
31	17844	SİVRİCE	-2,031	RED	↓	RED	↓
32	17776	SOLHAN	-0,233	KABUL	-	KABUL	-
33	17205	TATVAN	-1,595	KABUL	-	KABUL	-
34	17718	TERCAN	-0,368	KABUL	-	KABUL	-
35	17688	TORTUM	-0,812	KABUL	-	KABUL	-
36	17165	TUNCELİ	-1,121	KABUL	-	KABUL	-
37	17172	VAN	0,358	KABUL	-	KABUL	-
38	17778	VARTO	0,000	KABUL	-	KABUL	-

Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait olan 46 adet meteoroloji istasyonundan homojen olmayan 8 yağış gözlem istasyonu dışındaki 38 yağış gözlem istasyonundan gözlemlenen yıllık toplam yağış verilerinin trend analizi $\alpha = 0.05$ ve $\alpha = 0.10$ anlamlılık düzeyinde incelendiğinde Çizelge 4.4'deki sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre 38 adet yağış gözlem istasyonundan %95 güven aralığında 4 adet yağış gözlem istasyonunda anlamlı bir trendin varlığı saptanmıştır. Bunlar 17843 istasyon numaralı Baskil Yağış Gözlem İstasyonu, 17872 istasyon numaralı Doğanşehir Yağış Gözlem İstasyonu, 17784 istasyon numaralı Erciş Yağış Gözlem İstasyonu ve 17844 istasyon numaralı Sivrice Yağış Gözlem İstasyonudur. Mann-Kendall testi ile yıllık toplam yağışların trend analizi Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Mann–Kendall testi ile yıllık toplam yağışların trend analizi sonucu

%90 güven aralığında Mann–Kendall Test sonuçları değerlendirildiğinde ise %95 güven aralığında azalan yönde trend tespit edilen 4 adet yağış gözlem istasyonuna ilaveten Ağın ve Elazığ yağış gözlem istasyonları dahil toplam 6 adet yağış gözlem istasyonunda anlamlı olarak azalan yönde trendin varlığı gözlenmiştir. Böylece %90 güven aralığında azalan yönde trend tespit edilen istasyonlar; 17766 istasyon numaralı Ağın Yağış Gözlem İstasyonu, 17843 istasyon numaralı Baskil Yağış Gözlem İstasyonu, 17872 istasyon numaralı Doğanşehir Yağış Gözlem İstasyonu, 17201 istasyon numaralı Elazığ Yağış Gözlem İstasyonu, 17784 istasyon numaralı Erciş Yağış Gözlem İstasyonu ve 17844 istasyon numaralı Sivrice Yağış Gözlem İstasyonudur.

38 adet yağış gözlem istasyonunda Mann–Kendall testi ile yapılan trend analizi sonucunda artan yönde bir trendin varlığına rastlanmamıştır. $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyine göre trend bulunmayan istasyonların da büyük çoğunluğunda, τ kendall korelasyon katsayısı ve Z istatistiği değerinin negatif yani azalan yönde olduğu yani istatistiki olarak anlamlı olmasa da istasyonların çoğunda trendin azalan yönde olduğu görülmektedir.

4.5. Spearman’ın Rho Testi ile Analiz

Yağış, akım ve sıcaklık gibi hidrolojik ve meteorolojik istatistikte verilerin trend analizini belirlemek amacıyla birden fazla yöntem bulunmaktadır. Bu tür hidrolojik ve meteorolojik istatistiklerin analizinde belli başlı trend analizi yöntemleri vardır. Yaygın olarak kullanılan bu yöntemler; Mann–Kendall testi, Spearman’ın rho testi ve eğimi belirlemek içinde Sen’in eğim metodudur. Bu çalışmada da bu trend testi yöntemleri kullanılmıştır. Birden fazla trend analizi metodu kullanılarak sonuçların sağlıklı bir şekilde elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle Mann–Kendall testi yöntemiyle belirlenen sonuçlar Spearman’ın rho testi yöntemiyle belirlenen sonuçlarla kıyaslanmıştır. Spearman’ın rho testi yöntemiyle 38 adet yağış gözlem istasyonundan elde edilen verilerin trend analizleri Çizelge 4.5’de gösterilmiştir.

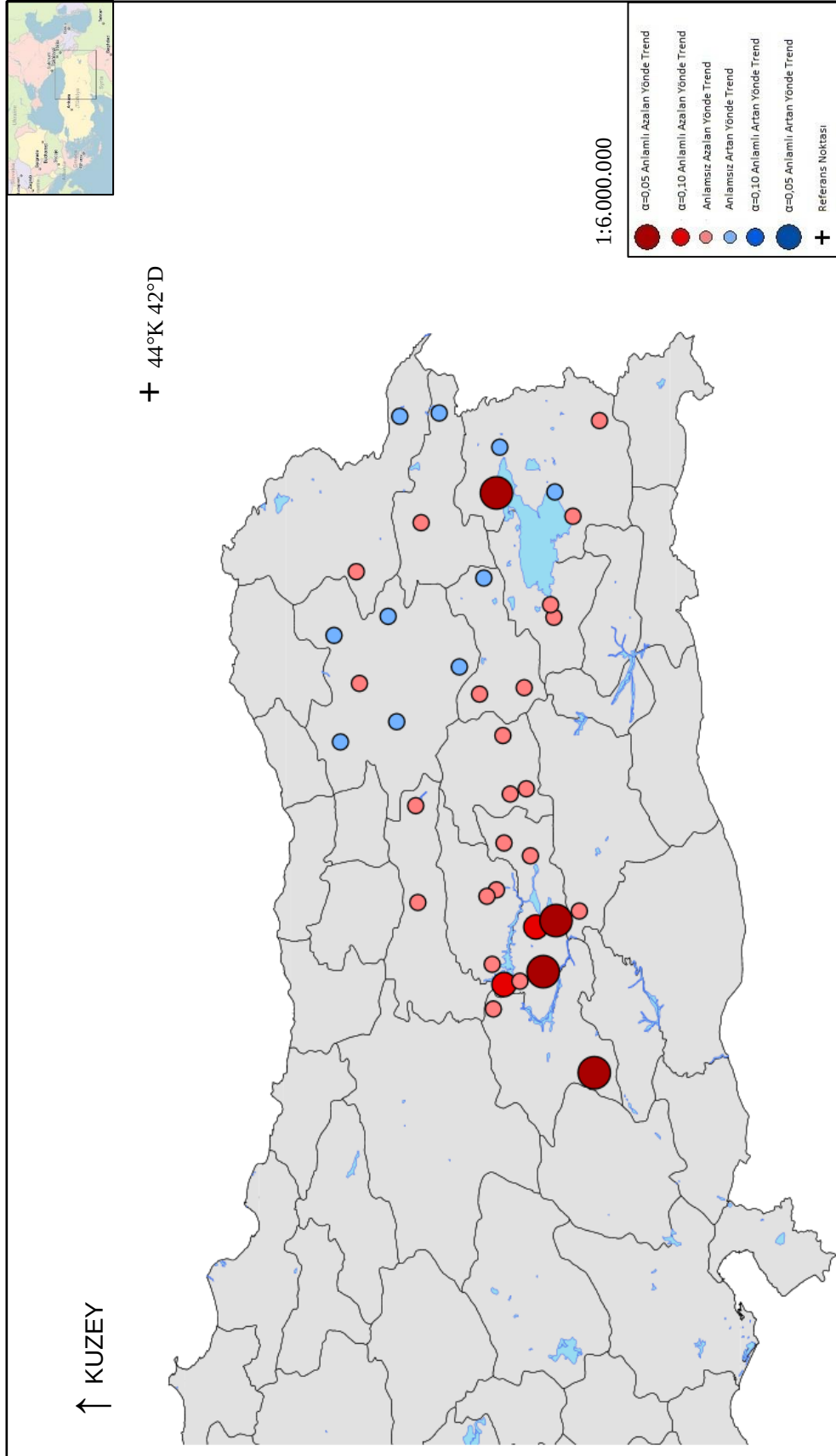
Çizelge 4.5. Yıllık toplam yağışların Spearman'ın rho testi ile trend analizi sonuçları

No	İstasyon No	İstasyon Adı	Z	$\alpha=0,1$		$\alpha=0,05$	
				Kritik Değer = 1,645		Kritik Değer = 1,96	
				Hipotez	Yön	Hipotez	Yön
1	17766	AĞIN	-1,717	RED	↓	KABUL	-
2	17099	AĞRI	-0,828	KABUL	-	KABUL	-
3	17764	ARAPGİR	-1,305	KABUL	-	KABUL	-
4	17843	BASKİL	-1,984	RED	↓	RED	↓
5	17880	BAŞKALE	-0,539	KABUL	-	KABUL	-
6	17203	BİNGÖL	-0,809	KABUL	-	KABUL	-
7	17207	BİTLİS	-0,965	KABUL	-	KABUL	-
8	17768	ÇEMİŞGEZEK	-0,636	KABUL	-	KABUL	-
9	17872	DOĞANŞEHİR	-2,216	RED	↓	RED	↓
10	17720	DOĞUBEYAZIT	1,061	KABUL	-	KABUL	-
11	17201	ELAZIĞ	-1,790	RED	↓	KABUL	-
12	17784	ERCİŞ	-2,158	RED	↓	RED	↓
13	17094	ERZİNCAN	-0,251	KABUL	-	KABUL	-
14	17096	ERZURUM	0,221	KABUL	-	KABUL	-
15	17808	GENÇ	-0,984	KABUL	-	KABUL	-
16	17852	GEVAŞ	-0,894	KABUL	-	KABUL	-
17	17740	HINIS	0,331	KABUL	-	KABUL	-
18	17690	HORASAN	0,731	KABUL	-	KABUL	-
19	17100	IĞDIR	0,894	KABUL	-	KABUL	-
20	17666	İSPİR	1,369	KABUL	-	KABUL	-
21	17774	KARAKOÇAN	-0,189	KABUL	-	KABUL	-
22	17804	KEBAN	-1,361	KABUL	-	KABUL	-
23	17846	MADEN	-1,500	KABUL	-	KABUL	-
24	17780	MALAZGİRT	0,171	KABUL	-	KABUL	-
25	17736	MAZGİRT	-0,157	KABUL	-	KABUL	-
26	17786	MURADIYE	0,925	KABUL	-	KABUL	-
27	17204	MUŞ	-0,516	KABUL	-	KABUL	-
28	17668	OLTU	0,652	KABUL	-	KABUL	-
29	17806	PALU	-1,450	KABUL	-	KABUL	-

Çizelge 4.5. (devam)

30	17692	SARIKAMIŞ	-0,171	KABUL	-	KABUL	-
31	17844	SİVRİCE	-1,998	RED	↓	RED	↓
32	17776	SOLHAN	-0,381	KABUL	-	KABUL	-
33	17205	TATVAN	-1,596	KABUL	-	KABUL	-
34	17718	TERCAN	-0,334	KABUL	-	KABUL	-
35	17688	TORTUM	-0,950	KABUL	-	KABUL	-
36	17165	TUNCELİ	-1,200	KABUL	-	KABUL	-
37	17172	VAN	0,244	KABUL	-	KABUL	-
38	17778	VARTO	-0,089	KABUL	-	KABUL	-

Spearman'ın rho testi ile trend analizi yapıldığında %95 güven aralığında 17843 istasyon numaralı Baskil Yağış Gözlem İstasyonu, 17872 istasyon numaralı Doğanşehir Yağış Gözlem İstasyonu, 17784 istasyon numaralı Erciş Yağış Gözlem İstasyonu ve 17844 istasyon numaralı Sivrice Yağış Gözlem İstasyonu olmak üzere toplam 4 adet yağış gözlem istasyonunda azalan yönde anlamlı bir trendin varlığına rastlanmıştır. Kalan 34 adet yağış gözlem istasyonunda anlamlı bir trend gözlenmemiştir. Spearman'ın rho testi ile yapılan yıllık toplam yağışların trend analizi sonucu Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Spearman'in rho testi ile yıllık toplam yağışların trend analizi sonucu

Spearman'ın rho testi ile trend analizi yapıldığında %90 güven aralığında ise 17766 istasyon numaralı Ağın Yağış Gözlem İstasyonu, 17843 istasyon numaralı Baskil Yağış Gözlem İstasyonu, 17872 istasyon numaralı Doğanşehir Yağış Gözlem İstasyonu, 17201 istasyon numaralı Elazığ Yağış Gözlem İstasyonu, 17784 istasyon numaralı Erciş Yağış Gözlem İstasyonu ve 17844 istasyon numaralı Sivrice Yağış Gözlem İstasyonu olmak üzere toplam 6 adet yağış gözlem istasyonunda azalan yönde bir trendin varlığına rastlanmıştır.

46 adet yağış gözlem istasyonunun homojen olduğu belirlenen 38 adet yağış gözlem istasyonundan alınan verilerden Mann–Kendall testi ve Spearman'ın rho testi yöntemleriyle yapılan trend analizi sonucunda her iki trend analizi yönteminde de gerek %90 güven aralığında gerekse %95 güven aralığında sonuçların aynı olduğu görülmüştür. Her iki trend analizi sonucunda da %90 güven aralığında 17766 istasyon numaralı Ağın Yağış Gözlem İstasyonu, 17843 istasyon numaralı Baskil Yağış Gözlem İstasyonu, 17872 istasyon numaralı Doğanşehir Yağış Gözlem İstasyonu, 17201 istasyon numaralı Elazığ Yağış Gözlem İstasyonu, 17784 istasyon numaralı Erciş Yağış Gözlem İstasyonu ve 17844 istasyon numaralı Sivrice Yağış Gözlem İstasyonu olmak üzere toplam 6 adet yağış gözlem istasyonunda azalan yönde bir trend, %95 güven aralığında ise 17843 istasyon numaralı Baskil Yağış Gözlem İstasyonu, 17872 istasyon numaralı Doğanşehir Yağış Gözlem İstasyonu, 17784 istasyon numaralı Erciş Yağış Gözlem İstasyonu ve 17844 istasyon numaralı Sivrice Yağış Gözlem İstasyonu olmak üzere toplam 4 adet yağış gözlem istasyonunda azalan yönde anlamlı bir trendin varlığına rastlanmıştır.

4.6. Sen'in Eğim Metodu

38 adet yağış gözlem istasyonundan alınan verilerin Mann–Kendall testi ve Spearman'ın rho testi ile %90 ve %95 güven aralığında trend analizi yapılarak anlamlı trendlerin varlığı araştırılmıştır. Yapılan bu araştırma neticesinde Mann–Kendall testi ve Spearman'ın rho testinin ortak sonucu olarak %90 güven aralığında 6 adet yağış gözlem istasyonunda, %95 güven aralığında ise 4 adet yağış gözlem istasyonunda anlamlı

trendin varlığına rastlanmıştır. 38 adet yağış gözlem istasyonunda anlamlı bir trend arayışının ardından bu istasyonlarda trendin eğimi önem kazanmaktadır. Trendin eğimini belirlemek amacıyla da Sen'in eğim metodu kullanılmıştır. Sen'in eğim metoduna göre 38 adet yağış gözlem istasyonlardan alınan verilerle belirlenen eğim sonuçları Çizelge 4.6'da, Mann–Kendall testi ve Spearman'ın rho testi ile anlamlı trend elde edilen istasyonlarda trendin eğimi ise Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Yıllık toplam yağışların Sen'in eğim metodu ile trend eğimi sonuçları

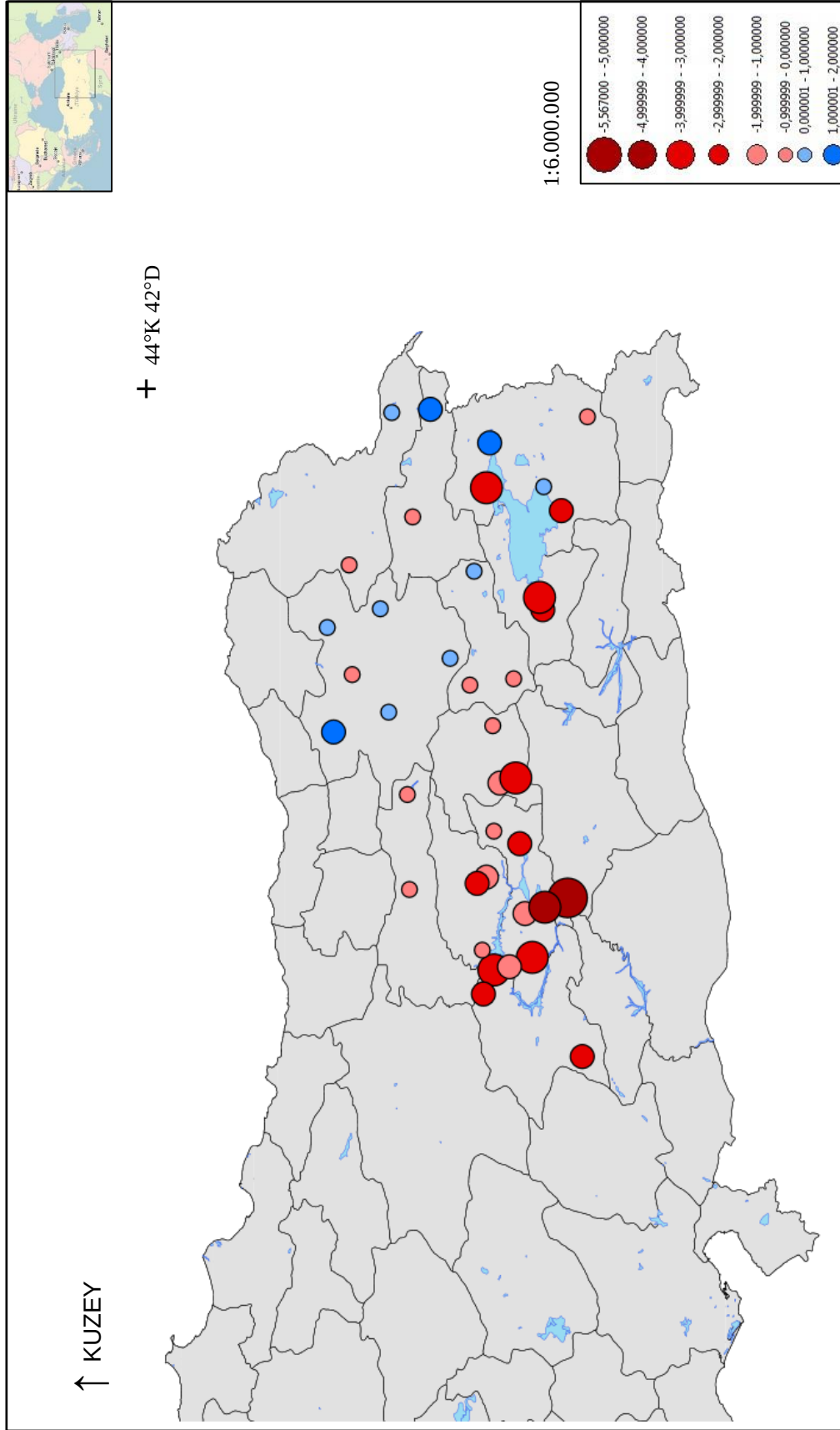
No	İstasyon No	İstasyon Adı	Sen'in Eğimi
1	17766	AĞIN	-3,49
2	17099	AĞRI	-0,78
3	17764	ARAPGİR	-2,33
4	17843	BASKİL	-3,58
5	17880	BAŞKALE	-0,57
6	17203	BİNGÖL	-1,36
7	17207	BİTLİS	-2,97
8	17768	ÇEMİŞGEZEK	-0,82
9	17872	DOĞANŞEHİR	-2,97
10	17720	DOĞUBEYAZIT	1,15
11	17201	ELAZIĞ	-1,66
12	17784	ERCİŞ	-3,14
13	17094	ERZİNCAN	-0,24
14	17096	ERZURUM	0,05
15	17808	GENÇ	-3,74
16	17852	GEVAŞ	-2,70
17	17740	HINIS	0,54
18	17690	HORASAN	0,71
19	17100	İĞDIR	0,67
20	17666	İSPİR	1,21
21	17774	KARAKOÇAN	-0,07
22	17804	KEBAN	-1,48
23	17846	MADEN	-5,57
24	17780	MALAZGİRT	0,28

Çizelge 4.6. (devam)

25	17736	MAZGİRT	-1,11
26	17786	MURADIYE	1,11
27	17204	MUŞ	-0,74
28	17668	OLTU	0,67
29	17806	PALU	-2,17
30	17692	SARIKAMIŞ	-0,33
31	17844	SİVRİCE	-4,48
32	17776	SOLHAN	-0,22
33	17205	TATVAN	-3,61
34	17718	TERCAN	-0,44
35	17688	TORTUM	-0,88
36	17165	TUNCELİ	-2,83
37	17172	VAN	0,32
38	17778	VARTO	-0,05

Homojen olduğu belirlenen 38 adet yağış gözlem istasyonunun Sen'in eğim metodu ile yapılan analiz sonucunda 10 adet yağış gözlem istasyonunda eğilimin artan yönde, 28 adet yağış gözlem istasyonunda ise azalan yönde bir eğimin olduğu görülmüştür. Artan yönde eğim gösteren istasyonların genellikle Doğu Anadolu Bölgesi'nin kuzeyinde olduğu görülmektedir.

