TÜRKİYE'DEKİ STANDART SÜRELİ EN BÜYÜK YAĞIŞLARIN YENİLİKÇİ YÖNTEMLER İLE EĞİLİM (TREND) ANALİZİ

Hidayatullah TOUHEDI

T.C
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DEKİ STANDART SÜRELİ EN BÜYÜK YAĞIŞLARIN YENİLİKÇİ YÖNTEMLER İLE EĞİLİM (TREND) ANALİZİ

Hidayatullah TOUHEDI
501926033

Doç. Dr. Murat KANKAL (Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2022
Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE'DEKİ STANDART SÜRELİ EN BÜYÜK YAĞIŞLARIN YENİLİKÇİ YÖNTEMLER İLE EĞİLİM ANALİZİ

Hidayatullah TOUHEDI

Bursa Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Murat KANKAL

Dünya ikliminin ana unsurları olan sıcaklık ve yağışa ilişkin bilgiler, dünya iklimindeki değişimlerin özelliklerinin belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Hem mekânsal hem de zamansal ölçekte büyük değişkenlikler gösteren bu iki parametrede meydana gelen değişiklikler, iklimin genel yapısının anlaşılması için önemli ipuçları ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın amacı Türkiye`de gözlenen yıllık en büyük (aşırı) yağış değerlerinin eğilim analizini gerçekleştirmektir. Bu kapsamda Türkiye yedi coğrafi bölgesinde yer alan 82 ölçüm istasyonunun 1975-2015 yılları arasındaki yıllık en büyük yağışlara ait standart süreler (t=5, 10, 15, 30 dk, ve 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18, 24 saat) için Mann-Kendall, Yenilikçi Eğilim Analizi (YEA) ve Geliştirilmiş Görselleştirme ile YEA (GG-YEA) yöntemleri kullanılarak eğilim analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Mann-Kendall yöntemine göre tüm istasyonlarda %15 artan ve %1 azalan eğilim, YEA'ya göre ise %63 artan ve %17 azalan eğilim tespit edildiğini göstermiştir. GG-YEA'ya göre düşük (yüksek) kategori değerlerinde %61 (%63) artan ve %22 (%22) azalan eğilim ortaya çıkmıştır. Türkiye genelinde artan yönde bir eğilimin baskın olduğunu ve bu eğilimin Karadeniz, Marmara ve Ege bölgelerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Orta ve uzun (kısa) süreli yağışlarda daha fazla artan (azalan) eğilim görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Eğilim Analizi, Geliştirilmiş Görselleştirme, En Büyük Yağışlar, Türkiye, Yenilikçi Eğilim Analizi.

ABSTRACT

MSc Thesis

TREND ANALYSIS ON MAXIMUM RAINFALL SERIES OF STANDART DURATIONS IN TURKEY WITH INNOVATIVE METHODS

Hidayatullah TOUHEDI

Bursa Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Murat KANKAL

Information about temperature and precipitation, which are the main elements of the Earth's climate, are of great importance in determining the characteristics of world climate variations. The changes in these two parameters, which show great variability in both spatial and temporal scales, reveal important clues for understanding the general structure of the climate. The aim of this study is to analyze the trend of annual maximum (extreme) precipitation values observed in Turkey. . In this context, the standard durations of the annual maximum precipitation of 82 gauge stations located in seven geographical regions of Turkey between 1975-2015 (t=5, 10, 15, 30 minutes, and 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18, 24 hours) trend analyzes were performed using Mann-Kendall, Innovative Trend Analysis (ITA) and Improved Visualization Innovative Trend Analysis methods (IV-ITA). The results showed that according to the Mann-Kendall method, a 15% increasing and 1% decreasing trend was detected in all stations, and a 63% increasing and 17% decreasing trend was detected according to ITA. According to IV-ITA, an increasing trend of 61% (63%) and a decreasing trend of 22% (22%) emerged in low (high) category values. It has been determined that an increasing trend is dominant throughout Turkey and this trend is concentrated in the Black Sea, Marmara and Aegean regions. A more increasing (decreasing) trend was observed in medium and long (short) term precipitation.

Keywords: Trend Analysis, Improved Visualization, Maximum Rainfall, Turkey, Innovative Trend Analysis.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca değerli yardımlarını esirgemeyen, beni yönlendiren ve araştırmalarıma yardımcı olan saygıdeğer hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Murat KANKAL'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam süresince bana yardımcı olan, bilgilerini benden esirgemeyen Mehmet Berkant YILDIZ ve Fatma AKÇAY'a teşekkür ederim.

Eğitimim sırasında tarafıma maddi destekte bulunan tüm kişilere ayrıca teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan, benim için her türlü fedakarlığı yapan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve beni eğitimim konusunda teşvik eden değerli aileme minnettarım. Bana verdiği güven ve destek ile gösterdiği sabır için canım eşime özellikle çok teşekkür ederim.

Hidayatullah TOUHEDI

31/10/2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ v
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
ÇİZELGELER DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı 3
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI 4
2.1. Türkiye'de Yapılmış Olan Çalışmalar 4
2.2. Dünya'da Yapılmış Olan Çalışmalar 7
2.3. Çalışmanın Literatürdeki Yeri 11
3. MATERYAL ve YÖNTEM 13
3.1. Materyal (Veri) 13
3.2. Çalışma Alanı 19
3.3. Eğilim Analizi Yöntemleri 21
3.3.1. Mann-Kendall (MK) Yöntemi 22
3.3.2. Yenilikçi Eğilim Analizi (YEA) 23
3.3.3. Geliştirilmiş Görselleştirme ile Yenilikçi Eğilim Analizi (GG-YEA) 24
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 27
4.1. Mann-Kendall Yöntemine Ait Sonuçlar 27
4.2. Yenilikçi Eğilim Analizi (YEA) Sonuçları 33
4.3. Geliştirilmiş Görselleştirme ile Yenilikçi Eğilim Analizi (GG-YEA) Sonuçları 38
4.4. Yöntemlerin Karşılaştırılması 48
4.5. Tartışma 51
5. SONUÇ 55
6. KAYNAKLAR 57
7. EKLER 64
EK 1. Mann-Kendall Eğilim Analizi Sonuçlarına Ait Eğilim Haritaları 64
Ek 2. YEA Eğilim Analizi Sonuçlarına Ait Eğilim Haritaları 71
EK 3. GG-YEA Düşük Kategori Değerlerin Eğilim Haritaları 78
EK 4. GG-YEA Yüksek Kategori Değerlerin Eğilim Haritaları 85
ÖZGEÇMİŞ 92

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
m	Metre
K	Kuzey
D	Doğu
n	Yağış Zaman Seri Uzunluğu (Veri Sayısı)
S	Mann-Kendall Yöntemin Test İstatistiği
t_i	Mann-Kendal Yönteminde Sayısal Değeri Eşit Olan Gözlem
τ	Mann-Kendall Yönteminde Kendall Korelasyon Katsayısı
α	Anlamlılık Düzeyi
Z	Standart Normal Değişken
$Z\alpha_{/2}$	α Anlamlılık Düzeyi İçin Normal Dağılımın Kritik Değeri
Var(S)	S Değerinin Varyansı

Kısaltmalar	**Açıklama**
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MGİ	Meteoroloji Gözlem İstasyonu
GG-YEA	Geliştirilmiş Görselleştirme ile Yenilikçi Eğilim Analizi
dk	Dakika
MK	Mann-Kendall
YEA	Yenilikçi Eğilim Analizi
DSİ	Devlet Su İşleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 3.1.	Çalışmaya ait akış diyagramı ……..…..	18
Şekil 3.2.	Türkiyenin yükseklik haritası ile meteoroloji istasyonların Türkiye üzerindeki konumu ……..	19
Şekil 3.3.	Türkiye yıllık yağışların normalleri (1991-2020)……..	20
Şekil 3.4.	Türkiye yıllık alansal yağışların normalleri (1991-2020)……..	20
Şekil 3.5.	YEA Yöntemi'ne Ait Grafik …….…….	24
Şekil 3.6.	GG-YEA Gösterim şablonu(a), klasik YEA gösterim şablonu (b)	26
Şekil 4.1.	Mann-Kendall eğilim analizi sonuçlarının farklı güven düzeyindeki oransal dağılımı (%)……..	32
Şekil 4.2.	YEA sonuçlarına göre değişim miktarlarının oransal dağılımı (%)……..... ……	38
Şekil 4.3.	GG-YEA düşük kategori değerlerin farklı aralıktaki eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)……...	46
Şekil 4.4.	GG-YEA yüksek kategori değerlerin farklı aralıktaki eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)……...	47
Şekil 4.5.	Kısa süreli yağışların değişim noktaları histogramı……	47
Şekil 4.6.	Orta süreli yağışların değişim noktaları histogramı……...	48
Şekil 4.7.	Uzun süreli yağışların değişim noktaları histogramı……	48
Şekil 4.8.	Türkiye'de 1950-2019 yıllar arasında meydana gelen sel ve taşkın olayların il bazında sayısı……...	53
Şekil 4.9.	Türkiye'de 1975-2015 yıllar arasında meydana gelen taşkın olayları ve etkileri……..	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa
Çizelge 2.1.	Dünya`da standart süreli yıllık en büyük yağışlar ile ilgili yapılan çalışmalar…….. ……...	10
Çizelge 2.2	Türkiye`de standart süreli yıllık en büyük yağışlar ile ilgili yapılan çalışmalar……..	11
Çizelge 3.1.	Türkiye`de standart sürelerde görülen en büyük yağış miktarları..	14
Çizelge 3.2.	İstasyonların coğrafi konum bilgileri…….	15
Çizelge 3.3.	Bursa istasyonuna ait standart süreli yıllık en büyük yağış verileri	17
Çizelge 4.1.	Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları …….	29
Çizelge 4.2.	Kısa süreli yağışlar için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)……..	31
Çizelge 4.3.	Orta süreli yağışlar için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)…….....	31
Çizelge 4.4.	Uzun süreli yağışlar için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)……..	32
Çizelge 4.5.	Yenilikçi eğilim analizi (YEA) sonuçları…….	35
Çizelge 4.6.	Farklı standart süreler için (YEA) sonuçlarının oransal dağılımı (%)…….	37
Çizelge 4.7.	YEA sonuçlarının oransal dağılımı (%)…….……...	37
Çizelge 4.8.	Geliştirilmiş görselleştirme ile Yenilikçi Eğilim Analizi (GG-YEA) düşük kategori değerlerin sonuçları……	41
Çizelge 4.9.	Geliştirilmiş görselleştirme ile Yenilikçi Eğilim Analizi (GG-YEA) yüksek kategori değerlerin sonuçları……..	43
Çizelge 4.10.	Farklı standart süreler için GG-YEA düşük kategori değerlerin eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)……..	45
Çizelge 4.11.	Farklı standart süreler için GG-YEA yüksek kategori değerlerin eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)…….	45
Çizelge 4.12.	GG-YEA eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)…….	46

1. GİRİŞ

İklim değişikliği son zamanlarda dünya çapında bilim adamları tarafından tartışılan en önemli konulardan biri haline gelmiştir (Nacar ve diğerleri, 2022). Küresel ısınma altında, iklim değişikliği önemli ölçüde çevreyi, su kaynaklarını, endüstriyel üretimi, tarımsal faaliyetleri ve insan yaşamını etkilemektedir (Yao ve Chen, 2015). Son 50 yılda gözlemlenen küresel ısınma, öncelikle insan kaynaklı ısı tutucu gaz emisyonlarından kaynaklanmaktadır. Bu emisyonlar esas olarak fosil yakıtların (kömür, petrol ve gaz) yakılması, ormansızlaştırma, tarımsal uygulamalar ve diğer faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Lotstein, 2013). İklimdeki meydana gelebilecek olası değişiklikleri ve bu değişikliklerin etkilerini doğru bir şekilde belirlemek ve insanlara sürdürülebilir bir yaşam sağlamak çok önemli bir konudur ve bunun için birçok resmi ve sivil kurum ve kuruluşlar çaba göstermektedir (Demircan ve diğerleri, 2017). İklim değişikliği ve küresel ısınmanın etkisi ile sıcaklık, yağış, buharlaşma ve evapotranspirasyon gibi iklimsel parametrelerde artışlar ortaya çıkmaktadır (Z. Şen, 2020a). İklim değişikliği ve küresel ısınmanın şiddetini belirlemek için yaygın olarak sıcaklık, yağış, akım, buharlaşma, nem, güneşleme süresi ve rüzgar gibi hidro-meteorolojik parametreler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır (Özfidaner ve diğerleri, 2018).

Sıcaklık iklim elemanları arasından en fazla değişim gösteren iklim parametresidir (Demircan ve diğerleri, 2017). Dünya'nın yüzey sıcaklığı ve deniz yüzey sıcaklığı 19. yüzyılın ortalarından beri artmaktadır (IPCC 2007; Saboohi ve diğerleri, 2012) . Son yıllarda, küresel ortalama sıcaklık, geçen yüzyıla göre 0,85 °C artış göstermiştir (IPCC 2013; Toros ve diğerleri, 2019). Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yayınlanan en güncel değerlendirme raporu, son on yılda (2011–2020) küresel yüzey sıcaklığının 1850–1900 arası dönemdeki ortalamadan 1,09 [0,95 ila 1,20] °C daha yüksek olduğunu açıklamıştır (IPCC 2021; Phuong ve diğerleri, 2021). Bu değerin 2030 ile 2050 yılları arasında 1,5°C'ye ulaşacağı öngörülmektedir (Masson-Delmotte ve diğerleri, 2018; IPCC 2021). Bu durumunda hava düzenlerinde değişikliklere ve aşırı olayların sıklığı ve şiddetinde bir artışa neden olması beklenmektedir (Toros ve diğerleri, 2019). Artan sıcaklıklar buharlaşmaya ve

dolayısıyla yüzey kurumasına neden olmaktadır. Bunun yanında her 1 ^{0}C sıcaklık artışında atmosferin su tutma kapasitesi yaklaşık %7 artmaktadır (Trenberth, 2011; Cheng ve AghaKouchak, 2014).

Sıcaklıktaki bir derecelik artışın ortalama yağış miktarını %1-3, aşırı yağışları ise %7 oranında artırması beklenmektedir. Sonuç olarak, gelecekte yağış olaylarının özelliklerinde değişiklikler olması ve bununda yaşanacak afetlerin daha şiddetli olmasına neden olacağı düşünülmektedir (Lenderink ve diğerleri, 2011; Gao ve diğerleri, 2020).

Yağış iklim ve hidro-meteorolojinin en önemli değişkenlerindendir (Sayemuzzaman ve Jha, 2014). Yağışlar günlük hayatımızı birçok yönden (tarım, su kaynakları, hidrolik yapıların tasarım ve planlaması vb.) etkilemektedir. Yağışların mekan ve zaman içindeki dağılımı, yaşamın sürdürülmesi için hayati önem taşıyan tatlı suyun mevcudiyetini doğrudan etkilemektedir (Hou ve diğerleri, 2014). Aşırı yağış olayları, çeşitli su kaynaklarına ait altyapıların tasarımı ve işletilmesinin önemli bir unsuru olmasının yanında (Burn ve diğerleri, 2011) insan toplumu üzerinde yıkıcı etkileri olan doğal afetler arasındadır (Yilmaz ve Perera, 2015). Şiddetli yağışların geçmişten günümüze davranışını incelemek ve gelecekteki değişiminin değerlendirilmesi, iklim değişikliği konusunda çok önemli bir yere sahiptir (Mailhot ve diğerleri, 2010). Eğilim analizi, iklim değişikliğinin yağış üzerindeki etkilerini gözlemlemenin en etkili yöntemlerinden biridir (Şan ve diğerleri, 2021). Bu nedenle yağışların eğilimlerini incelemek bölgesel su kaynakları yönetimini için çok önemlidir (Karpouzos ve diğerleri, 2010).

Araştırmacılar tarafından yağış verilerinin eğilimleri genellikle istatistiksel yöntemlerle belirlenirken (Adamowski ve Bougadis, 2003; Baiamonte ve D'Asaro, 2016; Bonaccorso ve diğerleri, 2005; Burn ve diğerleri, 2011; Hajani ve diğerleri, 2017; Jung ve diğerleri, 2017; Laz ve diğerleri, 2014; Shephard ve diğerleri, 2014; Yilmaz ve Perera, 2015) son zamanlarda grafiksel eğilim analizi yöntemlerinde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Şen 2012; Öztopal ve Şen 2017; Wu ve Qian 2017; Şen ve diğerleri, 2019; Güçlü 2020; Danandeh Mehr ve diğerleri, 2021; Şan ve diğerleri, 2021; Akçay ve diğerleri, 2022; Yıldız ve diğerleri, 2022a, b). İstatistiksel yöntemlerin en yaygın kullanılanı Mann-Kendall (MK) yöntemidir (Chattopadhyay ve Edwards, 2016; Liuzzo ve Freni, 2015; Mondal ve diğerleri, 2012;

Nyikadzino ve diğerleri, 2020; Oliveira ve diğerleri, 2017; Palizdan ve diğerleri, 2014; Xavier Júnior ve diğerleri, 2020). Son zamanlarda zaman serilerinin eğilim analizlerinde kullanılmaya başlayan grafiksel yöntemlerden Yenilikçi Eğilim Analizi (YEA) Şen (2012) tarafından önerilmiştir. Bu yöntem bir zaman serisinin farklı kategori (düşük, orta ve yüksek) değerlerinin eğilimi hakkında bilgi sağlamaktadır.

YEA yönteminin yeni görsel türü olan ve literatüre yeni eklenen Geliştirilmiş Görselleştirme ile YEA (GG-YEA), Güçlü (2020) tarafından önerilmiştir. Bu görsel yöntem bir zaman serisinin farklı kategori düşük ve yüksek değerleri için ayrım yaparak eğilimin varlığını ve düzeyini tespit edebilmektedir.

Yenilikçi Çokgen Eğilim Analizi (YÇEA) (Şen ve diğerleri, 2019) tarafından önerilmiştir. Bu yöntem YEA yönteminin geliştirilmesiyle elde edilmiş ve günlük, aylık, yıllık vb. gibi zaman serilerinin eğilim analizlerinde uygulanabilmektedir. Eğilimlerin yanısıra incelenen zaman dilimi aralıklarındaki geçişlerlerle ilgili de bilgi vermektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Alt ve üst yapılaşmanın planlanması, can ve mal kaybına neden olan taşkınların koruma yapıların tasarımı ve su kaynakların yönetim ve planlanması için yağışların davranışlarını bilmek önemlidir. Bu nedenle 1975-2015 yıllar arasında Türkiye genelinde 82 meteoroloji istasyonunda 5, 10, 15, 30 dk, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 ve 24 saat; farklı standart süreli yıllık en büyük yağışlarında eğilim (artan veya azalan yönde) olup olmadığını araştırılmıştır. Eğilim analizlerinde literatürde en yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan MK testi, YEA ve GG-YEA yöntemleri uygulanmıştır. Standart süreli yıllık en büyük yağış değerlerinin farklı sınıflardaki eğilimini değerlendirmek amacıyla literatüre yeni kazandırılan GG-YEA yöntemi kullanılmıştır. Farklı yöntemlerinden elde edilen sonuçları karşılaştırılmak için eğilim haritaları oluşturulmuştur ve ekler bölümünde sunulmuştur.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Küresel iklim değişikliğinin önemli etkilerinden biri yağışlarda meydana gelmektedir. Yağışlardaki değişiklikleri iyi öğrenebilmek için dünyada ve Türkiye'de araştırmacılar tarafından yağışların eğilim analizi çalışmalarında, standart süreli yıllık en büyük yağışları, yıllık ortalama yağışlar, yıllık toplam yağışlar, mevsimsel yağışlar, aylık yağışlar ve günlük yağışlar şeklinde farklı zamanlardaki yağış verileri kullanılmaktadır. Daha önce yapılmış çalışmalar Türkiye'de ve Dünyada olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

2.1. Türkiye'de Yapılmış Olan Çalışmalar

Acar ve Şenocak, (2004) yaptığı çalışmada Türkiye'nin batısında yer alan 7 adet meteoroloji istasyonuna ait 1944-2004 yılları arasındaki yıllık en büyük yağışların bazı standart süreleri (t=1, 6, 12, 24 saat) için Mann-Kendall yöntemi ile eğilim analizi yapmışlardır. Sonuç olarak en büyük yağış değerlerinde genellikle artan eğilim olduğunu tespit etmişlerdir.

Acar ve Şenocak, (2008) Türkiye'de 46 meteoroloji istasyonuna ait 1938-2000 yılları arasında yıllık en büyük kısa süreli yağışları (t= 5, 10, 15, 30 ve 60 dakika) için MK Yöntemi ile eğilim analizi gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlara göre en büyük eğilim 60 dakika için %93 artış oranıyla İzmir İstasyonu'nda görülürken en düşük eğimli eğilim %1 artış oranı ile tüm süreler için Artvin İstasyonu'nda görülmüştür. Bunun yanında Erzincan İstasyonu'nda 15 dakika süre için %24 oranında ve Balıkesir İstasyonu'nda 60 dakika süre için %2 oranda azalan eğilim tespit edilmiştir.

Şenocak ve diğerleri, (2012) Türkiye'nin Karadeniz bölgesinde 10 adet meteoroloji istasyonuna ait 1940-2004 yılları arasındaki yıllık en büyük kısa süreli (t=5, 10, 15, 30, 60 dk) yağışların eğilimini Mann-Kendall ve Senin T testleri ile analiz etmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Artvin, Çorum, Kastamonu, Samsun ve Trabzon istasyonlarında farklı kısa süreler için önemli artan eğilimlerin olduğunu görülmüştür.

Saplıoğlu ve Çoban, (2013) Karadeniz Bölgesi'nde bulunan 18 meteoroloji istasyonuna ait yıllık toplam yağış verilerinin 1971-2010 yılları arasındaki eğilimini MK testi, regresyon ve

Sen eğilim testlerini kullanarak incelemiştir. Sonuçlarına göre 8 istasyonunda her üç yöntemde artan eğilim olduğunu görülmüştür.