Mann–Kendall testi ve Spearman'ın rho testi yöntemine göre anlamlı trend görülen istasyonların Sen'in eğim metodu ile belirlenen eğimleri Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Sen'in eğim metodu ile yıllık toplam yağışların trend eğimi sonucu

Mann–Kendall testi ve Spearman’ın rho testi ile %90 güven aralığında azalan yönde anlamlı trendin varlığına rastlanılan Ağın Yağış Gözlem İstasyonu, Baskil Yağış Gözlem İstasyonu, Doğanşehir Yağış Gözlem İstasyonu, Elazığ Yağış Gözlem İstasyonu, Erciş Yağış Gözlem İstasyonu ve Sivrice Yağış Gözlem İstasyonu olmak üzere 6 adet yağış gözlem istasyonunda Sen’in eğim metodu ile yapılan analiz sonucunda belirlenen eğimler Şekil 4.4’de gösterilmiştir. Bu istasyonlar içinde eğimin en az olduğu yağış gözlem istasyonu Elazığ Yağış Gözlem İstasyonu, eğimin en fazla olduğu yağış gözlem istasyonu ise Sivrice Yağış Gözlem İstasyonudur. Azalan yönde anlamlı trend görülen yağış gözlem istasyonlarının Erciş Yağış Gözlem İstasyonu dışındakilerin Elazığ ve yöresinde olduğu ise dikkat çekmektedir.

4.7. Aylık Trend Analizi

Aylık bazda trend analizi yapılırken istasyonlardan alınan aylık toplam yağış verilerinin her ay kendi içinde değerlendirilecek şekilde bir analizi yapılır. Aylık yağış verileri yıllık toplam yağış verilerinin trend analizi yapılırken kullanılan veri sayısı ile aynı sayıda iken, bu veriler aynı yılda başlayıp aynı yılda bitmektedir.

Yapılan aylık bazda trend analizi çalışmasında %90 güven aralığı ve %95 güven aralığında Mann–Kendall testi ve Spearman’ın rho testi yöntemi kullanılmıştır.

4.7.1. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların trend analizi

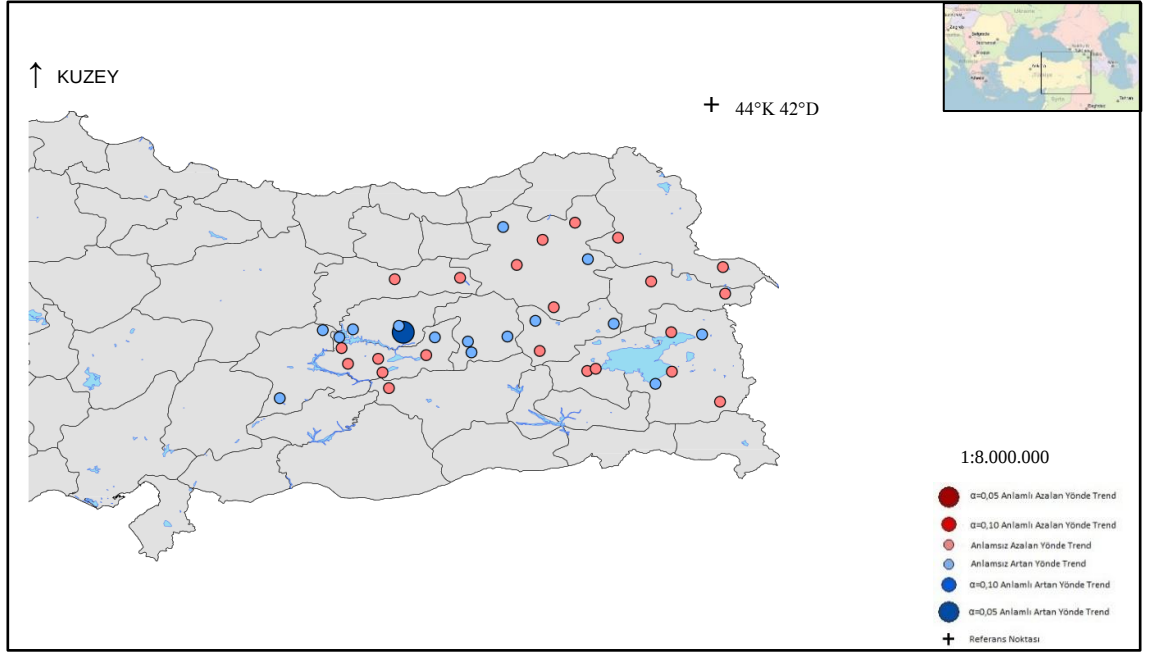
Mann–Kendall testi yöntemiyle aylık toplam yağışların %95 güven aralığında trend analizi sonuçları Çizelge 4.7’de, %90 güven aralığında trend analizi sonuçları ise Çizelge 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların %95 güven aralığında trend analizi sonuçları

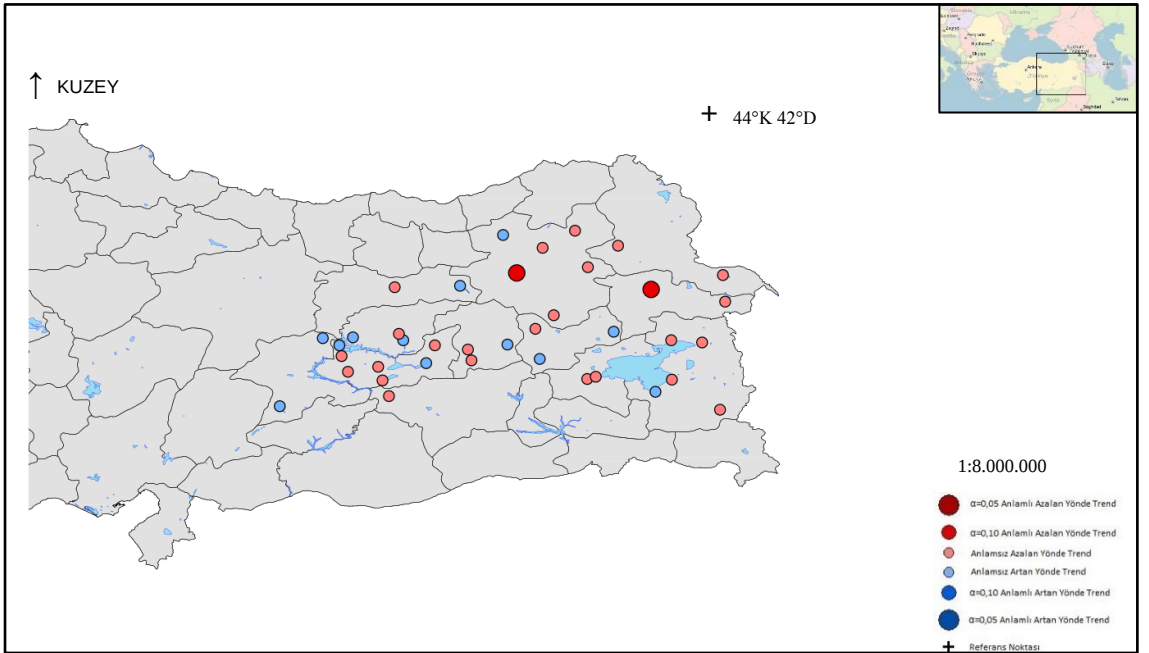
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Artan Yönde Trend	Mazgirt		D.Beyazıt	Oltu			Başkale İlspir		Ağın Ç.Gezek Varto			
Azalan Yönde Trend			Elazığ		Tercan	Erciş Mazgirt					Genç Tunceli Solhan	Palu Solhan

Çizelge 4.8. Mann-Kendall testi ile aylık toplam yağışların %90 güven aralığında trend analizi sonuçları

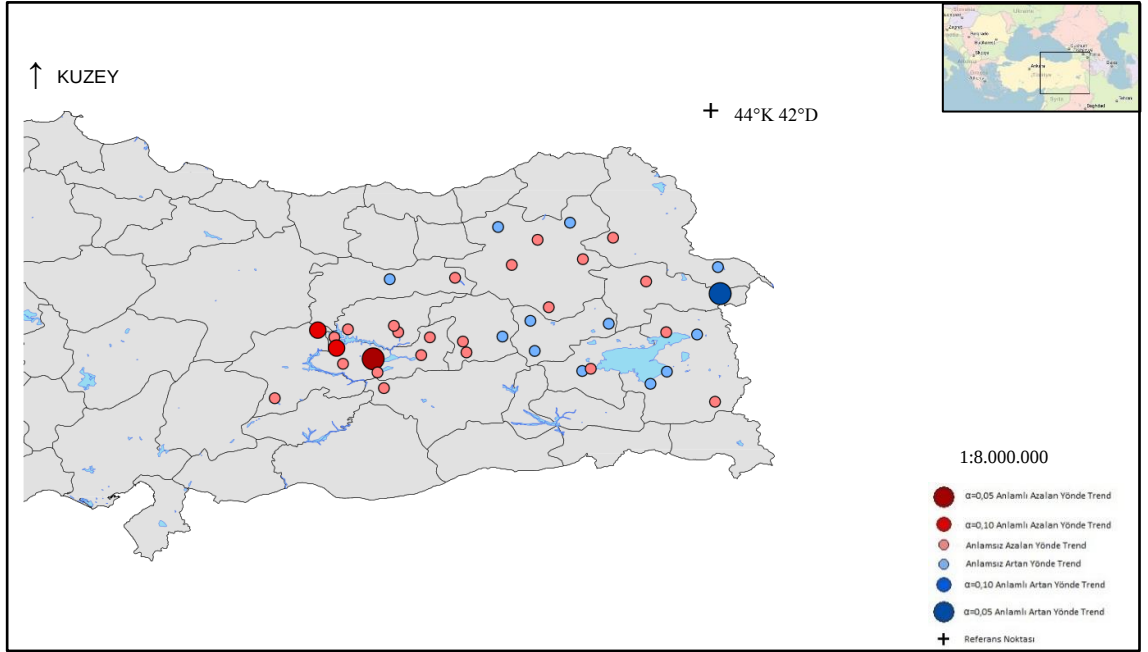
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Artan Yönde Trend	Mazgirt		D.Beyazıt	D.Beyazıt Oltu			Başkale Elazığ Erciş İspir Oltu	Hınıs Muş	Ağın Ç.Gezek Tunceli Van Varto			
										Erciş Gevaş	Ağın Genç	İspir Palu
											Tunceli	Solhan
Azalan Yönde Trend		Ağrı	Arapgir	Bingöl	Gevaş	Ağın						
		Erzurum	Elazığ Keban		K.Koçan Sivrice	Erciş Erzincan						



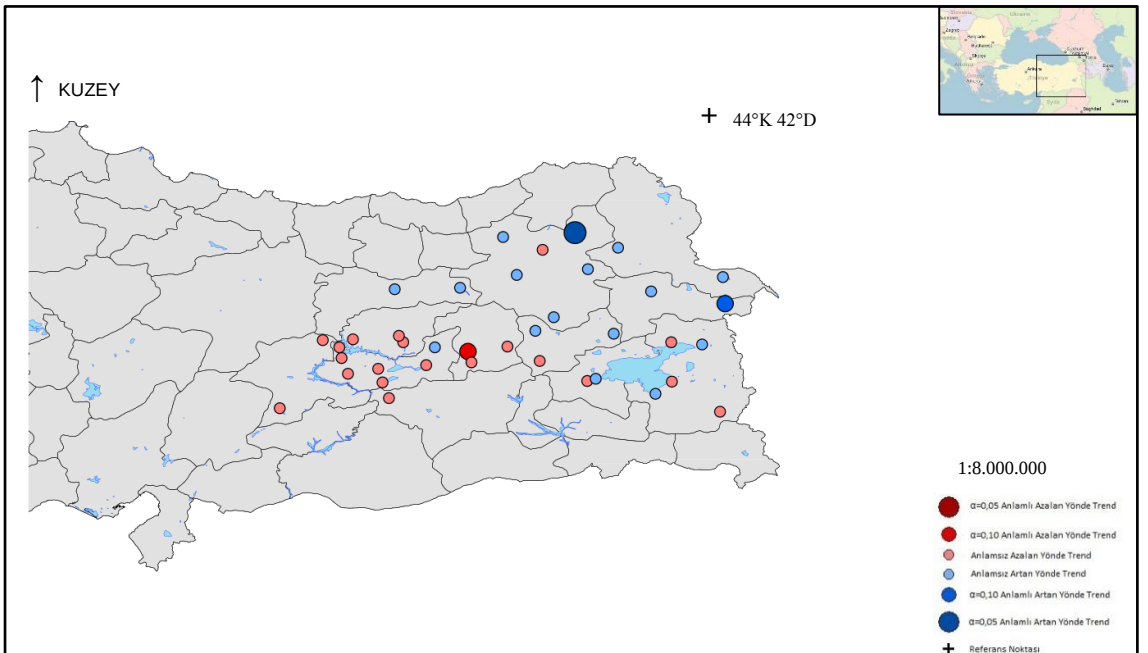
Şekil 4.5. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların Ocak ayı analizi



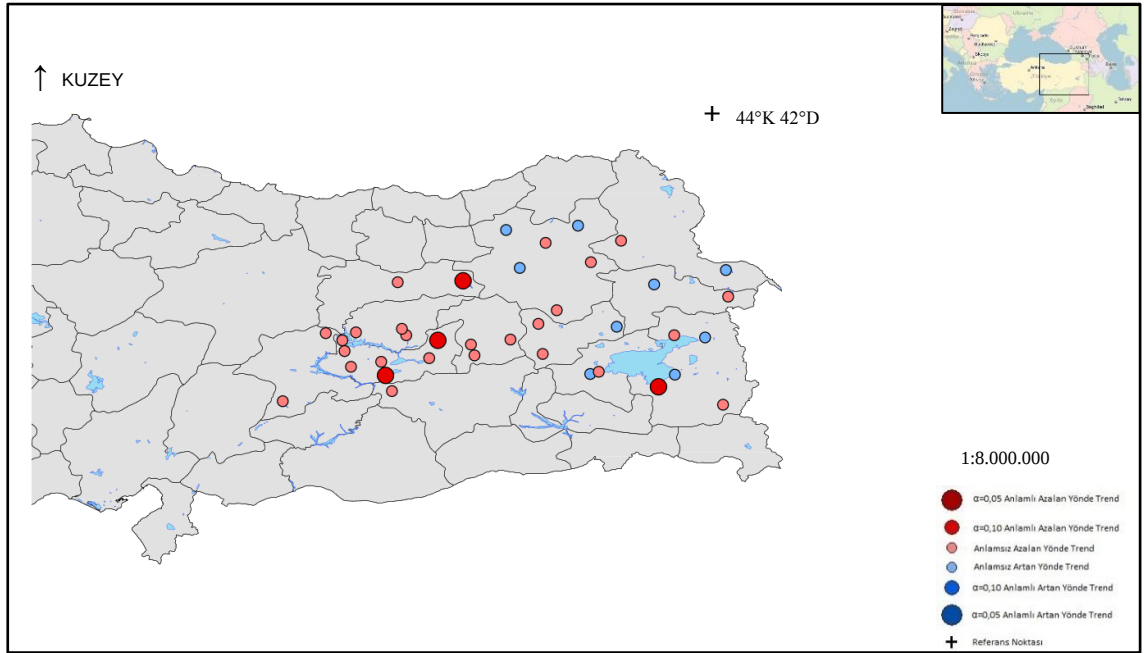
Şekil 4.6. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların Şubat ayı analizi



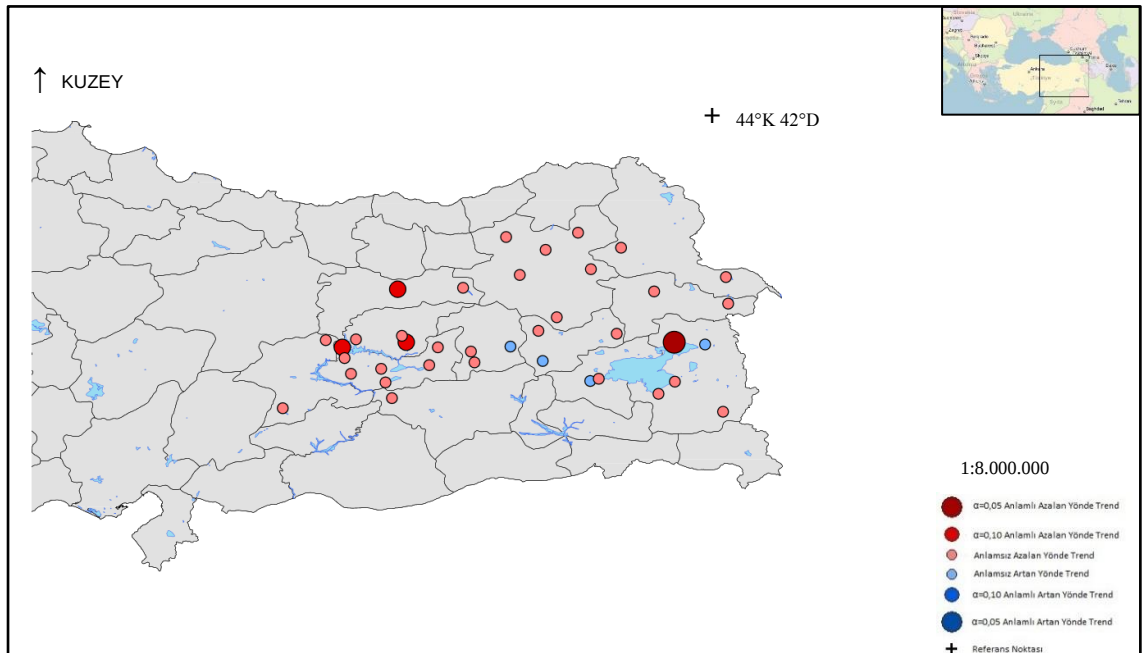
Şekil 4.7. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların Mart ayı analizi



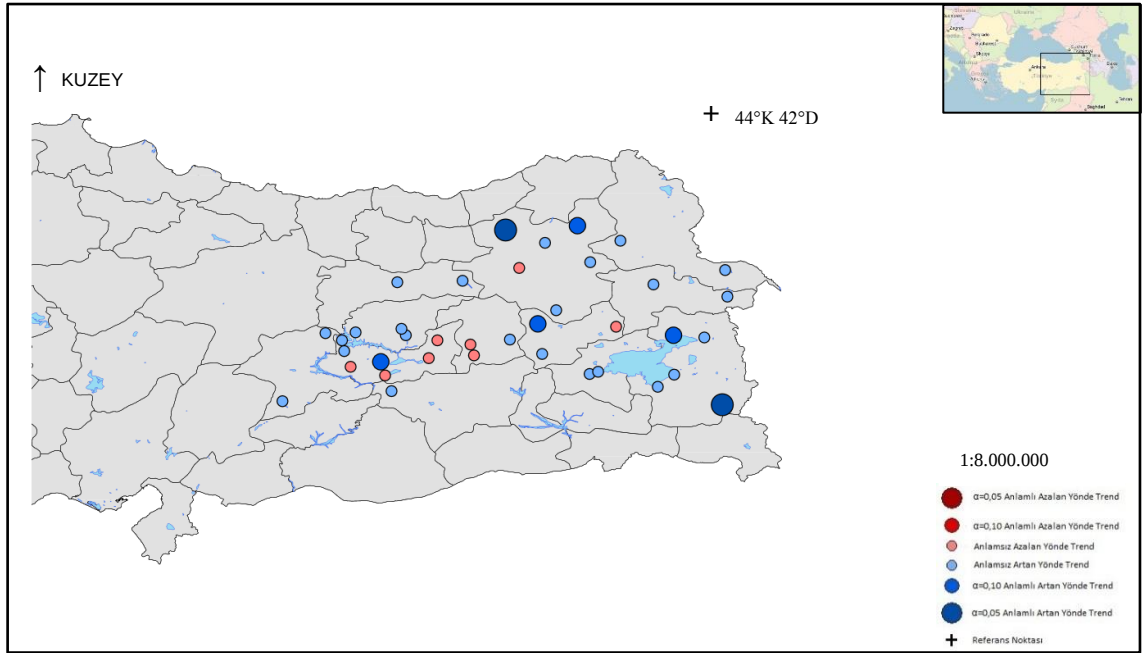
Şekil 4.8. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların Nisan ayı analizi



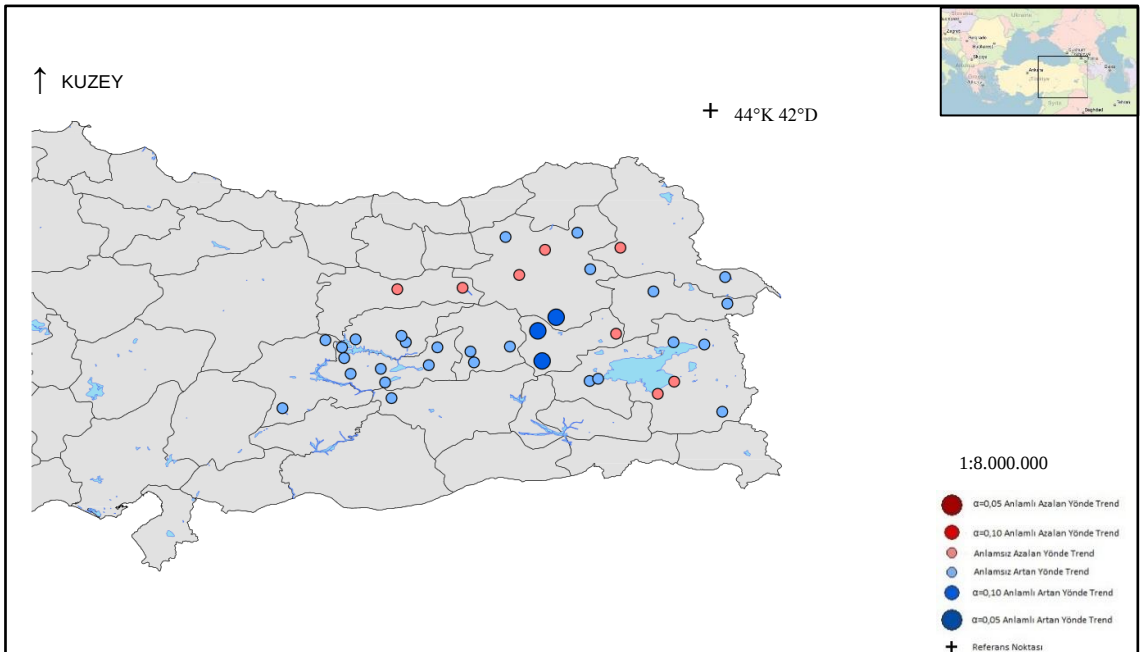
Şekil 4.9. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların Mayıs ayı analizi



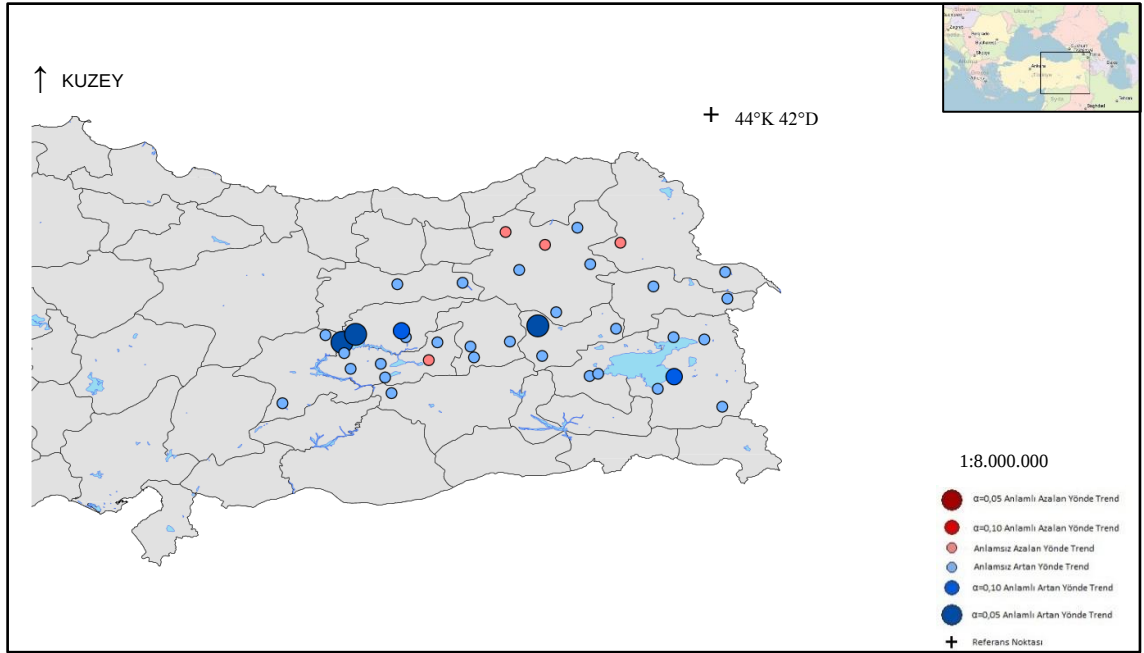
Şekil 4.10. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların Haziran ayı analizi



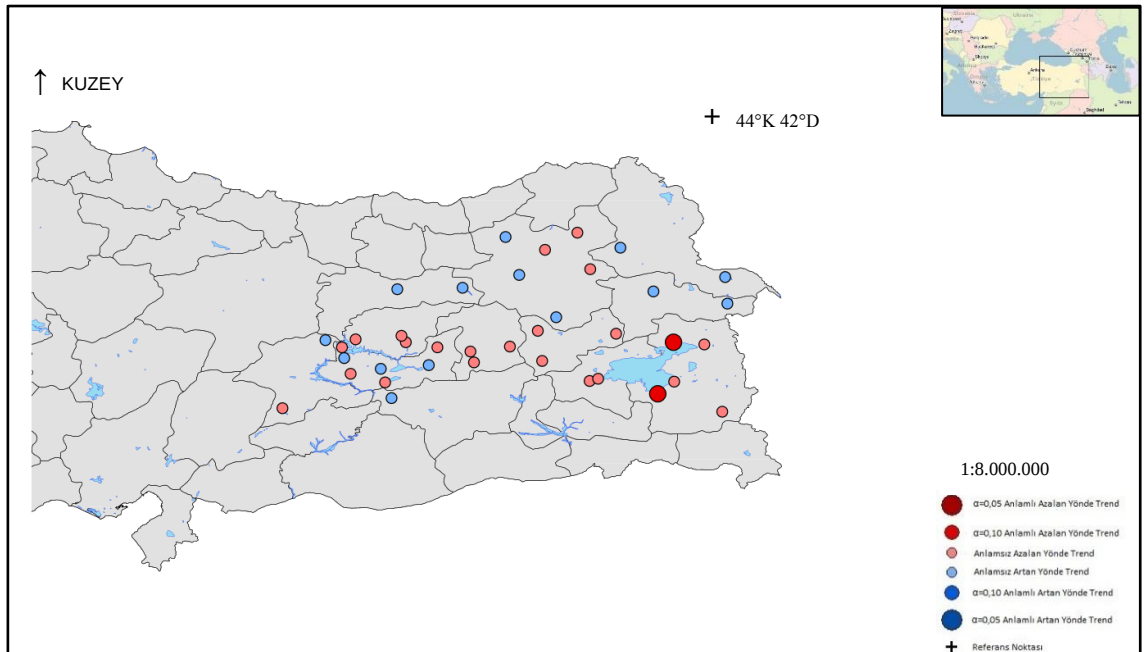
Şekil 4.11. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların Temmuz ayı analizi



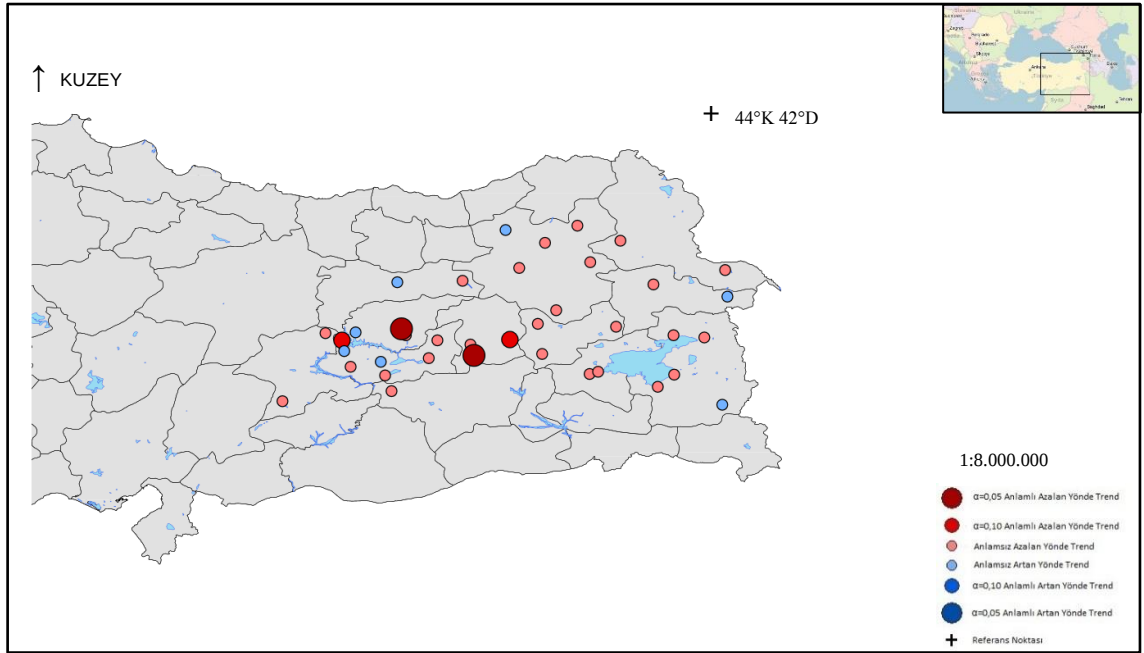
Şekil 4.12. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların Ağustos ayı analizi



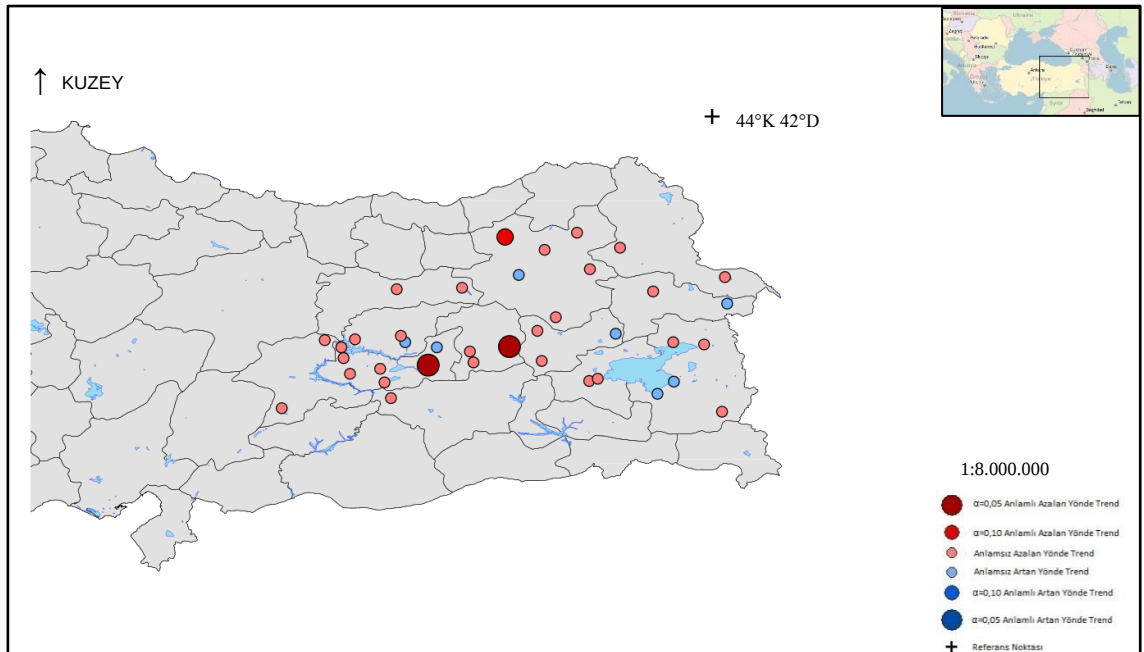
Şekil 4.13. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların Eylül ayı analizi



Şekil 4.14. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların Ekim ayı analizi



Şekil 4.15. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların Kasım ayı analizi



Şekil 4.16. Mann–Kendall testi ile aylık toplam yağışların Aralık ayı analizi

4.7.2. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların trend analizi

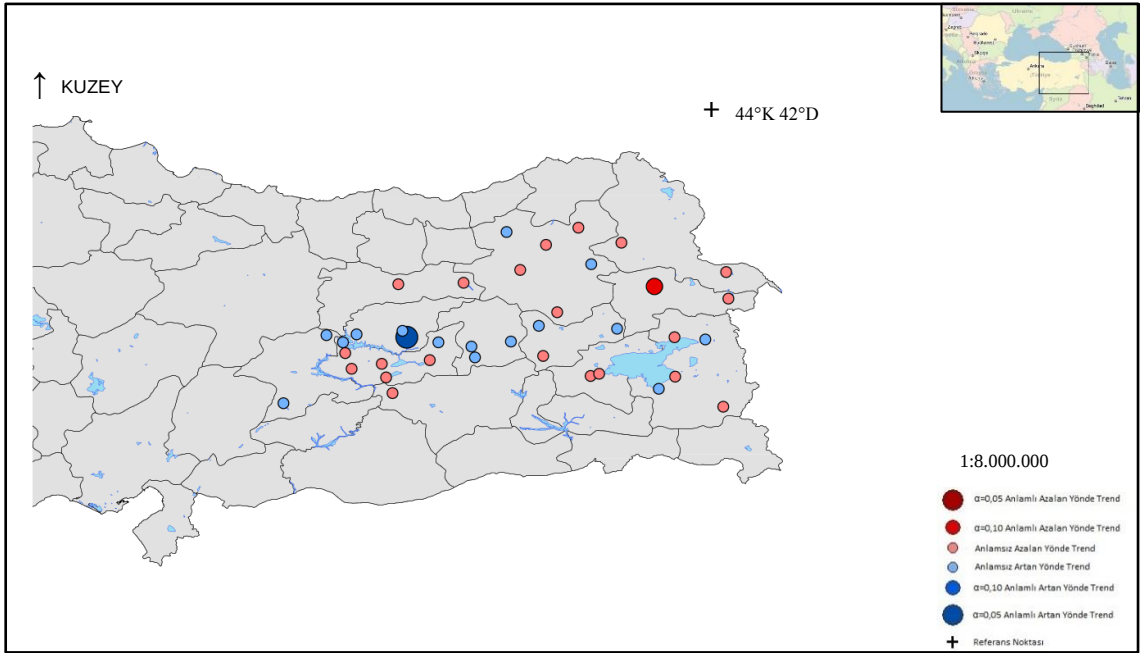
Spearman'ın rho testi yöntemiyle aylık toplam yağışların %95 güven aralığında trend analizi sonuçları Çizelge 4.9'de, %90 güven aralığında trend analizi sonuçları ise Çizelge 4.10.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların %95 güven aralığında trend analizi sonuçları