Haktanır ve Çitakoğlu, (2014) Türkiye'de 155 meteoroloji istasyonuna ait 1938-2010 yılları arasındaki yıllık en büyük yağışların standart süreleri (t=5, 10, 15, 30 dk, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18, 24 saat) için bölgesel ölçekte eğilimini, durağanlığını, bağımsızlığını ve homojenliğini incelemişlerdir. Eğilim belirlemede MK testi, Lineer Regresyon ve Şen'in yenilikçi eğilim çözümlemesini, bağımsızlık analizinde Von Neumann testini, duranlığı incelemede Wald-Wolfowitz testini ve homojenliği incelemede Mann-Whitney testini uygulamışlardır. Ülke çapında 155 istasyonun eğilim analizi sonucunda MK testine göre %13 artan ve %2 azalan eğilim tespit edilirken, doğrusal regresyon yöntemine göre %8 artan ve %3 azalan eğilim tespit edilmiştir.

Nemli, (2017) Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki 10 adet meteoroloji istasyonuna ait standart zamanlarda (t=5, 10, 15, 30 dk, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 ve 24 saat) gözlenen yıllık en büyük yağış değerlerinin 1940-2010 yılları arasındaki eğilimi analiz etmiştir. Analiz sırasında verilerin homojenliğini tespit edebilmek için Run (Swed Eisenhart) Homojenlik Testi uygulanmıştır. Verilerdeki eğilim belirlemek için parametrik olan ve parametrik olmayan yöntem olmak üzere iki çeşit yöntem kullanılmıştır. Parametrik yöntemlerden basit Regresyon analizi yöntemi parametrik olmayan yöntemleri arasından MK ve Spearman'ın Rho testleri. Eğilimin başlangıç yılını istatistiksel olarak tespit edebilmek için parametrik olmayan MK mertebe korelasyon testi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda standart sürelerdeki yağış şiddeti eğilim analizini değerlendirildiğinde, genelde artan yönde bir eğilim olduğunu tespit edilmiştir.

Zeybekoğlu ve Karahan, (2018) Türkiye'de 207 meteoroloji istasyonunun periyodu 1938-2010 yıllar arasında değişen yıllık standart süreli en büyük yağış verilerinin eğilimini tüm standart süreler için incelemişlerdir. Eğilimleri tespit edebilmek için MK testi ve Spearman'ın Rho, baskınlık belirlemede ise yenilikçi eğilim çözümlemesi yöntemleri kullanılmıştır. Türkiye genelinde her iki testin eğilim analizi sonucuna göre yağış şiddetlerinde %9 oranında artan yönünde ve %3 oranında azalan yönünde bir eğilim olduğu tespit edilmiştir. Yenilikçi eğilim çözümlemesi yönteminin analiz sonucuna göre 213 veri

setinde zaman serisinindeki ilk dönemin, 452 veri setinde ikinci dönemin baskın olduğu sonucuna varılmıştır.

Demir, (2018) Karadeniz Bölgesi'nde yer alan 19 meteoroloji istasyonuna ait 1960-2015 yılları arasındaki aylık, yıllık ve mevsimlik yağışların eğilimini MK testi, Sen Eğilim ve Lineer Eğilim testleri ile incelemiştir. Sonuçlarına göre toplam yağışların Karadeniz Bölgesi'nin batısında yer alan istasyonlarda azalırken, orta ve doğusunda yer alan istasyonlarda arttığı görülmüştür.

Kankal ve Akçay, (2019) Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan Trabzon ve Akçaabat meteoroloji istasyonlarının yıllık, mevsimlik ve aylık toplam yağış verilerinin, Trabzon için 1948-2017 ve Akçaabat için 1964-2017 yıllar arasındaki eğilimini MK ve YEA yöntemleri ile araştırmışlardır. Sonuçlarına göre her iki istasyonda sonbahar ve ilkbaharda genelde artan eğilimleri görülmüş, Akçaabat'ta yaz aylarında azalan yönde bir eğilim olduğu görülmüştür. Yıllık toplam yağışlarda, Trabzon İstasyonu için genellikle artan, Akçaabat İstasyonu için ise genellikle değişmeyen eğilimler tespit edilmiştir.

Köyceğiz ve Büyükyıldız, (2019) Konya Kapalı Havzası'nda bulunan 4 adet (Konya, Karaman, Aksaray ve Niğde) meteoroloji istasyonunun 1929-2017 yılları arasında değişen aşırı yağışlarının eğilimini MK testi, Spearman'ın Rho ve YEA yöntemleri ile incelemiştir. Sonuçlarına göre Aksaray, Karaman ve Niğde istasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı olmayan azalan eğilim ve Konya İstasyonu'nda istatistiksel olarak anlamlı olmayan artan eğilim olduğunu görülmüştür.

Şenocak ve Emek, (2019) Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 46 adet meteoroloji istasyonuna ait 1960-2013 yılları arasındaki aylık ve yıllık toplam yağışların eğilimini araştırmışlardır. Çalışmada öncelikle Run testi ve Pettitt testi uygulayarak homojenlik analizi yapılmıştır. Eğilim analizi için MK ve Spearman'ın Rho testleri kullanılmıştır. Sonuçlarına göre yaz aylarında genellikle artan yönde eğilim görülürken kış aylarında azalan yönde eğilim olduğunu görülmüştür. Eğilimler yazın haziran ayında azalan ve temmuz ayında artan yöndeyken Kasım ayında tekrardan azalan yönde olduğunu tespit edilmiştir.

Oruc, (2021) İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan 13 istasyonun 1942–2015 yılları arasındaki standart süreli (t=5, 10, 15, 30 dk ve 1, 3, 6, 24 saat) yıllık en büyük yağış verilerinin eğilimi MK ve YEA yöntemleri ile incelemiştir. Sonuçlarına göre; Kayseri, Kırşehir, Niğde ve Yozgat istasyonlarında artan, Ankara ve Eskişehir istasyonlarında azalan eğilim olduğu tespit edilmiştir.

Şen ve Aksu, (2021) İstanbul'da 1929-2015 yıllar arasında değişen periyoda sahip olan 7 adet meteoroloji istasyonun yıllık en büyük standart süreli yağışların (t=5, 10, 15, 30 dk, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18, 24 saat) eğilimini MK, Sen'in Eğilim ve YEA yöntemleri ile incelemişlerdir. Kartal İstasyonu hariç diğer tüm istasyonlarda artış eğilimi olduğu tespit edilmiştir.

Uzuner ve diğerleri, (2021) Balıkesir Meteoroloji İstasyonu'nun 1957-2015 yılları arasındaki standart süreli(t=5, 10, 15, 30 dk, 1, 3, 6, 12 saat) yıllık en büyük yağış değerlerinin eğilimini YEA yöntemi ile incelemişlerdir. Sonuçlara göre 5, 10, 15 ve 30 dakikalık yağış miktarlarında 1958-1986 dönemine göre 1987-2015 döneminde azalan eğilimler görülürken 1, 3, 6 ve 12 saatlik yağışlarda artan eğilimler görülmüştür.

Aksu ve diğerleri, (2022) Karadeniz Bölgesi'nde yer alan ve 1945-2015 yılları arasında değişen periyotlara sahip olan 21 adet meteoroloji istasyonunun standart süreli (t=5, 10, 15, 30 dk, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 ve 24 saat) yıllık en büyük yağışlarının eğilimini Durbin-Watson, MK testi ve Sen'in eğim tahmin testleri ile analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlarına göre 21 istasyonun yarısından fazlasında artan eğilim olduğunu görülmüştür.

2.2. Dünya'da Yapılmış Olan Çalışmalar

Adamowski ve Bougadis, (2003) Kanada'nın Ontario bölgesinde yaptığı çalışmada 44 istasyonun 1905-1998 yılları arasında standart süreli yıllık en büyük yağışlarında (5, 10, 15 ve 30 dk, 1, 2, 6 ve 12 saat) eğilimin olup olmadığını MK test ile araştırılmıştır. Farklı yağış sürelerine bağlı olarak dört ve beş homojen bölge tanımlamışlardır. Test edilen bölgelerin

yaklaşık %23'ünde ve ağırlıklı olarak kısa süreli yağışlarda anlamlı eğilimler olduğunu tespit etmişlerdir.

Bonaccorso ve diğerleri, (2005) Sicilya'da 16 istasyonda 1921-2000 yılları arasındaki yıllık en büyük yağış verilerinin standart süreler (1, 3, 6, 12, 24 saat) için eğilimini Student t testi ve MK testi ile araştırmışlardır. Elde edilen bulgulara göre kısa süreli yağışların genellikle artan eğilimler gösterdiği ve uzun süreli yağışlar azalan eğilimler sergilediği görülmüştür.

Burn ve diğerleri, (2011) çalışmalarında British Columbia'da 38 istasyonun 1966-2005 yılları arasında standart süreli (t=1, 2, 6, 12 24 saat) yıllık en büyük yağışların eğilimini MK test yöntemi ile incelemiştir. Elde edilen sonuçlarına göre yağışlarda artan yönde bir eğilime sahip olduğu tespit etmişlerdir.

Laz ve diğerleri, (2014) Güneydoğu Avustralya'da yaptıkları çalışmada 1908-2010 yılları arasındaki farklı periyotlarda ölçüm alınmış 38 istasyona ait standart süreli (6, 12, 18, 30 dk. ve 1, 2, 3, 6, 12, 24, 48, 72 saat) yıllık en büyük yağış verilerinin eğilimini MK testi ve Spearman Rho yöntemleri ile incelemişlerdir. Sonuçlara göre 6, 12, 18 ve 30 dakika ile 1, 2, 6 saatlik yağışlarda genellikle artan yönde eğilim tespit edilirken, 12 ila 72 saat arasındaki yağışlarda genellikle azalan eğilim görülmüştür.

Shephard ve diğerleri, (2014) Kanada'da yaptıkları çalışmada 1965-2005 yılları arasında hem tekil hem de bölgesel olarak 268 istasyonun yıllık en büyük yağış zaman serilerinin standart süreler (t=5, 10, 15, 30 dk, 1, 2, 6, 12, 24 saat) için eğilimini MK ve bölgesel Kendall yöntemleri ile incelemişlerdir. Sonuçlarına göre istasyonlar tek tek değerlendirildiğinde 30 dakika ila 24 saat süreleri için toplam istasyon sayısının %4'ünde artan ve %1,6'sında azalan eğilim olduğu tespit edilmiştir. Bölgesel eğilim analizi bulgularına göre Kanada'daki bölgelerin en az üçte ikisinin artan eğilime sahip olduğu ve %33'e varan oranlarda anlamlı eğilimler olduğu belirlenmiştir.

Yilmaz ve Perera, (2015) Avustralya'nın Victoria eyaletinde yaptığı çalışmada periyodu 1950-2013 yılları arasında değişen 23 istasyonun yıllık en büyük yağışlarının standart süreler (t=10, 30 dk, 1, 3, 6, 12, 24, 48 saat) için eğilimini MK ve Spearman Rho yöntemleri ile

incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlarına göre; 10, 30 dk ve 1, 3 saatlik yağışlarda artan eğilim; 6, 12, 24 ve 48 saatlik yağışlarda azalan eğilim olduğu sonucuna varılmışlardır.

Baiamonte ve D'Asaro, (2016) Sicilya'da yıllık en büyük yağış verilerinin standart süreleri için (1, 3, 6, 12, 24 saat) MK yöntemi ile eğilim analizi yapmışlardır. Analizlerde 65 istasyona ait 1950-2008 yılları arasındaki yağış verileri kullanılmıştır. Bölgede her standart süre için hem artan hem de azalan eğilimlerin olduğu tespit edilmiştir. Artan eğilimlerin 1 saatlik süreli yağışlar için daha sık olduğu ve diğer yağış süreleri için daha az olduğu görülmüştür.

Hajani ve diğerleri, (2017) Avustralya'nın New South Wales eyaletinde bulunan 1955-2010 yılları arasında ölçüme sahip 60 istasyonun standart süreli (t=6, 12, 18, 24, 30, 48dk, 1, 2, 3, 6, 8, 12, 24, 48, 72 saat) yıllık en büyük yağış verileri için MK ve Spearman Rho yöntemleri kullanarak eğilim analizi gerçekleştirmişlerdir. Tüm süreler için genellikle artan yönde eğilim olduğunu tespit edilmiştir.

Jung ve diğerleri, (2017) Güney Kore'de periyodu 30 yıldan fazla olan 64 istasyonun standart süreli (1, 2, 3, 4, 6, 12, 18, 24, 48, 72, 168 saat) yıllık en büyük yağış verilerinin eğilimini MK test yöntemi ile incelemiştir. Sonuçlara göre kıyı bölgesinde yer alan istasyonlarda azalan eğilimler gözlenirken, iç kesimlerde artan eğilimler gözlenmiştir.

Gentilucci ve diğerleri, (2019) İtalya'da 1921-2017 yılları arasında olan 128 adet istasyona ait standart süreli (t=1, 3, 6, 12, 24 saat) yıllık en büyük yağış verileri için Makesens Süreci Yöntemi kullanarak eğilim analizi gerçekleştirmişlerdir. Tüm istasyonların %86'sında %25 düzeyinde azalan eğilim olduğunu tespit etmişlerdir.

Dünyada ve Türkiye'de standart süreli yıllık en büyük yağışlar ile ilgili yapılan çalışmalar sırasıyla Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de özet olarak verilmiştir.

Çizelge 2.1. Dünyada standart süreli yıllık en büyük yağışlar ile ilgili yapılan çalışmalar

Dünya'da yapılan çalışmalar					
Yazar(lar)	Çalışma Bölgesi	Periyod (Yıl)	İstasyon Sayısı	Standart Süre	Yöntemler
Adamowski ve Bougadis (2003)	Ontario-Kanada	1905-1998	44	(t=5, 10, 15, 30 dk ve 1, 2, 6, 12 saat)	Mann-Kendall
Bonaccorso vd. (2005)	Sicilya	1921-2000	16	(t=1, 3, 6, 12, 24 saat)	Mann-Kendall ve Student t test
Burn vd. (2011)	British Columbia	1966-2005 arasında değişen	38	(t=1, 2, 6, 12, 24 saat)	Mann-Kendall
Laz vd. (2014)	Güneydoğu Avustralya	1908-2010 arasında değişen	38	(t=6, 12, 18, 30 dk ve 1, 2, 3, 6, 12, 24, 48, 72 saat)	Mann-Kendall ve Spearman Rho
Shephard vd. (2014)	Kanada	1965-2005	268	(t=5, 10, 15, 30 dk ve 1, 2, 6, 12, 24 saat)	Mann-Kendall ve bölgesel Kendall testi
Yilmaz ve Perera (2015)	Avustralya Victoria Eyaleti	1950-2013 arasında değişen	23	(t=10, 30 dk ve 1, 3, 6, 12, 24, 48 saat)	Mann-Kendall ve Spearman Rho
Baiamonte ve D'Asaro (2016)	Sicilya	1950-2008	65	(t=1, 3, 6, 12, 24 saat)	Mann-Kendall
Hajani vd. (2017)	New South Wales, Avustralya	1955-2010 arasında değişen	60	(t=6, 12, 18, 24, 30, 48 dk ve 1,2, 3, 6, 8, 12, 24, 48, 72 saat)	Mann-Kendall ve Spearman Rho
Jung vd. (2017)	Güney Kore	32 ile 56 arasında değişen	64	(t=1, 2, 3, 4, 6, 12, 18, 24, 48, 72, 168 saat)	Mann-Kendall
Gentilucci vd. (2019)	Central İtalya	1921-2017	128	(t=1, 3, 6, 12, 24 saat)	Makesens Süreci

Çizelge 2.2. Türkiye'de standart süreli yıllık en büyük yağışlar ile ilgili yapılan çalışmalar

Türkiye'de Yapılan çalışmalar					
Yazar(lar)	Çalışma Bölgesi	Periyod (Yıl)	İstasyon Sayısı	Standart Süre	Yöntemler
Acar ve Şenocak (2004)	Türkiye Batısında	1938-2004 arasında değişen	7	(t=1, 6, 12, 24 saat)	Mann-Kendall
Acar ve Şenocak (2008)	Türkiye	1938-2000	46	(t=5, 10, 15, 30, 60 dk)	Mann-Kendall
Şenocak vd. (2012)	Karadeniz	1940-2004 arasında değişen	10	(t=5, 10, 15, 30, 60 dk)	Mann-Kendall ve Sen'in T testleri
Haktanır ve Çitakoğlu (2014)	Türkiye	1938-2010 arasında değişen	155	(t=5, 10, 15, 30 dk ve 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18, 24 saat)	Mann-Kendall ve Doğrusal Regresyon
Zeybekoğlu ve Karahan (2018)	Türkiye	1938-2010 arasında değişen	207	(t=5,10,15,30 dk ve 1,2,3,4,5,6,8,12,18, 24 saat)	Mann-Kendall ve Spearman's Rho
Oruc (2021)	İç Anadolu	1942-2015 arasında değişen	13	(t=5, 10, 15, 30 dk ve 1, 3, 6, 24 saat)	Mann-Kendall ve YEA
Şen ve Aksu (2021)	İstanbul	1929-2015 arasında değişen	7	(t=5, 10, 15, 30 dk ve 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18, 24 saat)	Mann-Kendall Sen'in Eğilim ve YEA
Aksu vd. (2022)	Karadeniz	1945-2015 arasında değişen	21	(t=5, 10, 15, 30 dk ve 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18, 24 saat)	Durbin–Watson, Mann–Kendall, Sen'in Eğim
Bu Çalışma	Türkiye	1975-2015	82	(t=5, 10, 15, 30 dk ve 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18, 24 saat)	Mann-Kendall, YEA ve GG-YEA

2.3. Çalışmanın Literatürdeki Yeri

Dünyanın değişik bölgelerindeki en büyük yağışların eğilimlerini inceleyen çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin Sicilya (Baiamonte ve D'Asaro, 2016; Bonaccorso vd., 2005), Kanada (Burn vd., 2011), doğu Avusturalya (Laz vd., 2014), Avusturalya'nın Victoria bölgesinde (Yilmaz ve Perera 2015), New South Wales bölgesinde (Hajani vd., 2017), Güney Kore (Jung vd., 2017), İtalya'da (Gentilucci vd., 2019) çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan Kanada ve Avusturalya'nın New South Wales bölgesinde sadece artan eğilim, İtalya'da yapılan çalışmada sadece azalan eğilim tespit edilirken diğer bölgelerde hem azalan ve hem artan eğilim tespit edilmiştir. Bu çalışmalarda genellikle MK testi ve bazılarında

Spearman Rho yöntemi kullanılsamasına karşın Gentilucci vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada Makesens Süreci yöntemi kullanılmıştır.

Türkiye'de yapılan ve en büyük yağışların eğilimini belirleyen çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmaların bazıları ülke çapında yapılmışken (Acar ve Şenocak, 2008; Haktanır ve Çitakoğlu, 2014; Zeybekoğlu ve Karahan, 2018) bazıları bölgesel bazda yapılmıştır (Acar ve Şenocak, 2012; Aksu ve diğerleri, 2022; Şen ve Aksu, 2021; Oruc, 2021; Şenocak, Acar ve Şengül, 2012). Bu çalışmaların hepsinde MK testi kullanılırken, bir çalışmada doğrusal regresyon (Haktanır ve Çitakoğlu, 2014), bir çalışmada ise Spearman's Rho (Zeybekoğlu ve Karahan, 2018), iki çalışmada ise (Şen ve Aksu, 2021; Oruc 2021) YEA yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan en güncel veriler 2010 yılına aittir. Bunun yanında GG-YEA yöntemi hiç kullanılmamıştır. Ayrıca Türkiye'de en büyük yağışların eğilimini inceleyen çalışmaların çoğunda sadece kısa, orta veya uzun süreli yağışları kullanılırken bu çalışmada tüm standart süreler (kısa, orta ve uzun) içeren şeklinde Türkiye çapında Yenilikçi yöntemler ile eğilim analizler sunulmuştur.

Yapılan bu çalışmada Türkiye'de yer alan 82 meteorolojik istasyonun standart süreli en büyük yağış verilerinin eğilim analizi MK ve YEA yöntemleri ile analiz edilmiştir. Bunun yanında düşük ve yüksek en büyük yağış sınıflarının eğilimlerinin değerlendirilmesi için son zamanlarda literatüre kazandırılan ve en büyük yağış değerlerine ilk defa uygulanan GG-YEA yöntemi kullanılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal (Veri)

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesinde yer alan ve standart süreli yıllık en büyük yağışlarının gözlendiği 82 Meteoroloji Gözlem İstasyonu'na (MGİ) ait veriler kullanılmıştır. Veriler (1975-2015) yılları arasını kapsayacak şekilde 40 yıl uzunluğundadır. Çalışmada kullanılan standart süreli yıllık en büyük yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilmiştir. MGM tarafından kaydedilen standart süreli yıllık en büyük yağış verileri 5 dakika ile 24 saate arasındadır. 5, 10, 15, 30 dakika kısa; 1, 2, 3, 4, 5, 6 saat orta ve 8, 12, 18, 24 saat uzun süreli olarak adlandırılır ve toplam 14 farklı standart süre vardır (Zeybekoğlu ve Karahan, 2018). Bazı kaynaklarda 1 saate kadar olan süreler kısa süreli olarak adlandırılmaktadır (Şenocak vd., 2012). Yağışları 24 saatten daha uzun süren bölgelerdeki daha uzun süreli yağışlar da uzun süreli yağışlar olarak adlandırılmaktadır (Yilmaz ve Perera, 2015). En büyük yağışların analizlerinde Türkiye en az 10 yıl güvenilir gözlemi olan yazıcı yağışölçer (plüviyograflı) istasyonlarının yağış verileri kullanılır. Yıllık olarak 14 farklı standart süredeki en büyük yağış değerleri tespit edilir. Yağış-şiddet-süre frekans analizleri yapılarak 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekerrür periyotlarında olması muhtemel yağış miktarı hesaplanmaktadır. Türkiye`de MGM tarafından kaydedilen standart sürelerde görülen en büyük yağış değerleri, yer ve tarihleri ile birlikte Çizelge 3.1'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan MGİ'lerin Türkiye üzerindeki dağılımı Şekil 3.2'de ve istasyonların coğrafi konum bilgileri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Marmara bölgesinde yer alan Bursa istasyonuna ait standart süreli yıllık en büyük yağış değerleri örnek olarak Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Eğilim analizleri Matlab_R2020a ve RStudio-2021.09.0-351 programlama dillerinde yazılan veya hazır olan kodlar yardımıyla gerçkeleştirilmiştir. Eğilim analizlerinin sonuçlarına ait eğilim haritaları ArcMap10.7.1 yazılım ortamında oluşturulmuştur. Çalışmanın ana işlem adımları Şekil 3.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Türkiye`de standart sürelerde görülen en büyük yağış miktarları (MGM, 2022)