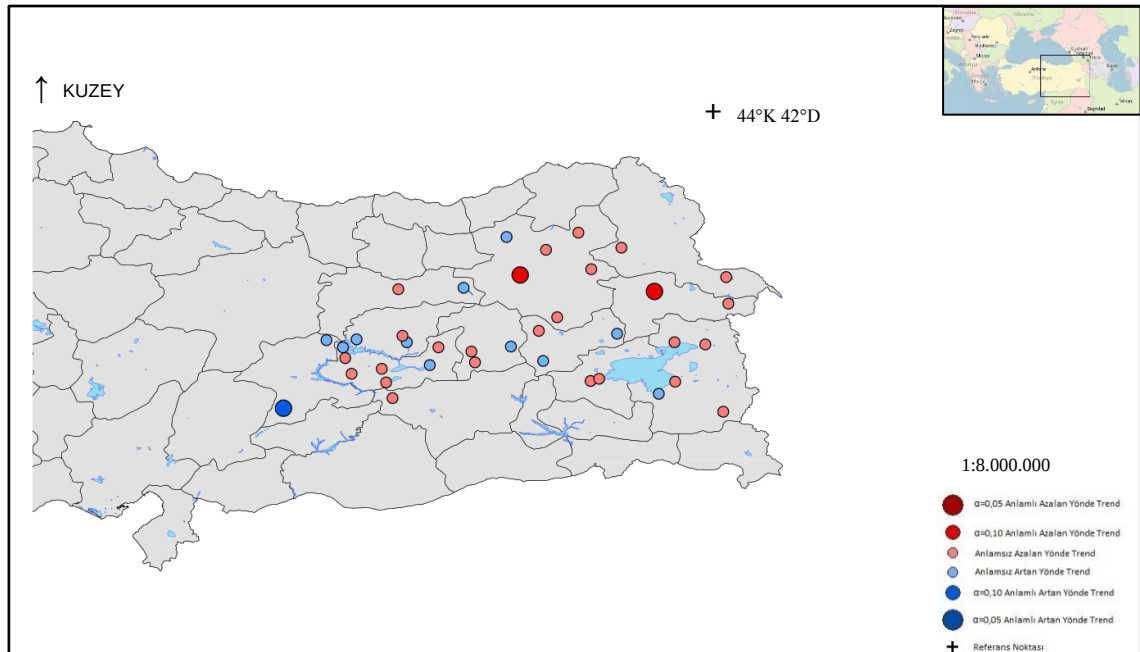
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Artan Yönde Trend	Mazgirt		D.Beyazıt	Oltu			Başkale D.Şehir Elazığ Erciş İspir Keban Tunceli	Ağın Bingöl Ç.Gezek D.Şehir Elazığ K.Koçan Keban Maden Mazgirt Muş Palu Sivrice Tunceli Varto	Ağın Baskil Ç.Gezek Van Varto			
Azalan Yönde Trend			Elazığ			Erciş					Genç	Palu Solhan

Çizelge 4.10. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışlarda %90 güven aralığında trend analizi sonuçları

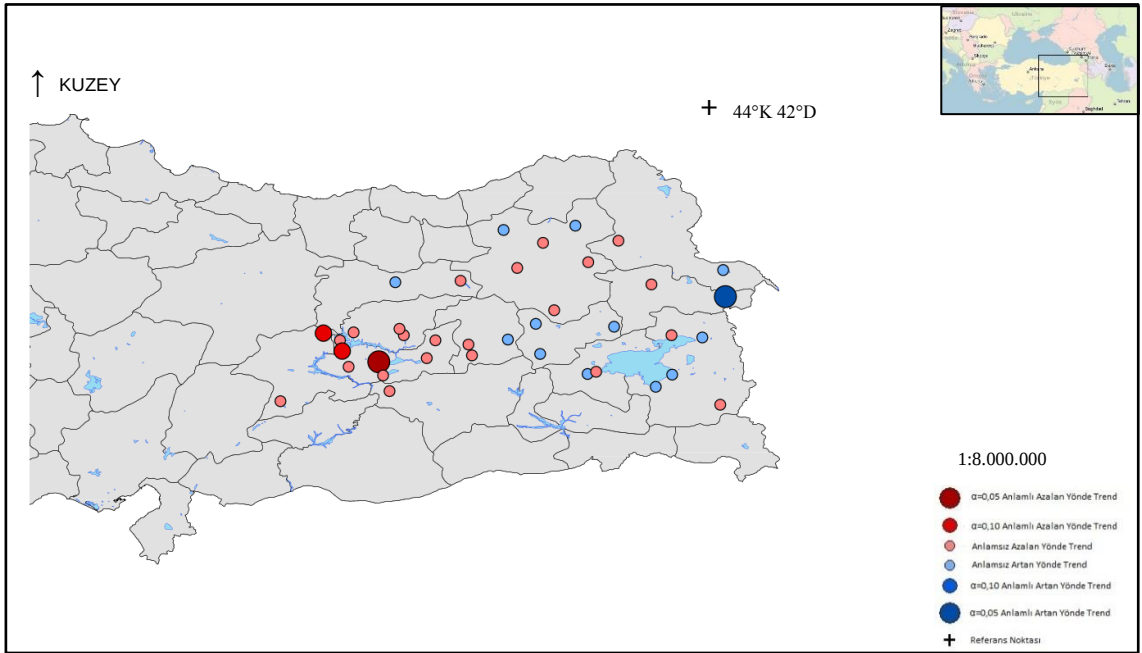
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Artan Yönde Trend	Mazgirt	D.Şehir	D.Beyazıt	D.Beyazıt Oltu			Başkale Ç.Gezek D.Şehir Elazığ Erciş İspir Keban Maden Oltu Tatvan Tunceli Varto	Ağın Baskil Bingöl Ç.Gezek D.Şehir Elazığ Genç Hınıs K.Koçan Keban Maden Mazgirt Muş Palu Sivrice Tatvan Tunceli Varto	Ağın Baskil Ç.Gezek Horasan Maden Muradiye Tunceli Van Varto			
Azalan Yönde Trend	Ağrı	Ağrı Erzurum	Arapgir Elazığ Keban		Gevaş K.Koçan Keban Tercan	Ağın Erciş Erzincan Mazgirt				Erciş	Ağın Genç Maden Solhan Tatvan Tunceli	İspir Palu Solhan Tercan



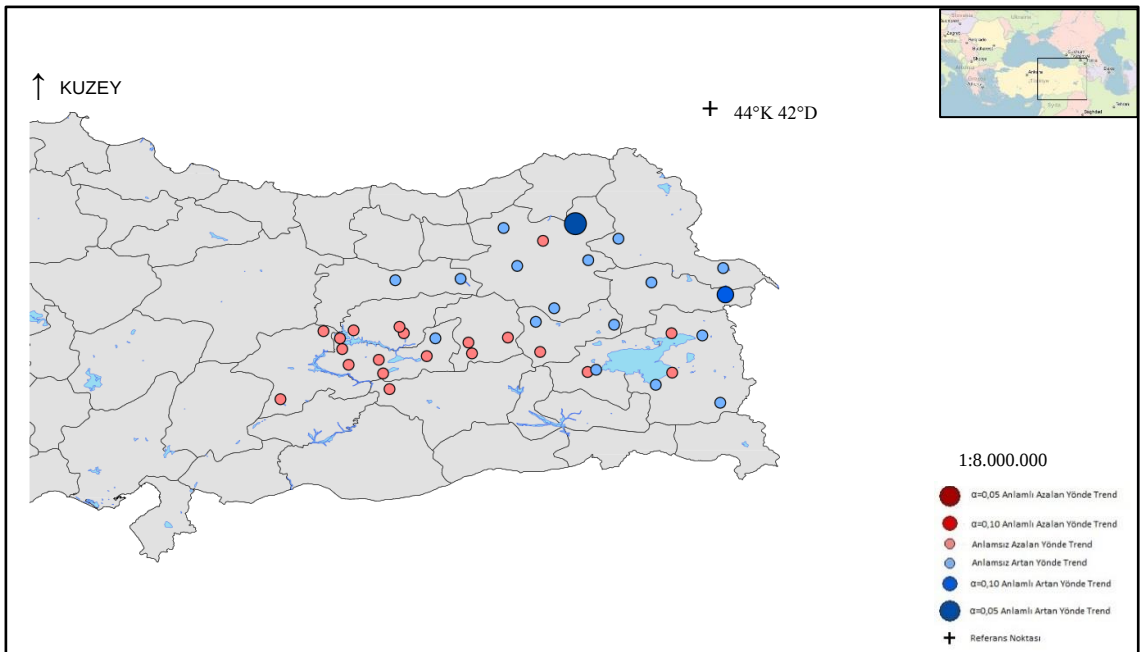
Şekil 4.17. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Ocak ayı analizi



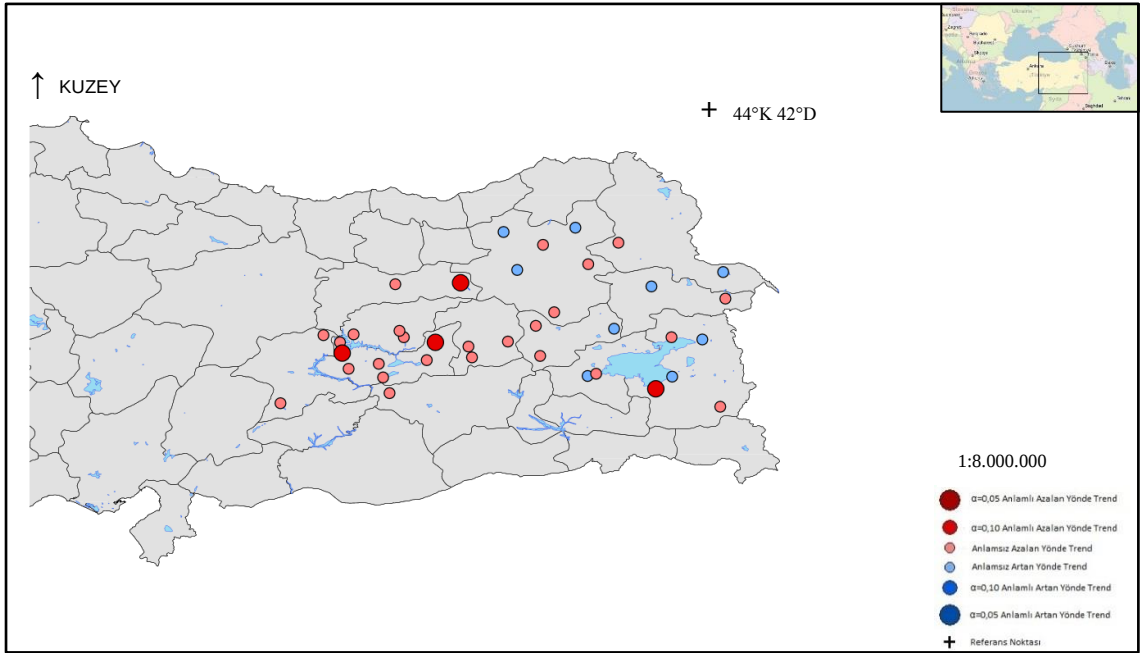
Şekil 4.18. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Şubat ayı analizi



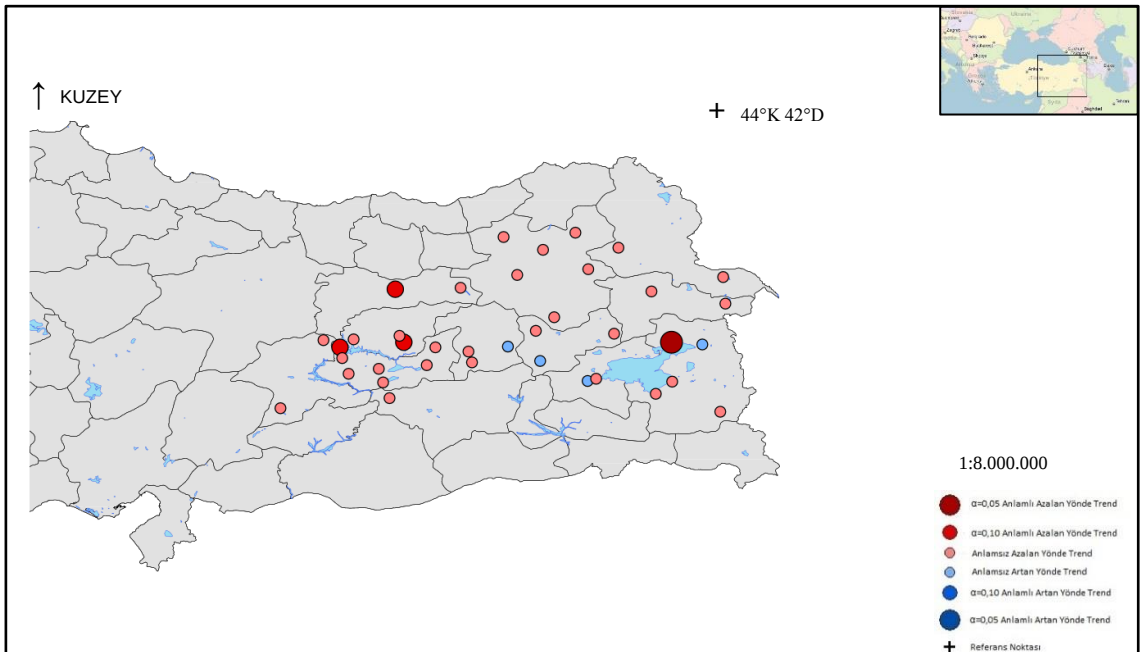
Şekil 4.19. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Mart ayı analizi



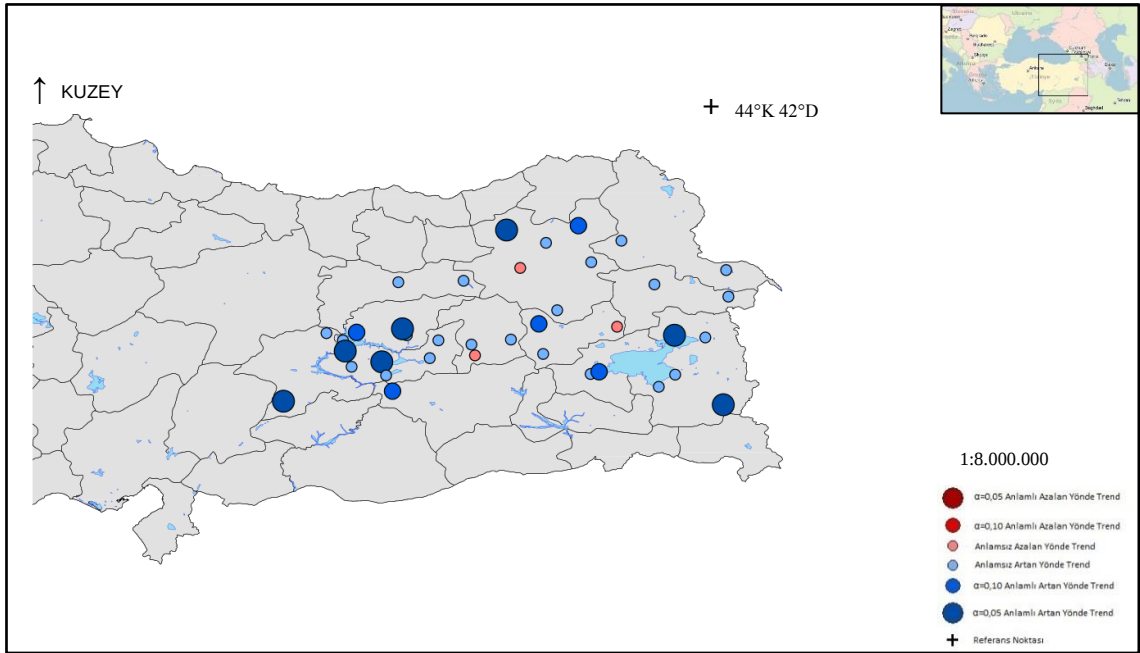
Şekil 4.20. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Nisan ayı analizi



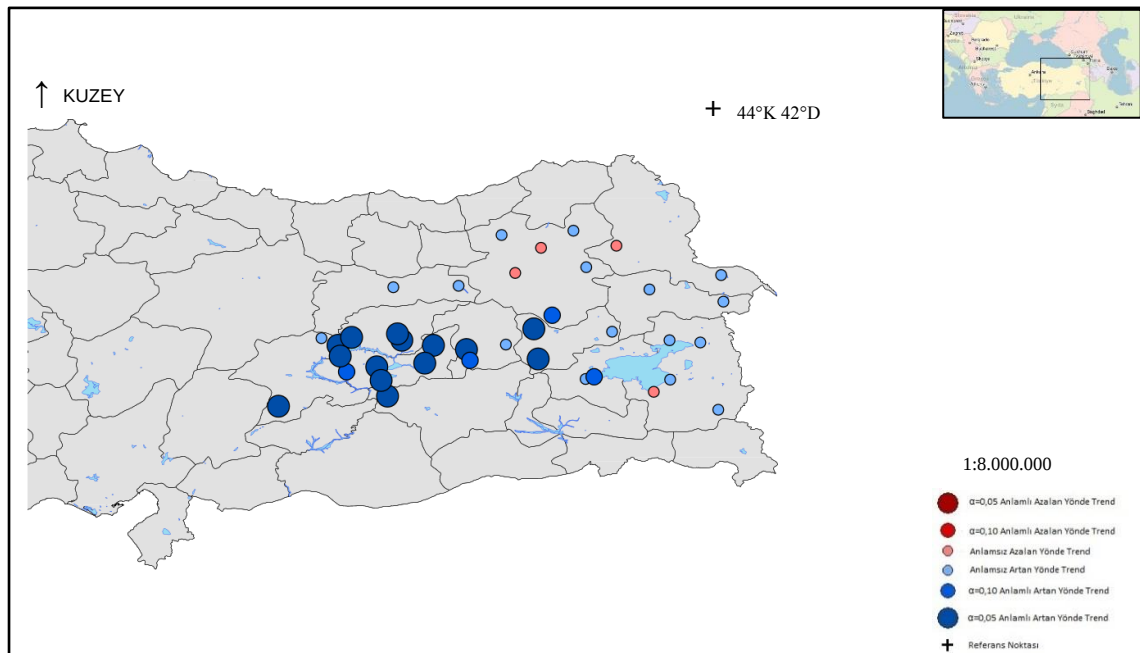
Şekil 4.21. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Mayıs ayı analizi