Süre	Miktar (mm)	Yer	Tarih
5 dk	50,50	Hopa	07.07.1988
10 dk	60,60	Hopa	07.07.1988
15 dk	70,70	Hopa	07.07.1988
30 dk	90,90	Hopa	07.07.1988
1 saat	133,80	Bartın, Ulus, Ceyüpler	10.08.2021
2 saat	210,0	Bartın, Ulus, Ceyüpler	10-11.08.2021
3 saat	252,80	Bartın, Ulus, Ceyüpler	10-11.08.2021
4 saat	332,30	Antalya	04.11.1995
5 saat	374,30	Antalya	04.11.1995
6 saat	390,30	Antalya	04.11.1995
8 saat	410,40	Antalya	04.11.1995
12 saat	428,10	Antalya	04.11.1995
18 saat	464,80	Marmaris	10-11.12.1992
24 saat	490,80	Antalya-Kemer	16-17.12.2018

Çizelge 3.2. İstasyonların coğrafi konum bilgileri

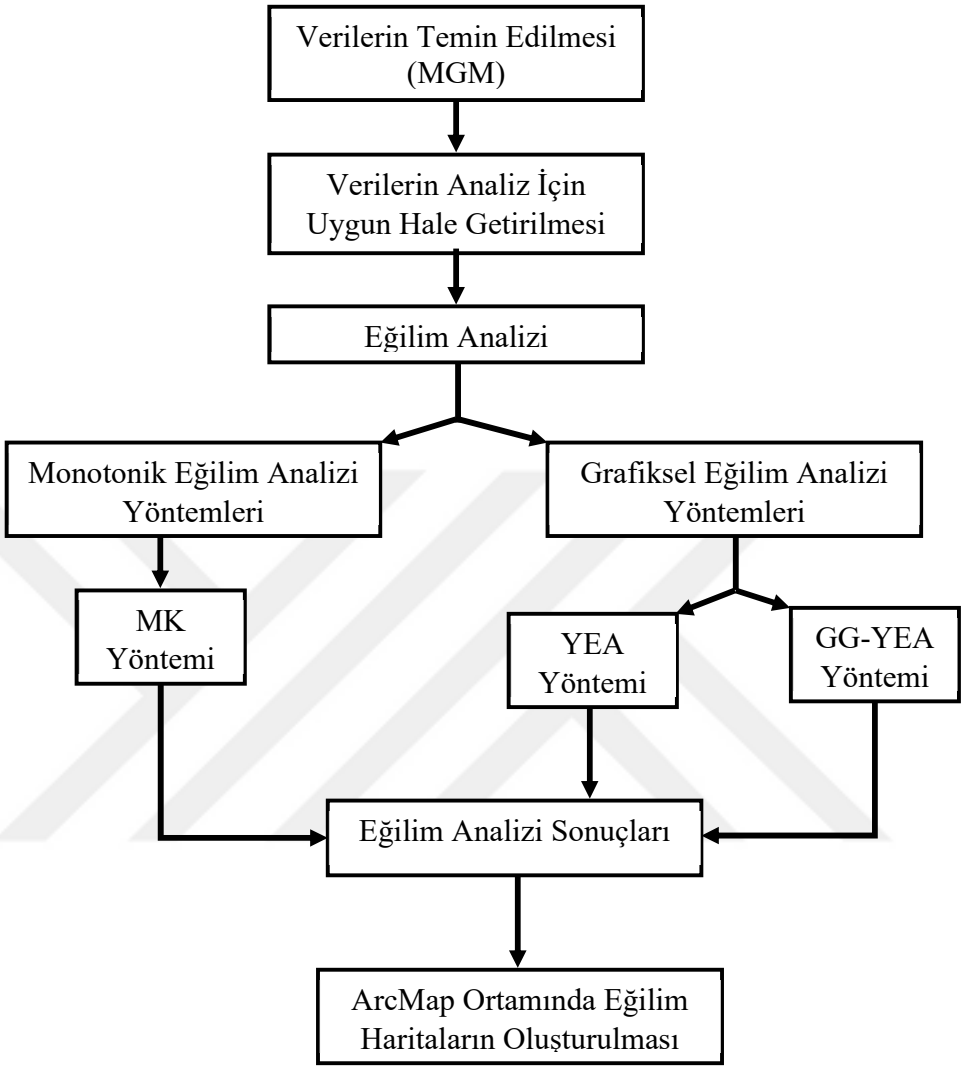
Bölge Adı	İstasyon Adı	Rakım (m)	Enlem (K)	Boylam (D)
Akdeniz	Adana	23	37.0041	35.3443
	Alanya	6	36.5507	31.9803
	Anamur	2	36.0686	32.8649
	Beyşehir	1129	37.41	31.43
	Burdur	957	37.722	30.294
	Fethiye	3	36.37	29.07
	Finike	2	36.3024	30.1458
	İskenderun	4	36.5924	36.1582
	Isparta	997	37.7848	30.5679
	Mersin	7	36.7808	34.6031
	Silifke	10	36.3824	33.9373
Güneydoğu Anadolu	Adiyaman	672	37.7553	38.2775
	Batman	610	37.8636	41.1562
	Diyarbakır	680	37.9094	40.2133
	Gaziantep	854	37.0585	37.351
	Kilis	640	36.7085	37.1123
	Şanlıurfa	550	37.1608	38.7863
	Siirt	895	37.9319	41.9354
Doğu Anadolu	Ağrı	1646	39.7253	43.0522
	Bingöl	1139	38.8847	40.5007
	Bitlis	1785	38.475	42.1625
	Elazığ	989	38.6443	39.2561
	Iğdır	856	39.9227	44.0523
	Muş	1322	38.7509	41.5023
Karadeniz	Amasya	412	40.39	35.5
	Bartin	33	41.6248	32.3569
	Bayburt	1584	40.2547	40.2207
	Bolu	743	40.7329	31.6022
	Çorum	776	40.5461	34.9362
	Düzce	146	40.8437	31.1488
	Giresun	38	40.9227	38.3878
	Gümüşhane	1216	40.4598	39.4653
	Hopa	33	41.24	41.26
	İnebolu	64	41.9789	33.7636
	Ordu	5	40.9838	37.8858
	Rize	3	41.04	40.5013
	Samsun	4	41.3435	36.2553
	Sinop	32	42.0299	35.1545
	Tokat	608	40.18	36.34
	Zonguldak	135	41.4492	31.7779

Çizelge 3.2. İstasyonların coğrafi konum bilgileri (devam)

Bölge Adı	İstasyon Adı	Rakım (m)	Enlem (K)	Boylam (D)
İç Anadolu	Aksaray	970	38.3705	33.9987
	Akşehir	1002	38.3688	31.4297
	Ankara	891	39.9727	32.8637
	Çankırı	755	40.6082	33.6102
	Cihanbeyli	969	38.39	32.56
	Ereğli	1046	37.5255	34.0485
	Gemerek	1182	39.185	36.0805
	Karaman	1018	37.1932	33.2202
	Kayseri	1094	38.687	35.5
	Kırıkkale	751	39.8433	33.5181
	Kırşehir	1007	39.1639	34.1561
	Konya	1029	37.8687	32.4713
	Nevşehir	1260	38.6163	34.7025
	Niğde	1211	37.9587	34.6795
	Sivas	1294	39.7437	37.002
	Yozgat	1301	39.8243	34.8159
Ege	Akhisar	92	38.9118	27.8233
	Aydın	56	37.8402	27.8379
	Bodrum	26	37.0328	27.4398
	Çeşme	5	38.3036	26.3724
	Denizli	425	37.762	29.0921
	Dikili	3	39.0737	26.888
	İzmir	29	38.3949	27.0819
	Kuşadası	25	37.8597	27.2652
	Manisa	71	38.6153	27.4049
	Marmaris	16	36.8395	28.2452
	Muğla	646	37.2095	28.3668
Marmara	Ayvalık	4	39.3113	26.6861
	Balıkesir	102	39.6326	27.9201
	Bilecik	539	40.1414	29.9772
	Bursa	100	40.2308	29.0133
	Çanakkale	6	40.141	26.3993
	Edirne	51	41.6767	26.5508
	Edremit	19	39.5592	27.0253
	Florya	37	40.9758	28.7865
	Gökçeada	79	40.191	25.9075
	Kırklareli	232	41.7382	27.2178
	Kocaeli	74	40.7663	29.9173
	Sakarya	30	40.7676	30.3934
	Sarıyer	59	41.1464	29.0502
	Tekirdağ	4	40.9585	27.4965
	Yalova	4	40.6589	29.2796

Çizelge 3.3. Bursa istasyonuna ait standart süreli yıllık en büyük yağış verileri (mm)