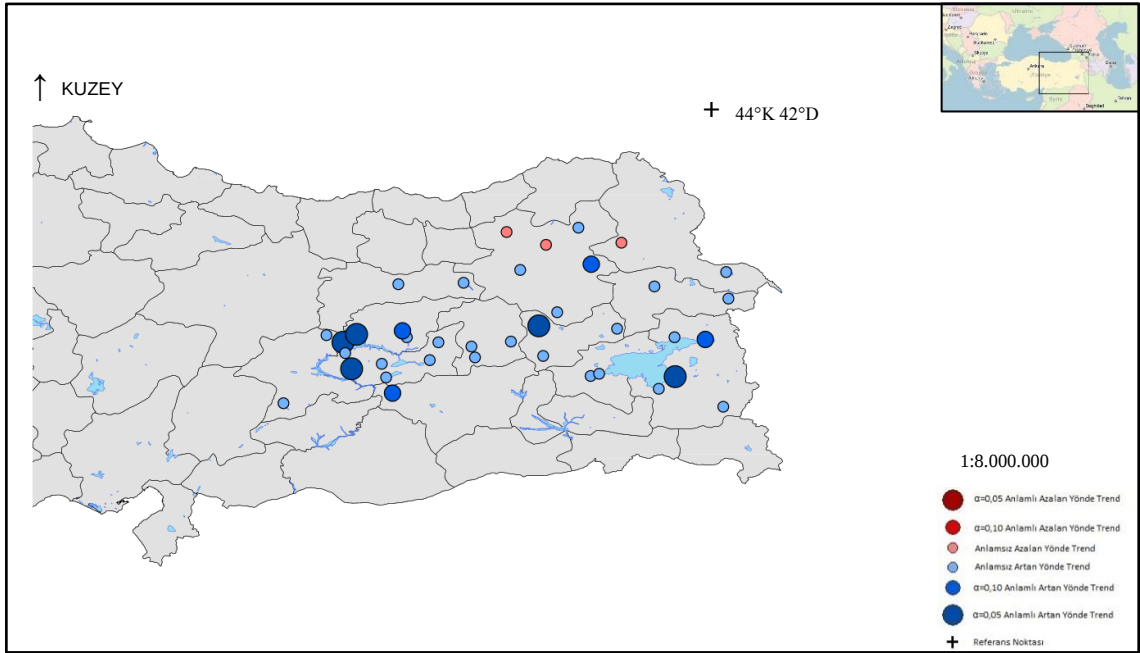
Şekil 4.22. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Haziran ayı analizi



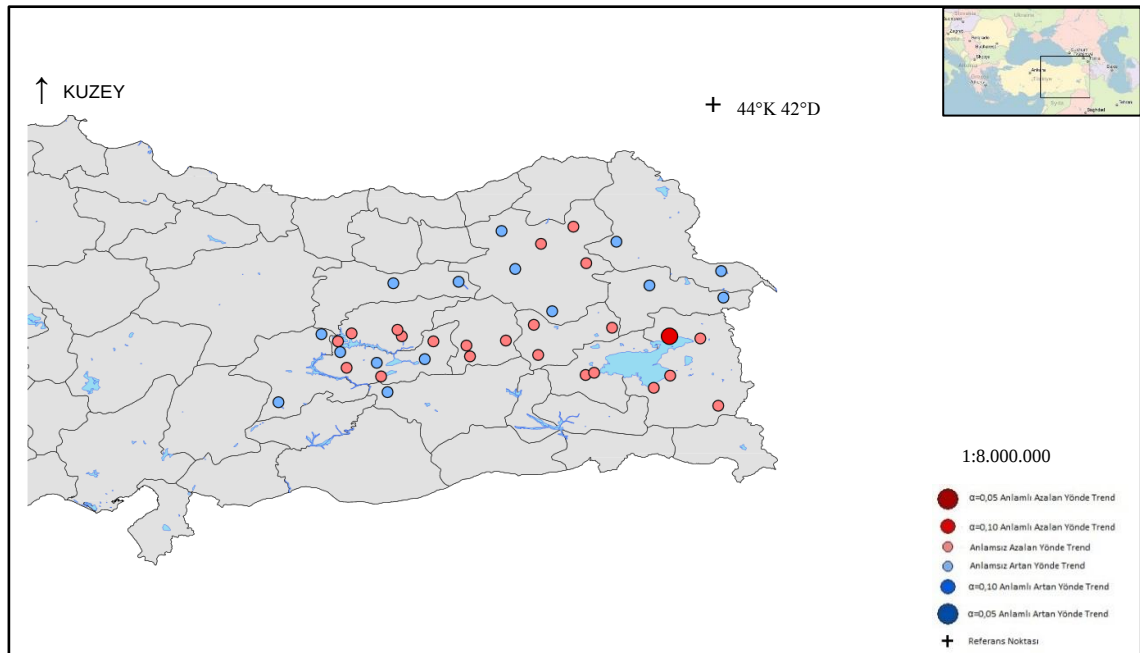
Şekil 4.23. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Temmuz ayı analizi



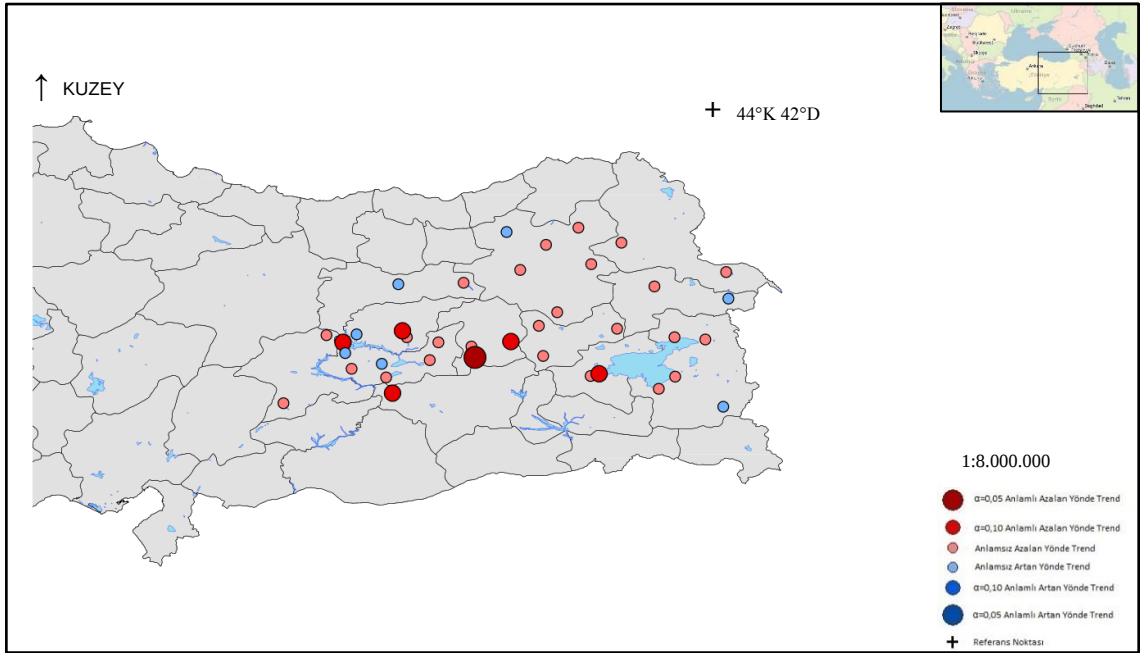
Şekil 4.24. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Ağustos ayı analizi



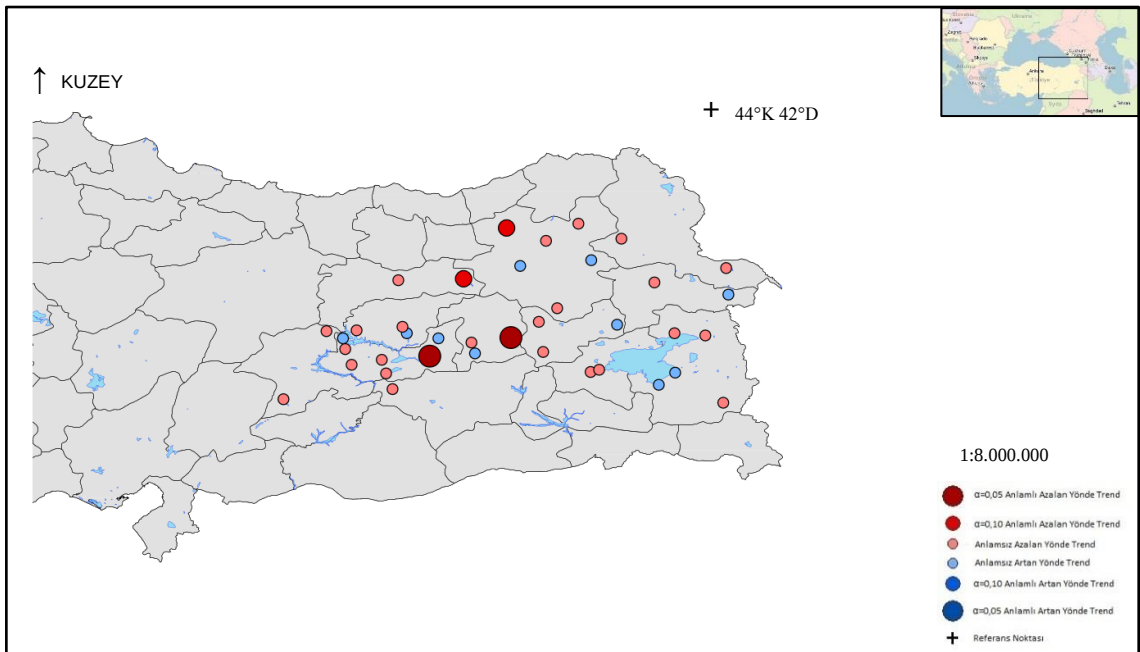
Şekil 4.25. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Eylül ayı analizi



Şekil 4.26. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Ekim ayı analizi



Şekil 4.27. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Kasım ayı analizi



Şekil 4.28. Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların Aralık ayı analizi

Mann–Kendall testi ve Spearman’ın rho testi ile yapılan, %90 güven aralığında ve %95 güven aralığında değerlendirilen trend analizi sonuçlarının her iki test yönteminin ortak sonucuna göre %90 güven aralığında; Ağın Yağış Gözlem İstasyonunda Haziran ve Kasım aylarında anlamlı bir azalma, Eylül ayında ise anlamlı bir artma, Ağrı Yağış Gözlem İstasyonunda Şubat ayında anlamlı bir azalma, Arapgir Yağış Gözlem İstasyonunda Mart ayında anlamlı bir azalma, Başkale Yağış Gözlem İstasyonunda Eylül ayında anlamlı bir artma, Çemişgezek Yağış Gözlem İstasyonunda Eylül ayında anlamlı bir artma, Doğubeyazıt Yağış Gözlem İstasyonunda Mart ve Nisan aylarında anlamlı bir artma, Elazığ Yağış Gözlem İstasyonunda Mart ayında anlamlı bir azalma, Temmuz ayında anlamlı bir artma, Erciş Yağış Gözlem İstasyonunda Haziran ve Ekim aylarında anlamlı bir azalma, Temmuz ayında anlamlı bir artma, Erzincan Yağış Gözlem İstasyonunda Haziran ayında anlamlı bir azalma, Erzurum Yağış Gözlem İstasyonunda Şubat ayında anlamlı bir azalma, Genç Yağış Gözlem İstasyonunda Kasım ayında anlamlı bir azalma, Gevaş Yağış Gözlem İstasyonunda Mayıs ayında anlamlı bir azalma, Hınıs Yağış Gözlem İstasyonunda Ağustos ayında anlamlı bir artma, İspir Yağış Gözlem İstasyonunda Temmuz ayında anlamlı bir artma, Karakoçan Yağış Gözlem İstasyonunda Mayıs ayında anlamlı bir azalma, Keban Yağış Gözlem İstasyonunda Mart ayında anlamlı bir azalma, Mazgirt Yağış Gözlem İstasyonunda Haziran ayında anlamlı bir azalma, Ocak ayında anlamlı bir artma, Muş Yağış Gözlem İstasyonunda Ağustos ayında anlamlı bir artma, Oltu Yağış Gözlem İstasyonunda Nisan ve Temmuz aylarında anlamlı bir artma, Solhan Yağış Gözlem İstasyonunda Kasım ve Aralık aylarında anlamlı bir azalma, Tercan Yağış Gözlem İstasyonunda Mayıs ayında anlamlı bir azalma, Tunceli Yağış Gözlem İstasyonunda Eylül ayında anlamlı bir artma, Kasım ayında anlamlı bir azalma, Van Yağış Gözlem İstasyonunda Eylül ayında anlamlı bir artma, Varto Yağış Gözlem İstasyonunda Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında anlamlı bir artma görülmüştür. %95 güven aralığında ise Ağın Yağış Gözlem İstasyonunda Eylül ayında anlamlı bir artma, Başkale Yağış Gözlem İstasyonunda Temmuz ayında anlamlı bir artma, Çemişgezek Yağış Gözlem İstasyonunda Eylül ayında anlamlı bir artma, Doğubeyazıt Yağış Gözlem İstasyonunda Mart ayında anlamlı bir artma, Elazığ Yağış Gözlem İstasyonunda Mart ayında anlamlı bir azalma, Erciş Yağış Gözlem İstasyonunda Haziran ayında anlamlı bir azalma, Genç Yağış Gözlem İstasyonunda Kasım ayında anlamlı bir azalma, İspir Yağış Gözlem İstasyonunda

Temmuz ayında anlamlı bir artma, Mazgirt Yağış Gözlem İstasyonunda Ocak ayında anlamlı bir artma, Oltu Yağış Gözlem İstasyonunda Nisan ayında anlamlı bir artma, Solhan Yağış Gözlem İstasyonunda Aralık ayında anlamlı bir azalma, Varto Yağış Gözlem İstasyonunda Eylül ayında anlamlı bir artma görülmüştür.

Yıllık bazda trend tespit edilen yağış gözlem istasyonlarından Ağın Yağış Gözlem İstasyonunda %90 güven aralığında Haziran ve Kasım ayında anlamlı bir azalma, Eylül ayında anlamlı bir artma; %95 güven aralığında ise Eylül ayında anlamlı bir artma görülmüştür. Elazığ Yağış Gözlem İstasyonunda %90 güven aralığında Mart ayında anlamlı bir azalma, Temmuz ayında anlamlı bir artma; %95 güven aralığında ise Mart ayında anlamlı bir azalma görülmüştür. Erciş Yağış Gözlem İstasyonunda %90 güven aralığında Haziran ve Ekim aylarında anlamlı bir azalma, Temmuz ayında artma; %95 güven aralığında Haziran ayında anlamlı bir azalma görülmüştür. Baskil Yağış Gözlem İstasyonu, Doğanşehir Yağış Gözlem İstasyonu ve Sivrice Yağış Gözlem İstasyonunda ise aylık bazda anlamlı bir trendin varlığına rastlanmamıştır.