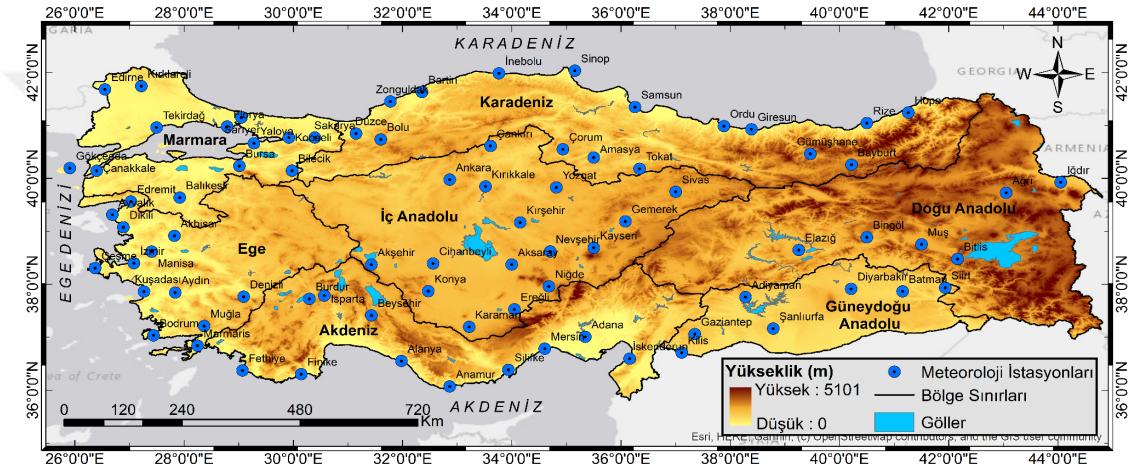
Yağişlarin Standart Süreleri														
Kayıt	Dakika				Saat									
Yılı	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
2015	1,9	3,5	4,5	7,7	11,9	19,2	23,9	29,2	35,5	36,8	36,9	38,4	39,9	63,8
2014	7,7	12,6	13,2	15,4	18,0	23,7	33,0	33,1	33,2	33,3	33,5	39,8	40,1	47,8
2013	6,8	13,5	16,2	25,2	26,5	26,5	29,3	33,3	36,7	38,1	40,1	61,2	63,7	66,9
2012	5,3	7,1	8,5	12,7	17,4	21,1	26,1	28,3	31,7	32,1	32,4	33,1	34,1	39,4
2011	3,0	5,7	8,5	14,2	18,4	19,7	19,8	20,2	23,6	24,7	26,2	33,8	34,4	35,5
2010	8,6	10,3	12,1	18,2	22,7	31,8	46,5	61,8	72,3	76,3	84,0	95,0	107,5	128,9
2009	4,8	6,5	8,6	14,9	19,5	22,2	22,3	22,3	22,3	22,3	22,3	23,3	23,4	28,4
2008	3,8	5,9	8,1	10,6	12,9	19,5	22,5	25,2	26,3	26,4	26,5	26,5	26,6	41,4
2007	4,0	7,6	8,9	13,5	16,3	20,0	21,4	21,4	21,4	21,5	25,5	36,1	37,1	56,0
2006	3,9	6,8	9,6	15,4	17,4	17,4	17,4	17,5	17,5	18,3	18,3	18,4	19,5	72,3
2005	4,7	7,7	10,5	16,6	18,1	18,3	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4	18,6	18,6	79,4
2004	2,5	5,0	7,5	8,7	8,8	9,1	11,0	11,4	12,1	12,7	12,8	15,1	17,8	45,8
2003	5,5	8,4	9,3	15,0	21,0	34,3	49,9	53,6	55,2	56,9	65,8	68,5	72,9	73,5
2002	6,7	10,0	12,2	14,6	18,1	28,3	33,7	40,4	42,3	42,7	44,6	49,1	56,1	59,3
2001	2,6	4,1	4,8	6,5	10,6	15,7	16,0	16,2	17,6	18,7	19,8	29,6	34,0	44,5
2000	12,6	15,5	18,8	22,0	22,2	25,0	25,7	27,0	28,9	29,6	31,2	32,4	37,8	50,2
1999	4,9	7,5	11,1	18,4	22,5	32,4	34,2	34,3	34,4	34,4	34,4	34,5	34,5	34,6
1998	8,1	8,7	8,9	13,0	19,3	24,1	30,3	33,4	33,8	33,8	33,8	33,8	34,3	51,6
1997	7,1	9,5	9,9	13,2	17,4	26,7	36,8	46,7	53,7	57,4	63,0	71,5	74,5	76,1
1996	4,7	7,1	7,7	8,2	9,7	13,3	15,7	24,7	25,9	25,9	30,9	35,7	36,8	42,6
1995	5,4	8,2	11,0	13,6	15,6	16,7	21,9	25,6	25,8	25,8	25,9	28,0	28,1	37,3
1994	7,8	7,9	10,4	13,9	16,6	19,9	21,3	22,4	24,2	24,5	26,5	29,7	39,8	51,5
1993	6,7	9,5	10,8	11,1	14,7	18,5	18,9	19,0	19,1	19,1	21,1	23,5	26,2	32,4
1992	7,6	10,9	12,2	16,5	21,9	28,9	33,5	37,9	38,1	46,7	47,1	51,1	51,4	51,4
1991	8,2	10,3	14,8	20,2	20,9	22,8	23,0	23,0	23,0	23,0	25,7	37,1	38,0	41,7
1990	7,1	9,2	9,9	9,9	14,1	18,8	27,2	32,0	37,5	38,4	49,5	65,0	66,3	79,7
1989	5,8	8,9	9,8	11,6	18,2	27,7	34,9	39,7	40,5	41,2	46,3	47,3	50,6	62,8
1988	1,5	1,9	2,2	4,1	6,9	12,8	14,5	16,5	18,1	18,3	21,7	25,5	28,1	35,7
1987	10,5	13,9	15,4	15,9	15,9	16,1	16,2	18,1	23,4	28,9	32,9	48,2	63,8	66,4
1986	9,3	9,6	9,6	11,8	16,8	20,7	24,6	32,1	37,8	42,0	51,3	65,4	77,2	87,8
1985	7,5	10,2	11,1	16,0	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	20,3	21,5	23,4	30,6	33,5
1984	5,0	8,4	9,5	12,6	12,7	20,2	23,2	24,1	24,6	25,9	34,8	45,6	54,4	55,3
1983	4,8	6,9	8,0	12,3	18,8	21,3	21,9	22,1	24,2	25,8	28,2	32,1	32,1	32,2
1982	7,9	9,5	10,0	13,2	14,3	14,4	14,4	14,6	15,1	17,9	19,9	22,9	30,9	48,8
1981	8,6	9,3	10,1	15,8	21,4	25,5	34,1	39,0	40,2	42,7	44,6	44,8	50,5	50,5
1980	16,4	17,1	17,9	18,3	19,3	19,4	19,4	23,2	25,2	26,6	28,8	31,8	35,7	52,3
1979	4,3	5,4	6,2	6,5	11,8	15,2	19,3	19,5	19,5	19,5	19,5	24,8	28,8	39,1
1978	4,5	5,5	7,0	8,6	14,0	16,6	17,7	20,0	21,8	21,9	22,0	38,9	44,0	44,6
1977	6,6	8,7	10,0	12,2	15,7	20,2	23,4	29,1	32,6	36,1	39,1	50,8	71,0	78,1
1976	8,5	12,9	15,1	17,1	18,8	19,1	19,6	20,4	21,0	26,9	30,3	38,5	46,4	51,5



Şekil 3.1. Çalışmaya ait akış diyagramı

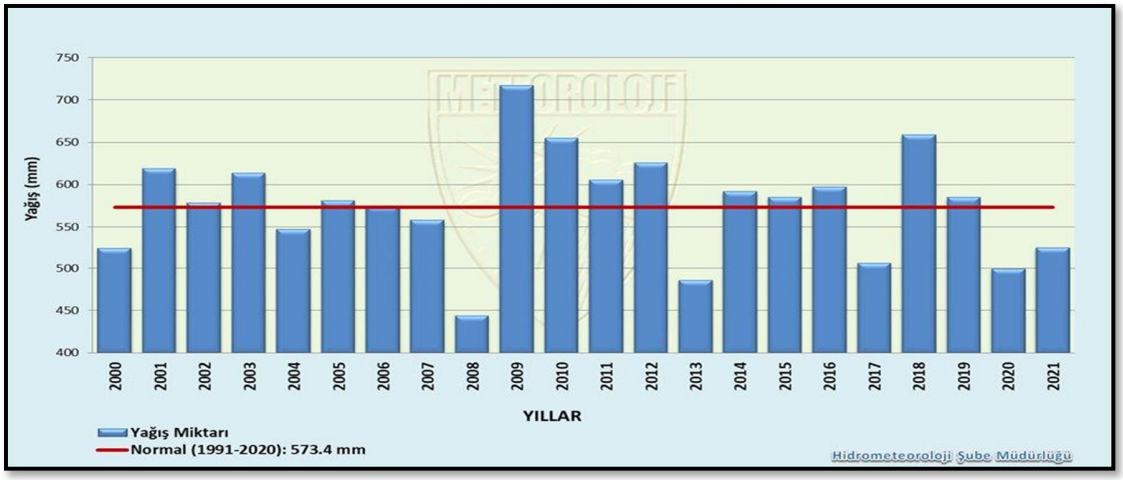
3.2. Çalışma Alanı

Türkiye (36-42° K; 26-45° D) Avrupa'nın güneydoğusunda Avrupa ile Asya arasında bir köprü şeklinde yer almaktadır. Toplam yüzölçümü yaklaşık 780.000 km^2 olup, bunun %97'si Asya'da ve geri kalan kısmı %3'ü Avrupa'dadır. Ortalama yükseklik 1.130 m olup, Şekil 3.2'de görüldüğü gibi Anadolu'nun batısından doğuya doğru gidildikçe yükselti artmaktadır (Deniz, Toros ve Incecik, 2011).

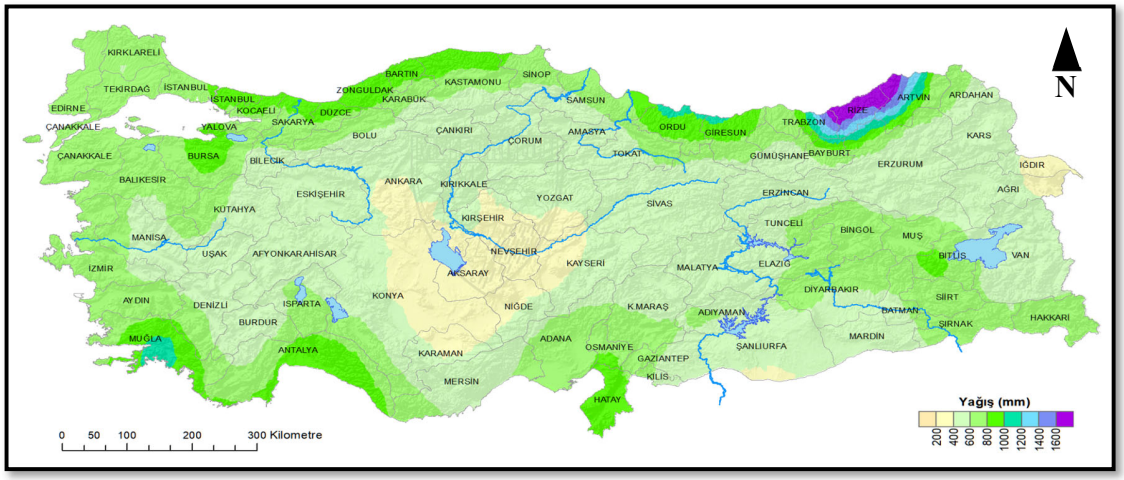


Şekil 3.2. Türkiyenin yükseklik haritası ile meteoroloji istasyonların Türkiye üzerindeki konumu

Türkiye yıllık ortalama yağışı 1991-2020 yılları arasında 573,4 mm'dir (Şekil 3.3). Aynı aralıkta yıllık ortalama yağış Akdeniz Bölgesi'nde 665,1 mm, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 533,9 mm, Doğu Anadolu Bölgesi'nde 537,3 mm, Karadeniz Bölgesi'nde 697 mm, İç Anadolu Bölgesi'nde 402,2 mm, Ege Bölgesi'nde 604,7 mm ve Marmara Bölgesi'nde 670 mm olarak belirlenmiştir (MGM, 2022). Yağışların alansal dağılımı Şekil 3.4'te verilmiştir. Şekil 3.4'te görüldüğü gibi Türkiyenin yıllık ortalama yağışı bölgeden bölgeye göre değişmektedir. En fazla yağış Karadeniz Bölgesi'nde en az yağış ise İç Anadolu Bölgesi'nde görülmektedir. Ülkenin denizlere kıyısı olan bölgelerindeki yağış miktarı iç kısımlara göre daha fazladır.