4.7.3. Sen'in eğim metodu ile aylık toplam yağışların eğimi

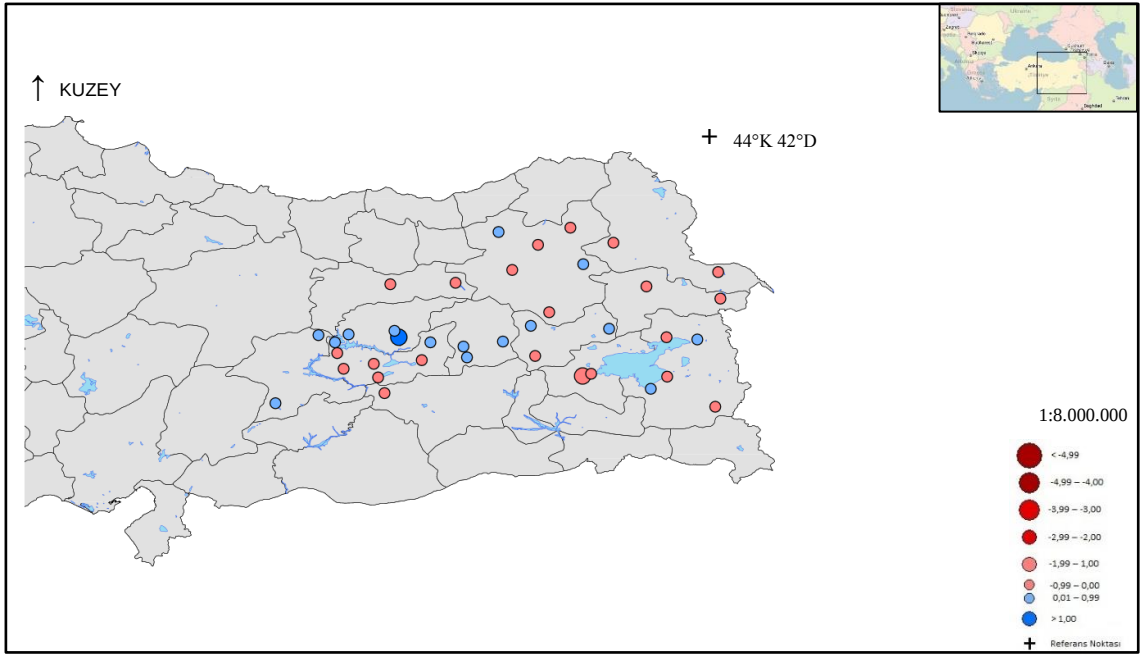
Mann–Kendall testi ve Spearman'ın rho testi ile aylık toplam yağışların trendi araştırılmış, %95 ve %90 güven aralığında gösterilmiştir. Sen'in eğim metodu ile 38 adet yağış gözlem istasyonunun aylık toplam yağışlarının eğimleri belirlenmiş aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Çizelge 4.11.1. Sen'in eğitim metodu ile istasyonların trend eğimi

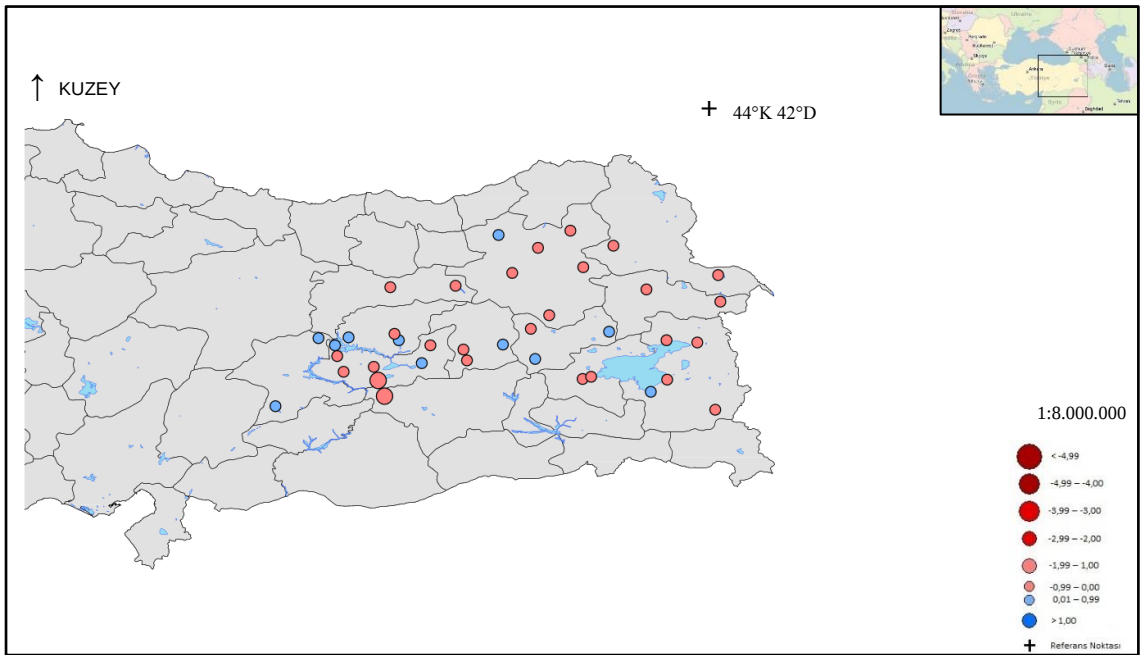
	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
1 AĞIN	0,120	0,073	-0,700	-0,348	-0,492	-0,446	0,000	0,000	0,138	-0,431	-1,343	-0,010
2 AĞRI	-0,339	-0,373	-0,273	0,318	0,300	-0,039	0,050	0,025	0,113	0,089	-0,167	-0,220
3 ARAPGİR	0,114	0,050	-0,929	-0,670	-0,048	-0,100	0,000	0,000	0,067	0,322	-0,352	-0,686
4 BASKİL	-0,288	-0,147	-0,540	-0,206	-0,625	-0,157	0,000	0,000	0,104	-0,224	-0,671	-0,150
5 BAŞKALE	-0,050	-0,073	-0,250	0,000	-0,231	-0,117	0,252	0,008	0,000	-0,470	0,118	-0,206
6 BİNGÖL	0,005	-0,163	-0,324	-0,955	-0,171	-0,038	0,000	0,006	0,021	-0,152	-0,471	-0,335
7 BİTLİS	-1,148	-0,661	0,268	-1,077	0,016	0,143	0,018	0,000	0,080	-0,827	-0,120	-0,935
8 ÇEMİŞGEZEK	0,120	0,100	-0,781	-0,653	-0,058	-0,159	0,000	0,000	0,075	-0,181	0,240	-0,320
9 DOĞANŞEHİR	0,135	0,482	-0,584	-0,643	-0,500	-0,070	0,000	0,000	0,042	-0,258	-0,356	-0,479
10 DOĞUBEYAZIT	-0,018	-0,017	0,294	0,507	-0,133	-0,271	0,236	0,050	0,045	0,071	0,197	0,105
11 ELAZIĞ	-0,231	-0,191	-0,640	-0,313	-0,224	-0,039	0,000	0,000	0,041	0,136	0,035	-0,328
12 ERCİŞ	-0,021	-0,146	-0,047	-0,168	-0,365	-0,464	0,123	0,000	0,024	-0,615	-0,570	-0,364
13 ERZİNCAN	-0,065	-0,083	0,111	0,160	-0,282	-0,218	0,031	0,000	0,115	0,045	0,087	-0,206
14 ERZURUM	-0,123	-0,213	-0,056	0,322	0,117	-0,351	-0,098	-0,036	0,065	0,380	-0,137	0,028
15 GENÇ	0,814	-0,718	-1,285	-0,638	-0,945	-0,300	-0,026	0,000	0,078	-0,795	-2,155	-0,067
16 GEVAŞ	0,605	0,025	0,109	0,160	-1,191	-0,176	0,138	0,000	0,135	-0,964	-1,047	0,079
17 HINIS	-0,058	-0,067	-0,196	0,309	-0,190	-0,137	0,099	0,100	0,094	0,116	-0,295	-0,082
18 HORASAN	0,071	-0,190	-0,021	0,423	-0,290	-0,145	0,327	0,173	0,220	-0,069	-0,232	-0,005
19 İĞDIR	-0,006	-0,081	0,056	0,276	0,244	-0,023	0,067	0,025	0,018	0,023	-0,042	-0,056

Çizelge 4.11. (devam)

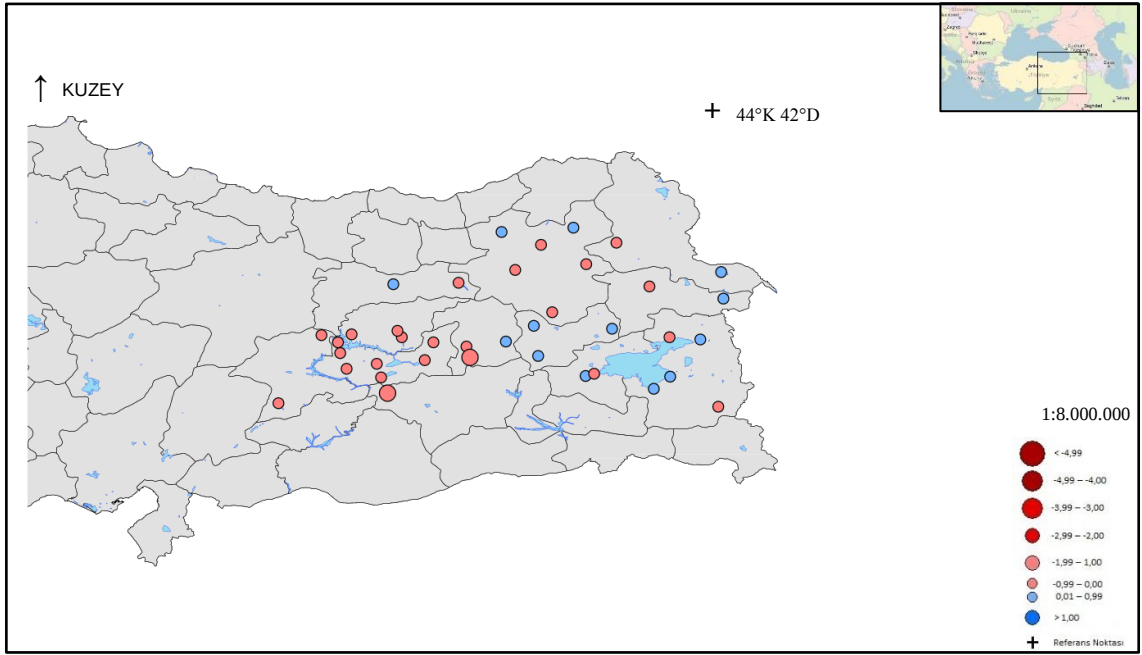
	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
20 İSPİR	0,062	0,083	0,244	0,257	0,069	-0,114	0,426	0,030	-0,081	0,456	0,147	-0,421
21 KARAKOÇAN	0,375	-0,458	-0,133	0,738	-1,560	-0,107	0,000	0,000	0,197	-0,193	-1,000	0,150
22 KEBAN	-0,200	-0,211	-0,458	-0,397	-0,491	-0,162	0,000	0,000	0,010	0,100	0,096	-0,147
23 MADEN	-0,321	-1,800	-1,200	-0,869	-0,771	-0,164	0,000	0,000	0,056	0,721	-1,594	-1,305
24 MALAZGİRT	0,088	0,052	0,193	0,516	0,029	-0,172	-0,025	0,000	0,054	-0,323	-0,080	0,068
25 MAZGİRT	1,679	0,531	-0,165	-0,315	-0,841	-0,406	0,000	0,000	0,134	-1,009	-2,000	0,463
26 MURADIYE	0,207	-0,015	0,418	0,233	0,066	0,105	0,190	0,000	0,121	-0,176	-0,025	-0,067
27 MUŞ	-0,192	0,110	0,148	-0,300	-0,077	0,015	0,008	0,013	0,003	-0,359	-0,738	-0,544
28 OLTU	-0,139	-0,050	0,228	0,458	0,088	-0,176	0,400	0,054	0,122	-0,040	-0,204	-0,165
29 PALU	-0,374	0,145	-0,222	-0,097	-0,455	-0,051	0,000	0,000	0,000	0,168	-0,632	-0,708
30 SARIKAMIŞ	-0,069	-0,314	-0,171	0,210	-0,363	-0,532	0,159	-0,110	-0,073	0,138	-0,313	-0,319
31 SİVRİCE	-0,256	-1,013	-0,628	-0,747	-0,900	-0,273	0,000	0,000	0,096	-0,242	-0,560	-1,238
32 SOLHAN	0,248	0,423	0,346	-0,546	-0,085	0,112	0,014	0,000	0,080	-0,310	-0,868	-1,062
33 TATVAN	-0,559	-0,475	-0,076	0,461	-0,068	-0,094	0,072	0,000	0,030	-0,631	-1,043	-0,636
34 TERCAN	-0,159	0,000	-0,227	0,183	-0,530	-0,123	0,133	0,000	0,071	0,276	-0,253	-0,332
35 TORTUM	-0,123	-0,160	-0,150	-0,054	-0,167	-0,375	0,296	-0,069	-0,073	-0,067	-0,258	-0,225
36 TUNCELİ	0,600	-0,111	-0,993	-0,591	-0,488	-0,098	0,000	0,000	0,127	-0,060	-1,188	-1,350
37 VAN	-0,004	-0,083	0,133	-0,268	0,086	-0,036	0,007	0,000	0,000	-0,100	-0,157	0,176
38 VARTO	0,008	-0,364	0,481	0,094	-0,317	-0,250	0,275	0,200	0,329	0,008	-1,114	-0,150



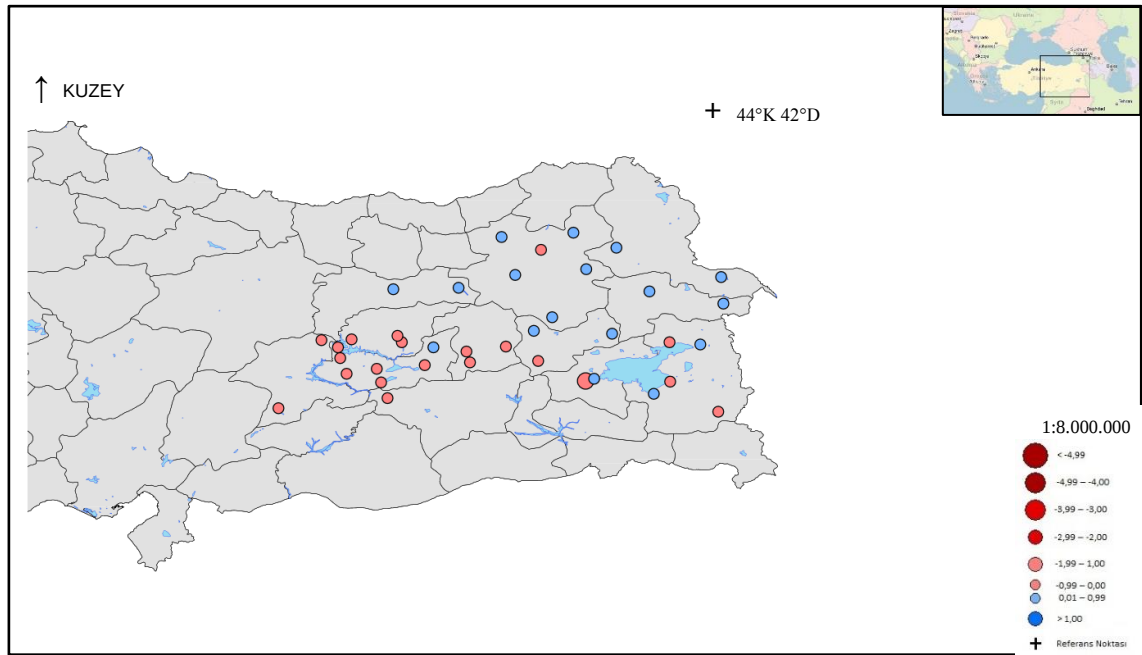
Şekil 4.29. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Ocak ayı eğimleri



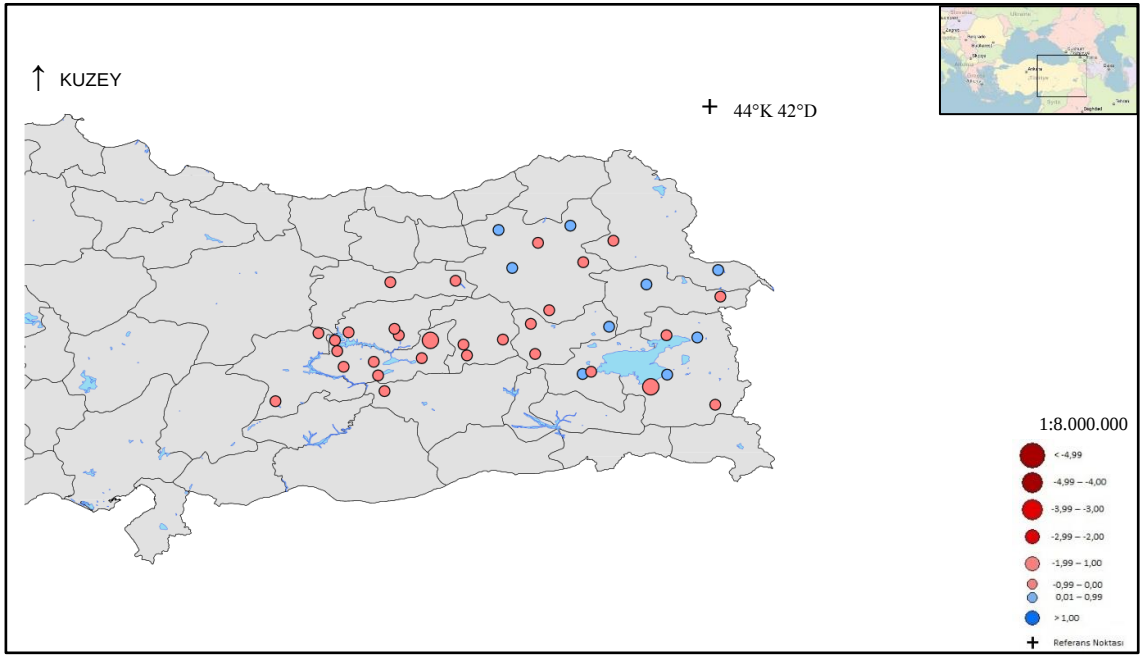
Şekil 4.30. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Şubat ayı eğimleri



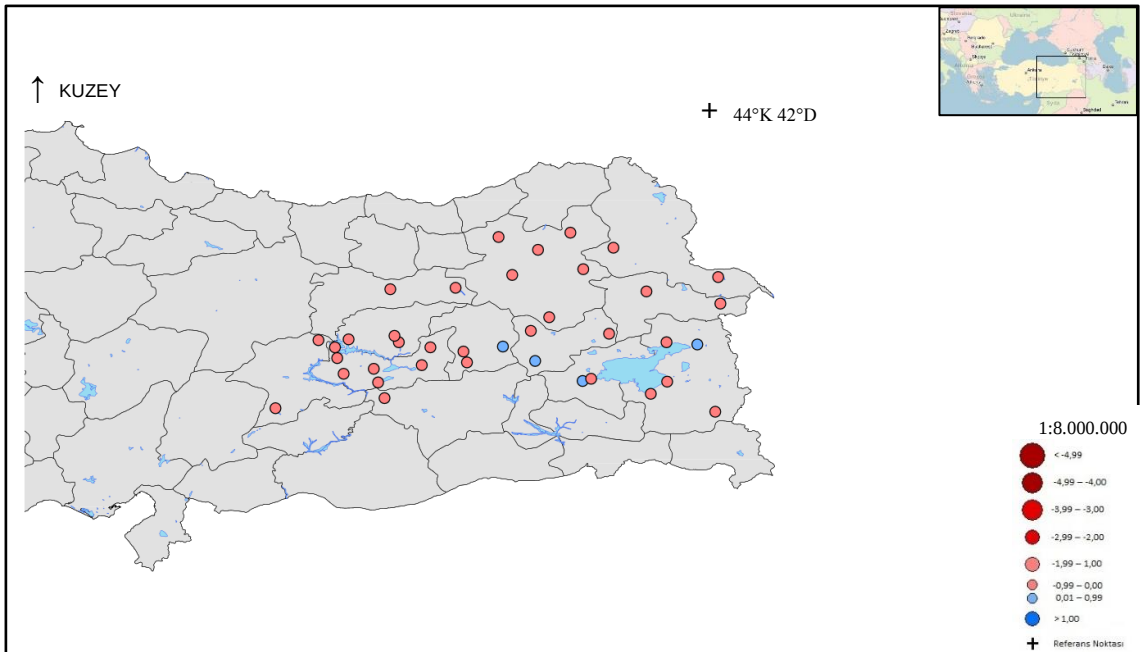
Şekil 4.31. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Mart ayı eğimleri



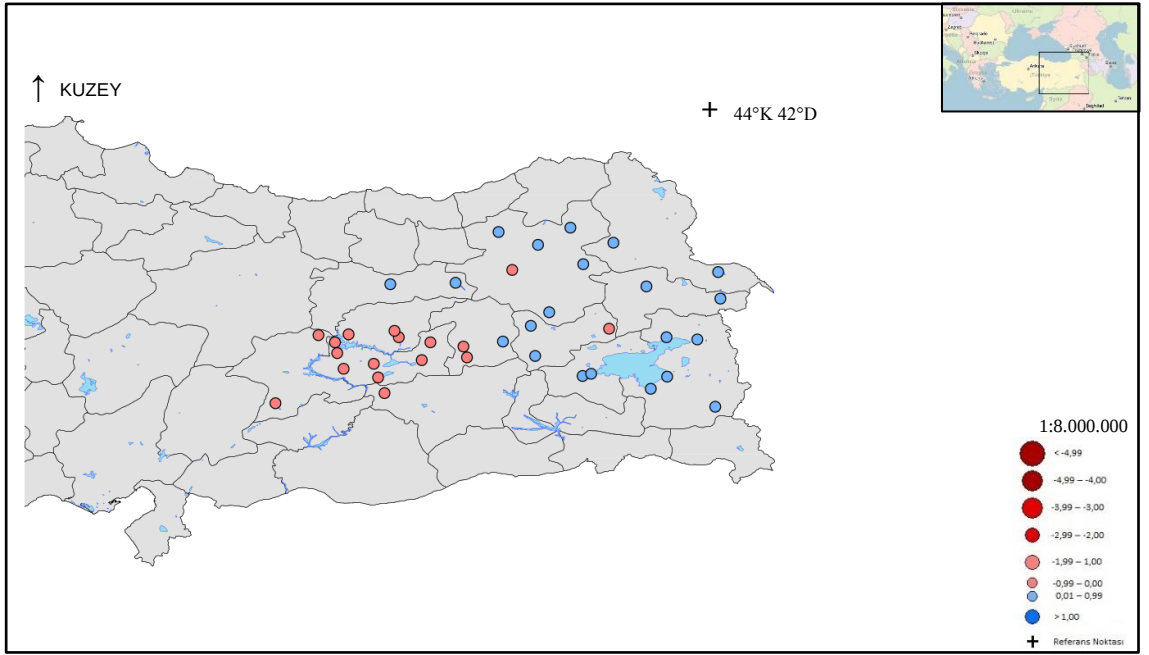
Şekil 4.32. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Nisan ayı eğimleri



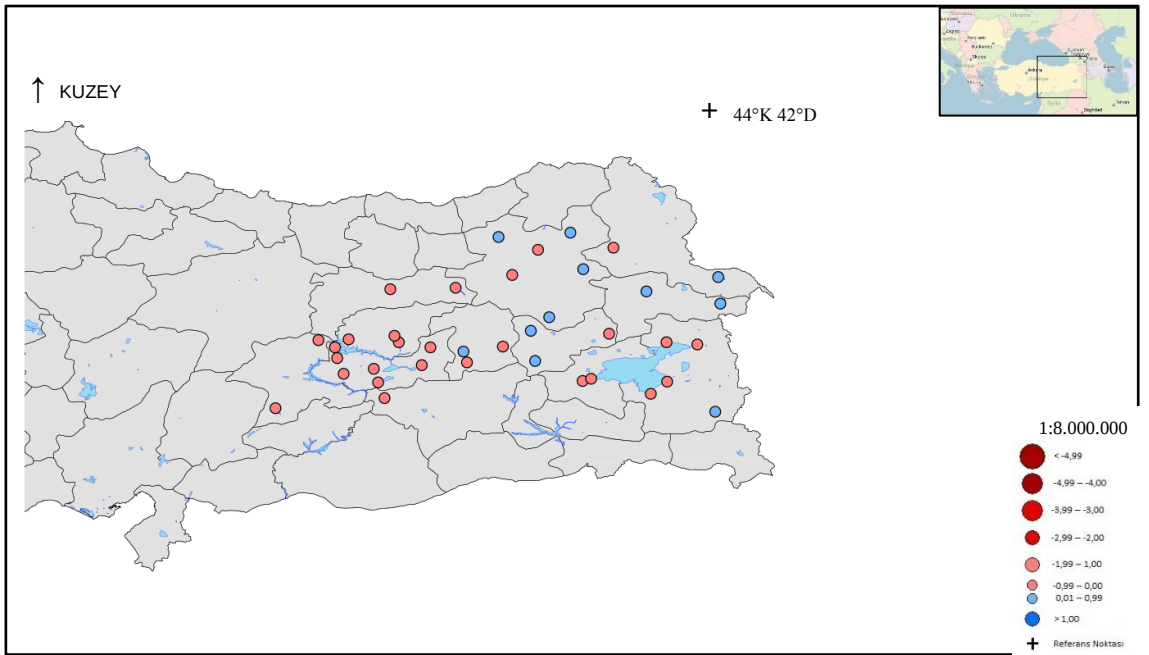
Şekil 4.33. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Mayıs ayı eğimleri



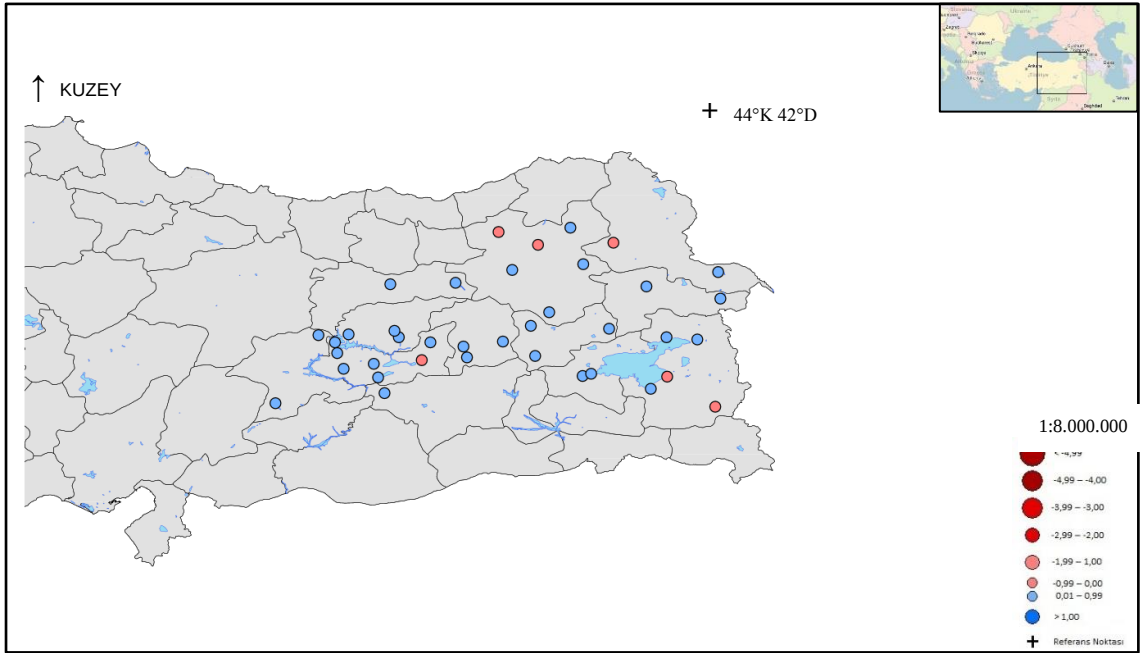
Şekil 4.34. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Haziran ayı eğimleri



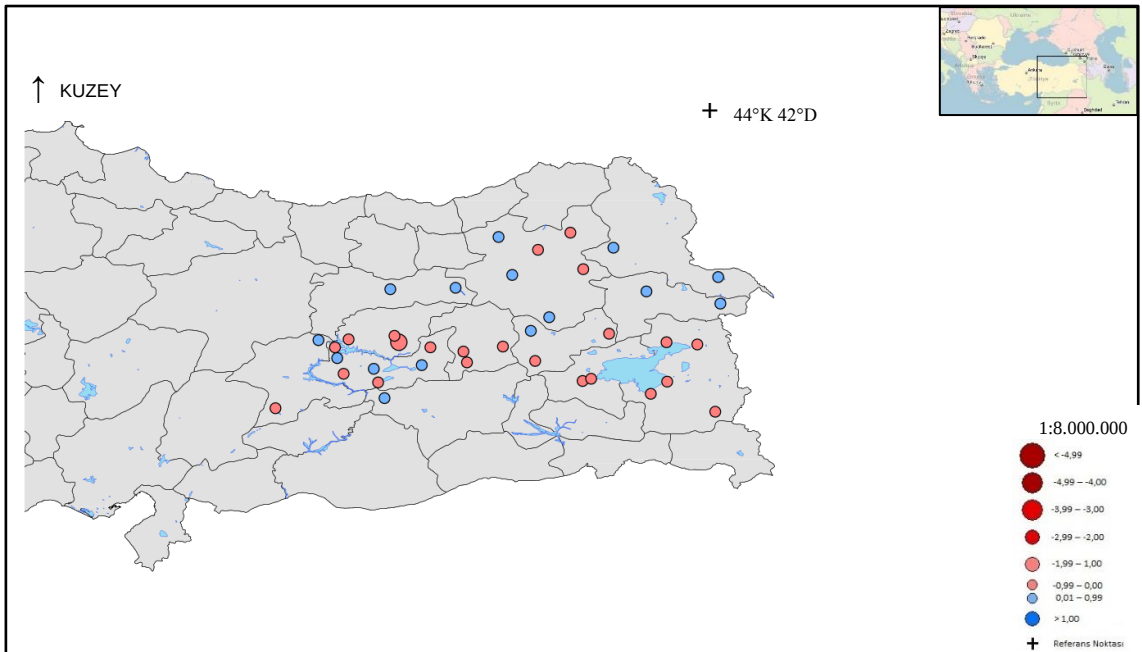
Şekil 4.35. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Temmuz ayı eğimleri



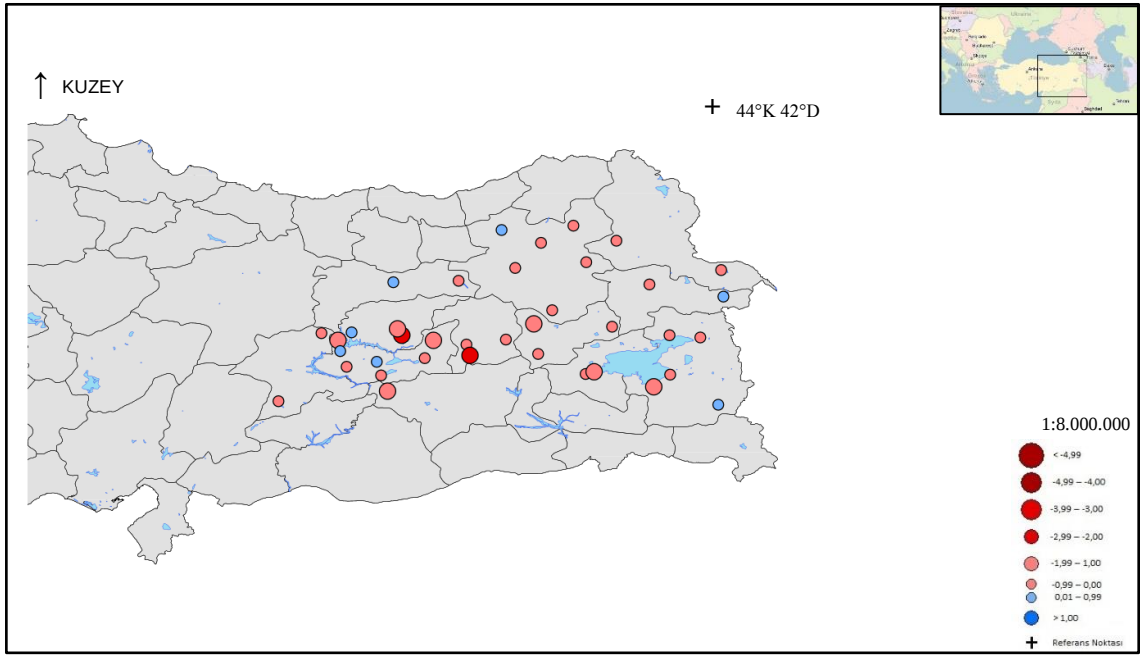
Şekil 4.36. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Ağustos ayı eğimleri



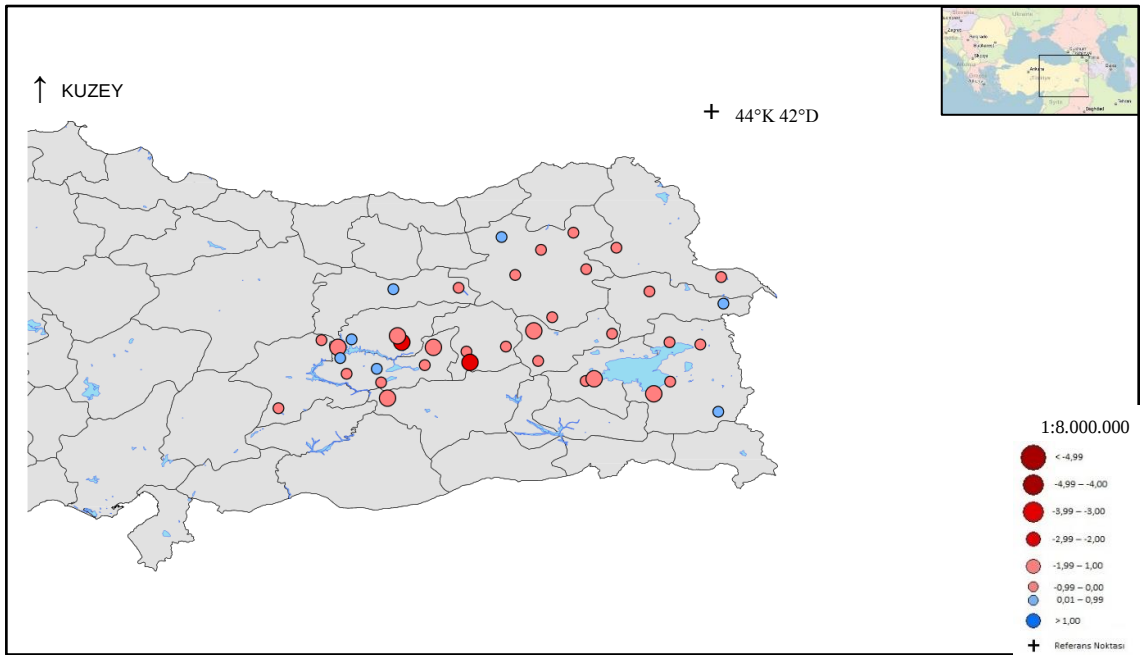
Şekil 4.37. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Eylül ayı eğimleri



Şekil 4.38. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Ekim ayı eğimleri



Şekil 4.39. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Kasım ayı eğimleri



Şekil 4.40. Sen'in eğim metoduna göre aylık toplam yağışların Aralık ayı eğimleri

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yağış, canlı yaşamı için gerekli suyun kaynağı olduğu için yeryüzündeki hayvan ve bitki topluluklarının yapısal özelliklerini, tür çeşitliliğini, yaşamsal ritmini belirleyen en önemli çevresel faktördür. Yağışlarda gözlenen veya olması beklenen değişikliklerin güncel olarak takip edilmesi, özellikle kuraklaşmanın bir tehdit oluşturduğu bölgeler açısından ayrıca önem taşır.

Türkiye'nin coğrafi olarak en büyük arazisine sahip olan Doğu Anadolu Bölgesi'nde yağışların genelde kar şeklinde ve düzensiz olması akış rejimini de düzensizleştirmektedir. Yağışların genellikle kar şeklinde olması ilkbahar aylarında akarsu akımlarının coşkun bir şekilde akmasında önemli bir etkidir. Ayrıca, bölgede yükselti ve eğimlerin yüksek olması hidroelektrik potansiyelini de artırmaktadır.

Bu çalışmada yararlanılmak üzere Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler incelendiğinde 1247,7 mm ortalama ile en fazla yağış alan istasyonun Bitlis, 258,4 mm ortalama ile en düşük yağış alan istasyonun ise Iğdır olduğu görülmüştür. Ayrıca en fazla yağış 1967 yılında toplam 1992,8 mm ile Tunceli istasyonunda görülürken, en düşük yağış 1970 yılında toplam 114,5 mm ile Iğdır istasyonunda görülmüştür. Yıl bazında ortalama olarak değerlendirildiğinde 1960 ile 2013 yılları arasında 1967 yılı ortalama 796,6 mm ile en fazla yağışın düştüğü, 2013 yılı ise ortalama 313,2 mm ile en düşük yağışın düştüğü yıl olarak bulunmuştur. Aylık toplam yağış bazında değerlendirildiğinde en fazla yağışın Nisan ayında, en düşük yağışın Ağustos ayında olduğu görülmüştür. İstasyon bazında en fazla yağış 1992 yılı Şubat ayında toplam 586,5 mm yağışla Bitlis istasyonunda, en düşük yağış olarak ise birçok aylık dönemde istasyonlarda hiç yağış olmadığı görülmüştür.

Çalışma kapsamında Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 46 adet yağış gözlem istasyonundan toplam 2.133 yıllık veri alınmıştır. 2.133 yıllık veriler aylık bazda değerlendirildiğinde 25.596 aylık verinin olması beklenirken, bu veriler içinde 20 adet

yağış gözlem istasyonunda toplam 106 aylık dönemde verilerin eksik olduğu saptanmıştır. Böylece eksik veriler tamamlanarak çalışmanın sağlıklı bir şekilde yürütülmesi sağlanmıştır.

Verilerin homojenliğini test etmek amacıyla iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlar; Run testi ve Pettitt testidir. Run testi ile yapılan homojenlik analizi sonucunda sadece Hakkari yağış gözlem istasyonunun %95 güven aralığında homojen olmadığı; Pettitt testi ile homojenlik analizi yapıldığında ise Ahlat, Ardahan, Arpaçay, Kars, Malatya, Özalp ve Yüksekova olmak üzere 7 adet yağış gözlem istasyonunun %95 güven aralığında homojen olmadığı belirlenmiştir. Böylece toplam 46 adet yağış gözlem istasyonundan homojen olmayan 8 adet yağış gözlem istasyonu çalışma kapsamından çıkarılmış ve 38 adet yağış gözlem istasyonunun trend analizi çalışılmıştır.