Şekil 3.3. Türkiye yıllık yağışların normalleri (1991-2020) (MGM, 2022)



Şekil 3.4. Türkiye yıllık alansal yağışların normalleri (1991-2020) (MGM, 2022)

Yeryüzü şekillerinin çeşitlilik göstermesi ülkenin üç tarafı denizlerle çevrilmesi, dağların uzanışı ülkede heterojen bir iklim oluşmasına neden olmuştur (Sensoy, Demircan, Ulupınar ve Balta, 2008). Bu nedenle iklim değişikliği, sosyal ve ekonomik değişkenleri dikkate alınarak ülke Marmara, Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu, Karadeniz ve İç Anadolu bölgesi olmak üzere yedi ayrı coğrafi bölgeye ayrılmıştır (Iyigun ve diğerleri, 2013;

Unal, Kindap ve Karaca, 2003). Türkiye'de 3 tip iklim vardır. Bunlar Akdeniz, Karasal ve Okyanus'tur. Dağlık bölgelerin büyük bir bölümü de dahil olmak üzere ülkenin büyük bir bölümü, çeşitli Akdeniz iklimi türlerinin etkisi altındadır; Kuzey ve Kuzeydoğu Anadolu'da karasal iklim iki ayrı alanda oluşur; Karadeniz'e kıyısı olan bölgede okyanus iklimi hakim olduğunu görülmektedir (Akman ve Ketenoğlu, 1986). Türkiye yedi coğrafi bölgeleri Şekil 3.2'de Türkiye'nin yükselti harita ile beraber verilmiştir.

3.3. Eğilim Analizi Yöntemleri

Eğilim analizi, zamana bağlı olarak istatistiki anlamda bir zaman serisinde sürekli bir değişim (azalan veya artan yönde) olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan analizlerdir. Su kaynakları projelerinin planlanması ve tasarımında genellikle gözlemsel ve tarihsel yağış verileri kullanıldığından, yağış eğilim analizi çalışmaları önem kazanmıştır (Barua ve diğerleri, 2013). Klimatolojik zaman serilerinde önemli eğilimlerin tespitine yönelik testler, parametrik ve parametrik olmayan yöntemler olarak iki sınıfa ayrılmaktadır (Gocic ve Trajkovic, 2013). Parametrik testler parametrik olmayanlardan daha güçlüdür ancak veriler bağımsız ve normal dağılıma uymalıdır. Parametrik olmayan eğilim testleri yalnızca verilerin bağımsız olmasını gerektirir ve verilerdeki aykırı değerleri tolere edebilir (Chen ve diğerleri, 2007). İklim değişikliğine etki eden parametrelerin analizinde son yıllarda gözlemlerin kısa süreli, kesikli, düzensiz ve çarpık olması gibi olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için parametrik olmayan yöntemler tercih edilmektedir (Büyükyıldız ve Berktay, 2004). Bu nedenle bu çalışma kapsamında Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesinde bulunan 82 meteoroloji istasyonuna ait standart süreli yıllık en büyük yağış verilerinde eğilimin varlığını ve yönünü belirlenmek için parametrik olmayan yöntemlerin uygulanmasına tercih edilmiştir. Bunlar, Mann-Kendall (MK), Yenilikçi Eğilim Analizi (YEA) ve Geliştirilmiş Görselleştirme ile YEA (GG-YEA) yöntemlerdir.

3.3.1. Mann-Kendall (MK) Yöntemi

Mann (1945) ve Kendall (1975) tarafından geliştirilmiş olan MK testi, parametrik olmayan ve trend analizinde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Yöntemde rastgele değişkenin bir dağılıma uyması gerekmemektedir. Tüm zaman serilerine uygulanabilen bu yöntemin bir zaman serisindeki kullanılışında aşağıdaki yol izlenmektedir.

Uygulanacak zaman serisinin veri setinde (x_1, x_2, x_3, ……, x_n) verileri, ilk olarak bu zaman serisinin verileri küçükten büyüğe, $x_1 \leq x_2 \leq x_3$, ……, $\leq x_n$ olacak şekilde sıralanır. Daha sonra bu x_i ve x_j veri çiftleri iki gruba ayrılır, burada x_i ve x_j zaman serisindeki veri değerlerini; i, j harfleri indisi ve n ise zaman serisinin uzunluğunu ifade etmektedir.

$i < j$ için $x_i < x_j$ olan zaman seri çiftlerinin sayısı P, ve $i < j$ için $x_i > x_j$ olan zaman seri çiftlerin sayısı M olarak ifade edilirse yöntemin test istatistiği (S) aşağıdaki gibi Denklem (3.1) ile elde edilebilmektedir (Akçay, 2018; Kankal ve Akçay, 2019).

$$S = P\text{-}M \tag{3.1}$$

Sonra test istatistiği (S) ve veri sayısına (n) bağlı olarak Kendall korelasyon katsayısı Denklem (3.2) ile hesaplanır.

$$\tau = S/[n(n\text{-}1)/2] \tag{3.2}$$

Kendall korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değişmektedir.

$n \geq 10$ olduğunda S değerinin varyansı aşağıda verilen Denklem (3.3) ile hesaplanır.

$$Var\ (S) = \ [n(n-1)(2n+5)/18] \tag{3.3}$$

Eğer zaman serisinde birbirine eşit olan gözlemler varsa varyansı aşağıdaki Denklem (3.4) ile hesaplanır.

$$Var(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t_i(t_i-1)(2t_i+5)\ ]}{18} \tag{3.4}$$

Bu denklemde, m bağlı grupların sayısını; ve t_i sayısal değeri eşit olan gözlem eleman sayılarını ifade etmektedir. Örneğin incelenen seri {4, 4, 9, 9, 9, 9, 9} bu ise, burada m= 2 ve 2 gözlem aynı değeri taşıyor t_1=2, 5 gözlem aynı değeri taşıyor t_2=5, ve ayrıca değerleri aynı olan ikişer gözlemli iki grup bulunuyorsa t_3=2, t_4=2 alınmalıdır.

Serinin varyansı hesaplandıktan sonra son olarak varyansı ve S bağlı olarak standart normal Z değeri aşağıdaki Denklem (3.5) ile elde edilebilmektedir.

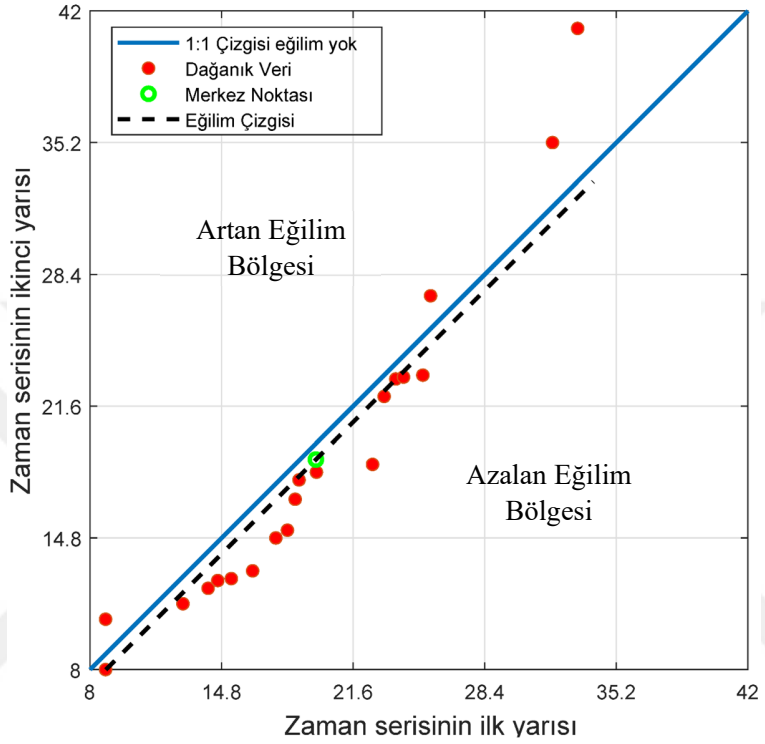
$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & , \quad S > 0 \ ise \\ 0 & , \quad S = 0 \ ise \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & , \quad S < 0 \ \ ise \end{cases} \tag{3.5}$$

Bu yöntemi ile bir zaman serisinde eğilim olup olmadığı, sıfır hipotezi "H_0: eğilim yok" ile kontrol edilmektedir. Hesaplanan bu Z'nin mutlak değeri, seçilen α anlamlılık düzeyine karşılık gelen normal dağılımın $Z_{\alpha/2}$ değerinden küçükse sıfır hipotezi kabul edilmektedir ve incelenen zaman serisinde eğilimin olmadığını göstermektedir. Büyükse incelenen zaman serisinde eğilimin olduğunu göstermektedir. Eğer test istatistiğinin (S) değeri pozitif ise eğilimin artan yönde olduğunu ve negatifse eğilimin azalan yönde olduğunu ifade etmektedir. Normal dağılıma ait Z değerleri standart normal dağılım tablosundan elde edilmektedir. Bu çalışmada farklı anlamlılık düzeylerine göre detaylı inceleme yapılmıştır.

3.3.2. Yenilikçi Eğilim Analizi (YEA)

YEA Şen, (2012) tarafından eğilimi tespiti için önerilen şematik bir yöntemdir. Bu yöntem, ardışık zaman serileri arasındaki değişimleri incelemeyi sağlamaktadır. Hiçbir kabulü içermemesi bu yöntemin en önemli özelliklerinden biridir (Akçay, 2018). Yöntemin en önemli avantajlarından biri; büyük, orta ve küçük değerler için yorum yapabilme kabiliyetinin olmasıdır (Kankal ve Akçay, 2019). Yöntemin bir zaman serisindeki kullanılışı (Şekil 3.5), zaman serisindeki veriler ilk veriden itibaren birbirine eşit uzunlukta olacak şekilde iki ayrı veri setine ayrılarak, küçükten büyüğe sıralanmaktadır. Daha sonra veriler ilk yarı seri (X_i) X ekseninde, ikinci yarı seri (X_j) Y ekseninde olacak şekilde çizilmektedir. Daha sonra 1:1 (45°) doğrusu çizilmekte ve işaretlenen veriler ile kıyaslama yapılmaktadır. Benzer zaman serileri yatay ve düşey eksenlere yerleştirildiğinde 1:1 (45°) doğrusu üzerine dağılacaklardır. Eğer incelenen zaman seri verileri 45° doğrusunun üzerinde dağılıyor ise incelenen zaman serisinde herhangi bir eğilimin olmadığını gösterir. Eğer incelenen zaman seri verileri 45° doğrusunun üst (alt) bölgesinde dağılıyor ise incelenen zaman serisinde artan

(azalan) yönde bir eğilimin olduğunu işaret etmektedir (Kankal ve Akçay, 2019). Yönteme ait detaylar için Şen, 2012, 2013 yayınları incelenebilir.