Yıllık toplam yağışlar Mann–Kendall testi ile incelendiğinde %95 güven aralığında Baskil, Doğanşehir, Erciş ve Sivrice olmak üzere 4 adet yağış gözlem istasyonunda azalan yönde anlamlı bir trend tespit edilmiştir. %90 güven aralığında ise bu yağış gözlem istasyonlarına ilaveten Ağın ve Elazığ yağış gözlem istasyonlarında da azalan yönde anlamlı bir trend gözlenmiştir. Aynı trend yöntemine göre 38 adet yağış gözlem istasyonunda artan yönde anlamlı bir trendin varlığına rastlanmamıştır.

Spearman’ın rho testi ile yıllık toplam yağışlar incelendiğinde ise %95 güven aralığında Baskil, Doğanşehir, Erciş ve Sivrice olmak üzere 4 adet yağış gözlem istasyonunda; %90 güven aralığında ise bunlara ilaveten Ağın ve Elazığ yağış gözlem istasyonlarında azalan yönde anlamlı bir trend tespit edilmiştir. Bu test yönteminde de yine herhangi bir istasyonda artan yönde anlamlı bir trendle karşılaşılmasıdır.

Sen’in eğim metodu ile yıllık toplam yağışların eğimi %95 güven aralığında belirlenmiştir. Bu analiz sonucuna göre; 28 adet yağış gözlem istasyonunda azalan yönde bir eğilim, 10 adet yağış gözlem istasyonunda ise artan yönde bir eğilim görülmüştür. Artan yönde eğim gösteren istasyonların genellikle Doğu Anadolu

Bölgesi'nin kuzeyine dağıldığı söylenebilir. Fakat bu istasyonlardaki eğim anlamlı bir trend ifade etmemektedir.

Mann–Kendall testi ve Spearman'ın rho testi ile yıllık toplam yağışlar için yapılan analiz sonuçları %90 ve %95 güven aralıklarında aynı istasyonlarda anlamlı azalan trendin olduğu sonucunu ortaya koymuştur. Bu ortak sonuca göre de, yıllık toplam yağışlarda Elazığ ve çevresinin ciddi bir azalma eğiliminde bulunduğu için risk altında olduğuna işaret etmektedir.

Aylık toplam yağışların trend analizi değerlendirildiğinde de Mann–Kendall ve Spearman'ın rho testi ile Sen'in eğim metodu kullanılmıştır.

Mann–Kendall testine göre %95 güven aralığında Ocak ayında Mazgirt yağış gözlem istasyonunda, Mart ayında Doğubeyazıt yağış gözlem istasyonunda, Nisan ayında Oltu yağış gözlem istasyonunda, Temmuz ayında Başkale ve İspir yağış gözlem istasyonlarında, Eylül ayında Ağın, Çemişgezek ve Varto yağış gözlem istasyonlarında artan yönde anlamlı trend; Mart ayında Elazığ yağış gözlem istasyonunda, Haziran ayında Erciş yağış gözlem istasyonunda, Kasım ayında Genç ve Tunceli yağış gözlem istasyonlarında, Aralık ayında da Palu ve Solhan yağış gözlem istasyonlarında azalan yönde anlamlı trend görülmüştür. %95 güven aralığında Şubat, Mayıs, Ağustos ve Ekim aylarında azalan veya artan yönde herhangi bir trendin varlığına rastlanmamıştır. %90 güven aralığında bu istasyonlara ilaveten Nisan ayında Doğubeyazıt yağış gözlem istasyonunda, Temmuz ayında Elazığ, Erciş ve Oltu yağış gözlem istasyonlarında, Ağustos ayında Hınıs ve Muş yağış gözlem istasyonlarında, Eylül ayında Tunceli ve Van yağış gözlem istasyonlarında artan yönde anlamlı trend; Şubat ayında Ağrı ve Erzurum yağış gözlem istasyonlarında, Mart ayında Arapgir ve Keban yağış gözlem istasyonlarında, Nisan ayında Bingöl yağış gözlem istasyonunda, Mayıs ayında Gevaş, Karakoçan, Sivrice ve Tercan yağış gözlem istasyonlarında, Haziran ayında Ağın, Erzincan ve Mazgirt yağış gözlem istasyonlarında, Ekim ayında Erciş ve Gevaş yağış gözlem istasyonlarında, Kasım ayında Ağın ve Solhan yağış gözlem istasyonlarında ve

Aralık ayında da İspir yağış gözlem istasyonunda azalan yönde anlamlı trend gözlenmiştir.

Spearman'ın rho testi yöntemine göre %95 güven aralığında Ocak ayında Mazgirt yağış gözlem istasyonunda, Mart ayında Doğubeyazıt yağış gözlem istasyonunda, Nisan ayında Oltu yağış gözlem istasyonunda, Temmuz ayında Başkale, Doğanşehir, Elazığ, Erciş, İspir, Keban ve Tunceli yağış gözlem istasyonlarında, Ağustos ayında Ağın, Bingöl, Çemişgezek, Doğanşehir, Elazığ, Karakoçan, Keban, Maden, Mazgirt, Muş, Palu, Sivrice, Tunceli ve Varto yağış gözlem istasyonlarında, Eylül ayında Ağın, Baskil, Çemişgezek, Van ve Varto yağış gözlem istasyonlarında artan yönde anlamlı trend; Mart ayında Elazığ yağış gözlem istasyonunda, Haziran ayında Erciş yağış gözlem istasyonunda, Kasım ayında Genç yağış gözlem istasyonunda, Aralık ayında da Palu ve Solhan yağış gözlem istasyonlarında azalan yönde anlamlı trend görülmüştür. %95 güven aralığında Şubat, Mayıs ve Ekim aylarında azalan veya artan yönde herhangi bir trendin varlığına rastlanmamıştır. %90 güven aralığında bu istasyonlara ilaveten Nisan ayında Doğubeyazıt yağış gözlem istasyonunda, Temmuz ayında Çemişgezek, Maden, Oltu, Tatvan ve Varto yağış gözlem istasyonlarında, Ağustos ayında Baskil, Genç, Hınıs ve Tatvan yağış gözlem istasyonlarında, Eylül ayında Horasan, Maden, Muradiye ve Tunceli yağış gözlem istasyonlarında artan yönde anlamlı trend; Şubat ayında Ağrı ve Erzurum yağış gözlem istasyonlarında, Mart ayında Arapgir ve Keban yağış gözlem istasyonlarında, Mayıs ayında Gevaş, Karakoçan, Keban ve Tercan yağış gözlem istasyonlarında, Haziran ayında Ağın, Erzincan ve Mazgirt yağış gözlem istasyonlarında, Ekim ayında Erciş yağış gözlem istasyonunda, Kasım ayında Ağın, Maden, Solhan, Tatvan ve Tunceli yağış gözlem istasyonlarında ve Aralık ayında da İspir ve Tercan yağış gözlem istasyonlarında azalan yönde anlamlı trend gözlenmiştir.

Sen'in eğim metoduna göre %95 güven aralığında değerlendirildiğinde genel olarak sonuçların Mann–Kendall testi ve Spearman'ın rho testinde bulunan trend eğilimleriyle benzerlik gösterdiği, fakat Temmuz ve Ağustos aylarında ise sonuçların Mann–Kendall test yöntemiyle bulunan sonuçlara daha yakın olduğu söylenebilir.

38 adet yağış gözlem istasyonu ile trend analizi çalışması Mann–Kendall testi ve Spearman’ın rho testi yapıldığında aylık toplam yağışlarda her iki trend yönteminde de ortak olan ve olmayan sonuçlar elde edilmiştir. Bazı aylar için trend olan istasyonda artan yönde bir eğim varken diğer yöntemle göre azalan yönde bir eğilim görülebilmektedir. Benzer şekilde bir istasyonda azalan yönde eğilim varken diğer yöntemle artan yönde eğilimle karşılaşmak mümkündür. Aylık toplam yağışların trend analizinde görülen bu farklılıkların Mann–Kendall testi ve Spearman’ın rho testine ilaveten farklı trend yöntemleriyle de analiz edilmesi sonuçların kesinliği açısından daha sağlıklı sonuçlar verecektir.

Aylık toplam yağışların trend analizi değerlendirildiğinde ise yaz aylarında genellikle yağışların artan yönde eğilimde olduğu, kış aylarında ise azalan yönde eğilimde olduğu görülebilir. Yaz aylarından Haziran ayında bölgede azalan bir eğilim hakimken, Temmuz ayı yerini artan bir eğilime bırakmaktadır. Kasım ayı olduğunda ise bölgeye tekrardan azalan yönde eğilim hakim olmaktadır.

Bu çalışmada, trend analizi yalnızca yağış verileri kullanılarak yapılmıştır. Diğer meteorolojik parametreler için de böyle bir çalışmanın yapılması hem çalışmanın güvenilirliği hem de iklim değişimi konusunda yapılacak çalışmalara zemin oluşturacaktır. Aynı şekilde bölge için farklı iklim senaryoları ile bu sonuçların değerlendirilmesi yine bölgenin gelecekteki su potansiyelinin belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Acar, R., and Senocak, S., 2008, Detection of Statistically Significant Trends in The Short Duration Rainfalls (SDR) of Adana City, EGU General Assembly 2008: I522-H52.1 Session on “Climate, Water and Health” 13-18 April 2008, Vienna.
- Acar, R., and Senocak, S., 2012, Annual Extreme Precipitation Trends for Western Turkey in Associated with North Atlantic Oscillation (Nao) Index, Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science Research, 29(1), 475–486 p.
- Aytaç, M., 1984, Uygulamalı Parametrik Olmayan İstatistik Testleri, Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Bursa.
- Başbüyük, A., 2005, Doğu Anadolu Bölgesi’nde Nüfusun Yaş ve Cinsiyet Yapısı, Atatürk Üniversitesi, Doğu Coğrafya Derg., cilt 14, 67-95, Erzurum.
- Biberoğlu, E., 2011, Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye Yağış ve Sıcaklıkları Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Büyükyıldız, M., 2004, Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi ve Stokastik Modellemesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bulut, H., Yeşilata, B., ve Yeşilnacar, M.İ., 2006, Atatürk Baraj Gölünün Bölge İklimi Üzerine Etkisinin Trend Analizi İle Tespiti, Şanlıurfa.
- Çiftlik, D., 2012, Ege Bölgesi DSİ İstasyonlarında Ölçülen Yıllık Toplam Yağışların Trend Analizi, Yüksek Lisans, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Çolak, N., 2009, Eğitim Coğrafyası Bakımından Doğu Anadolu Bölgesi İllerinde Okullaşma Oranları (1980-2000), Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ.
- Çömlekçi, N., 1998, Temel İstatistik İlke ve Teknikleri, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- Demir, İ., Kılıç, G., ve Coşkun, M., 2007, Türkiye ve Bölgesi İçin Precis Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 252- 261, İstanbul.
- Demirci, A., Karaburun, A., ve Kara, F., 2009, Uzun Dönem Sıcaklık Verilerinde Thiessen ve Mann–Kendall Metodları İle Trend Analizlerinin Yapılması: İstanbul Örneği, İstanbul.
- Gautam, M.R., and Acharya, K., 2011, Streamflow Trend in Nepal, Hydrological Sciences Journal, 57(2), 344–357.
- Gibbons, J.D., 1993, Nonparametrik Measures of Associations, Sage Publications Inc, Newbury Park, California, ABD.
- Gümüş, V., ve Yenigün, K., 2006, Aşağı Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi ile Değerlendirilmesi, İstanbul.
- Güventürk, A., 2013, Impacts of Climate Change On Water Resources On Eastern Mountains Region of Turkey, MSc Thesis, Middle East Technical University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.
- Han, J.C., Huang, G.H., Zhang, H., Li, Z., and Li, Y.P., 2014, Heterogeneous Precipitation And Strewflow Trends in The Xiangxi River Watershed, 1961–2010, Journal of Hydrologic Engineering, vol. 19, 1247–1258.

- Helsel, D. R., and Hirsch, R. M., 1992, *Statistical Methods in Water Resources*. Studies in Environmental Science 49, New York: Elsevier.
- Hidalgo, J.C.G., Bustins, J.A.L., Štěpánek, P., Vide, J.M., and Luis, M., 2009, Monthly Precipitation Trends on The Mediterranean Fringe of The Iberian Peninsula During The Second-Half of The Twentieth Century (1951–2000), *International Journal of Climatology*, vol. 29, 1415-1429.
- İçel, G., 2009, Türkiye'nin Doğu Akdeniz Kıyılarında Sıcaklık ve Yağış Trend Analizleri ve Ekstrem Hadiseler, Doktora, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Kalaycı, S., ve Kahya, E., 1998, Susurluk Havzası Nehirlerinde Su Kalitesi Trendlerinin Belirlenmesi, Konya.
- Karabulut, M., ve Cosun, F., 2009, Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(1), 65-83, Kahramanmaraş.
- Kartal, M., 2006, Bilimsel Araştırmalarda Hipotez Testleri, Nobel Yayınevi, Ankara.
- Khalaf, S., 2006, Doğu Anadolu Bölgesi Nüfus Özellikleri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul
- Köksal, B.A., 1998, İstatistik Analiz Metodları, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Kundzewicz Z. W., and Kindler J., 1995, Multiple Criteria For Evaluation of Reliability Aspects of Water Resource Systems, Modelling and Management of Sustainable Basin-Scale Water Resource Systems (Proceedings of A Boulder Symposium, July 1995). Iahs Publ., vol. 231, 217-224.
- Liu, D., Guo, S., Chen, X., and Shao, Q., 2011, Analysis of Trends of Annual and Seasonal Precipitation From 1956 to 2000 İn Guangdong Province, China, *Hydrological Sciences Journal–Journal Des Sciences Hydrologiques*, 57(2).
- Mondal, A., Kundu, S., and Mukhopadhyay, A., 2012, Rainfall Trend Analysis by Mann–Kendall Test: A Case Study of North–Eastern Part of Cuttack District, Orissa, *International Journal of Geology, Earth and Enviromental Sciences* Issn: 2277-2081.
- Nişancı, A., 2007, İklim Değişikliği, Küresel Isınma ve Sonuçları, Tıkdek I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Bildiri Kitabı, 84-92 s., İstanbul.
- Norran, C., and Douguédroit, A., 2006, Monthly and Daily Precipitation Trends in The Mediterranean (1950–2000), *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 83, 89–106.
- Öztürk, K., 2002, Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri, G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi cilt 22, 47-65 s., Ankara.
- Özfidaner, M., 2010, Türkiye Yağış verilerinin Bölgesel Ortalama Trend Analizi, Yüksek Lisans, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Partal, T., ve Kahya, E., 2005, Trend Analysis İn Turkish Precipitation Data, *Hydrol. Process*. 20.
- Pettitt A. N., 1979, A Non-Parametric Approach to The Change-Point Detection, *Applied Statistics*, vol. 28, 126-135.
- Raziei, T., Daryabari, J., and Bordi, I., 2014, Spatial Pattern and Temporal Trends of Precipitation in Iran, *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 115, 531–540.
- Serrano, A., Mateos, V.L., and Garcia, J.A., 1998, Trend Analysis of Monthly Precipitation Over The Iberian Peninsula Fort He Period 1921–1995, *Phys. Chem. Earth (B)*, vol. 24, no: 1–2, 85–90.

- Siddik, A.Z., and Rahman, M., 2014, Trend Analysis of Maximum, Minimum and Average Temperatures in Bangladesh: 1961–2008, *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 116, 721-730.
- Sipahi, B., Yurtkoru, E.S., ve Çinko, M., 2010, Sosyal Bilimlerde SPSS’le Veri Analizi, Beta Yayınları, İstanbul.
- Swed F. S., and Eisenhart C., 1943, Tables For Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives, *Annals of Mathematical Statistics*, vol. 14, 66-87.
- Şen, C., 2013, Isparta İlinde Sıcaklık ve Yağış Verilerinin Trend Analizi, Yüksek Lisans, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Şen, Z., 2002, İstatistik Veri İşleme Yöntemleri (Hidroloji ve Meteoroloji), Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Talaee, P.H., 2014, Iranian Rainfall Series Analysis By Means of Nonparametric Tests, *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 116, 597–607.
- Topal, M., 1999, Nonparametrik Regresyon Metodlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Toros, H., 1993, Klimatolojik Serilerden Türkiye Genelinde Trend Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İtÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Türkeş, M., 1998, Influence of Geopotential Heights, Cyclone Frequency and Southern Oscillation on Rainfall Variations In Turkey, *Int. J. Climatol.*, cilt 18, 649-680, Ankara.
- Türkeş, M., 1999, Vulnerability of Turkey to Desertification with Respect To Precipitation Andridity Condition, Ankara.
- Türkeş, M., 2007, İklim Değişikliği, Kuraklık, Çölleşme Süreçleri ve Tarıma Etkileri, Kuraklık ve Türkiye Tarımı, Tema Kuraklık Etkilerinin Azaltılmasında Kurağa Dayanıklı Bitki Çeşit Islahı ve Kurak Koşullarda Yetiştirme Tekniği Çalıştayı (Aralık 2001, Ankara), Bildiriler Kitabı, İstanbul, 1-40.
- Türkeş, M., Koç, T., ve Sarış, F., 2007, Türkiye’nin Yağış Toplamı ve Yoğunluğu Dizilerindeki Değişikliklerin ve Eğilimlerin Zamansal ve Alansal Çözümlemesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 5: 57-73, Çanakkale.
- Uçgun, E., 2010, Kızılırmak Havzası’ndaki Hidrometeorolojik Verilerin Trend Analizi, Yüksek Lisans, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Van Belle, G., and Hughes, J. P., 1984, Nonparametric Tests For Trend in Water Quality, *Water Resources Research*, 20, 127-136.
- Wijngaard J. B., Tank A. M. G. K., and Können G. P., 2003, Homogeneity of 20th Century European Daily Temperature and Precipitation Series, *International Journal of Climatololgy*, vol. 23, 679-692.
- Yerdelen, C., 2013, Susurluk Havzası Yıllık Akımlarının Trend Analizi ve Değişim Noktasının Araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi Sayı 44, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Erzurum’da tamamladı. 2010 yılında İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2012 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Hidrolik Bilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2011 yılında Erzurum İl Özel İdaresi’nde, 2012 yılında Erzincan İl Sağlık Müdürlüğü’nde İnşaat Mühendisliği görevlerinde bulundu. Şubat 2013’ten beri Karayolları Erzurum 12.Bölge Müdürlüğü’nde görev yapmaktadır.