Şekil 3.5. YEA Yöntemi'ne Ait Grafik

3.3.3. Geliştirilmiş Görselleştirme ile Yenilikçi Eğilim Analizi (GG-YEA)

Zaman serileri, hidrometeorolojik değişkenlerin eğilim analizi çalışmaları için son derece önemlidir. Bu değişkenlerdeki eğilimler iklim ve havadaki değişikliklerden kaynaklanmaktadır (Conrad ve Pollak 1950). Şen'in (2012) tarafından ortaya konan YEA, monotonik veya monotonik olmayan artan veya azalan eğilimleri gösterdiği ve ayrıca veri dağılımının beş farklı eğilim koşulu göz önünde bulundurularak en küçük eğilimleri bile kolayca gösterdiği için eğilim analizinde yeni bakış açısı sağlamıştır (Güçlü, 2020). Ancak YEA, verilerin ve alt kategorilerin boyutunu (sayısını) göstermemektedir. YEA'nın yeni görsel türü olan GG-YEA, YEA'dan farklı olarak nesnel alt kategorilerin boyutunu (sayısını)

da göstermektedir. Bu yöntemi hesaplama adımları aşağıdaki gibidir ve YEA yönteminin ilk iki adımını içerir.

- n veri, a_1, a_2, …, a_n dahil olmak üzere verilen tüm veriler iki eşit seriye ayrılır.

$$\{b_{1,n/2}\} = \{a_1,a_2,\ldots,a_{n/2}\} \quad \{b_{2,n/2}\} = \{a_{n/2+1},a_{n/2+2},\ldots,a_n\} \tag{3.6}$$

- Her iki eşit parça artan şekilde sıralanır, böylece aynı sayıda öğeye sahip $\{s_1\}$ ve $\{s_2\}$ olmak üzere iki sıralı seri elde edilir.

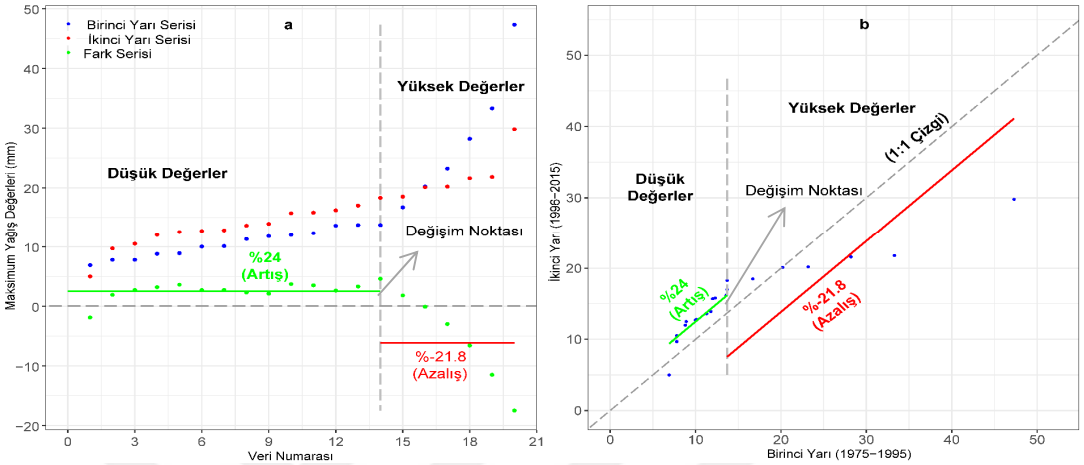
$$\{s_1\}=\{\min(b_{1,n/2}),\ldots b_i,\ldots,\max(b_{1,n/2})\} \ (1<i<n/2) \tag{3.7}$$

$$\{s_2\}=\{\min(b_{2,n/2}),\ldots bj,\ldots,\max(b_{2,n/2})\} \ (1<j<n/2) \tag{3.8}$$

- $\{s_1\}$ verileri dikey eksendedir, yatay eksende 1, 2, 3, ..., (n/2)−1, n/2 serisi değerlerine göre çizilir.
- $\{s_2\}$ verileri dikey eksendedir, yatay eksende 1, 2, 3, ..., (n/2)−1, n/2 serisi değerlerine göre çizilir.
- {s1} ve{s2}fark değerleri ({s1}-{s2}) dikey eksende gösterilir, yatay eksende yine 1, 2, 3, ..., (n/2)−1, n/2 serisi vardır.
- Tüm fark değerleri yatay eksene veya yatay eksenden önemsiz bir şekilde rastgele sapmalarla düşerse zaman serisinde önemli bir eğilim yoktur. Aksi takdirde, artan veya azalan eğilim bileşeni vardır. Fark değerleri yatay çizginin (y=0) üzerinde (aşağıda) ise, önemli ölçüde artan (azalan) bir eğilim vardır. Aynı rastgele verileri kullanan varsayımsal görselleştirmeler (Güçlü, 2020) yayınında sunulmaktadır.
- Son adım, fark verileri üzerinde değişim noktasını hesaplayan Pettitt testini kullanarak "yüksek" ve "düşük" değerler olarak adlandırılan objektif alt kategorileri tanımlamaktır.

Güçlü (2020)'nün önerdiği yönteme ait Şekil 3.6'nın yatay ekseninde (y=0 çizgisi) klasik 1:1 düz çizgi gibi çalıştığı söylenebilir. Çizginin aşağısı (yukarısı) azalan (artan) eğilim alanıdır ve çizgilerin üzerindeki veya çevresindeki dağılım noktaları eğilim olmadığını göstermektedir. GG-YEA'da verilerin eğiliminde bir değişim noktası varsa bunu tespit ederek düşük ve yüksek veri değerleri için ayrı ayrı eğilimin varlığını ve düzeyini tespit

edebilmektedir. Bu sayede eğilim düzeyi hakkında daha detaylı sonuçlar elde edilebilir. Yönteme ait detaylar Güçlü (2020) çalışmasında bulunabilir.



Şekil 3.6. GG-YEA Gösterim şablonu (a), klasik YEA gösterim şablonu (b)

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Türkiye'de bulunan 82 meteoroloji istasyonuna ait 1148 (82*14) veri setinin eğilim analizlerinde MK, YEA ve GG-YEA yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular alt başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

4.1. Mann-Kendall Yöntemine Ait Sonuçlar

MK eğilim analizi sonuçları Çizelge 4.1 - Çizelge 4.4, ve Şekil 4.1'de verilmiştir. Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1 incelendiğinde Türkiye çapında 1148 standart süreli yıllık en büyük yağış zaman serisinden 172 veri setinde (%15) %5 anlamlılık seviyesine göre istatistiksel olarak anlamlı artan eğilim tespit edilmiştir. Bu eğilim oranları kısa süreli yağışlarda %5, orta sürelilerde %20 ve uzun sürelilerde %18 oranında gerçekleşmiştir. 438 veri setinde (%38) artan ancak α=0,05 için istatistiksel olarak anlamlı olmayan eğilim tespit edilmiştir. Eğilim oranlarının kısa (%33), orta (%43) ve uzun süreli (%36) yağışlar için çokça değişmediği belirlenmiştir. Sadece 8 veri setinde (%1) α=0,05 için istatistiksel olarak anlamlı azalan eğilim tespit edilmiştir. 119 veri setinde ise (%10) azalan ancak α=0,05 için istatistiksel olarak anlamlı olmayan eğilim belirlenmiştir. Bu eğilimler daha çok kısa süreli (%21) yağışlarda görülmüş, onu sırasıyla uzun süreli (%7) ve orta süreli yağışlar (%5) izlemiştir. 411 veri setinde (%36) herhangi bir eğilim tespit edilmemiştir. Genel eğilimin artan yönde (%53) olduğu görülse dahi %5 anlamlılık düzeyi için istatistik olarak anlamlı artış eğilimi tüm verilerin sadece %15'inde ortaya çıkmıştır.

Kısa, orta ve uzun süreli yağışlara ait eğilimlerin bölgesel dağılımları sırasıyla Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Kısa süreli yağışlarda Doğu Anadolu Bölgesi hariç diğer bölgelerde %30 ila %50 arasındaki oranlarda herhangi bir eğilim tespit edilmemiştir. Doğu Anadolu bölgesindeki baskın eğilim %57 değeri ile azalma yönünde olmasına karşın bu eğilim %5 anlamlılık seviyesinde istatistik olarak anlamlı değildir. Akdeniz Bölgesi'nde de azalma eğilimi baskın olmasına karşın (%50), istatistik olarak anlamlı azalma eğilimi oranı %7 gibi bir değer ile düşük kalmıştır. Artış eğiliminin en baskın

olduğu bölge %58 ile Karadeniz Bölgesi'dir. Ancak bu oranın sadece %11'i istatistik olarak anlamlıdır.

Orta süreli yağışlar incelendiğinde belirgin bir şekilde kısa süreli yağışlara oranla artış yönünde eğilimlerin daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Özellikle Doğu Anadolu (%64), Karadeniz (%80), Ege (%89) ve Marmara (%74) büyük oranlarda artış yönünde eğilimler ortaya çıkmıştır. Özellikle Karadeniz Bölgesi'nde %41'lik bir oranda %5 anlamlılık seviyesinde istatistik olarak anlamlı artış eğilimi görülmüştür. Diğer üç bölgede bu oran %25 civarındadır. Hiçbir bölgede istatistik olarak anlamlı azalma eğilimi görülmemiştir. İstatistik olarak anlamlı olmayan azalma eğilimleri Akdeniz, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yaklaşık %15'lik oranla dikkat çekmektedir. Orta Anadolu'da yağışların %61'inde herhangi bir eğilime rastlanmamıştır. Diğer bölgelerden farklı olarak Doğu Anadolu Bölgesi'nde %12'si istatistik olarak anlamlı olmak üzere yağışlarda yaklaşık %30 oranında azalan yönde eğilim tespit edilmiştir.

Uzun süreli yağışlarda genel olarak artış yönünde bir eğilimin baskın olduğu söylenebilir. Özellikle Karadeniz Bölgesi (%70) ve Ege Bölgesi'nde (%87) dikkate değer artış eğilimleri görülmüştür. İstatistik olarak anlamlı artış eğilim oranları Karadeniz'de %37 iken Doğu Anadolu, Ege ve Marmara Bölgelerinde %20 civarındadır. Bölgesel sonuçlar incelendiğinde, Karadeniz bölgesinde %95 güven düzeyi için 31% oranda istatistik olarak anlamlı %40 oranında istatistik olarak anlamsız artan eğilim görülmektedir (Şekil 4.1). Bu oranlar bölgedeki orta süreli yağışlar için sırasıyla %41 ve %39 ile dikkat çekici değerlere ulaşmıştır. Karadeniz Bölgesi dışında artan yönde eğilimlerin %50'den fazla olduğu üç bölge (Doğu anadolu, Ege ve Marmara) daha bulunmaktadır. Ancak bu bölgelerde %95 güven düzeyinde anlamlı artışın olduğu yağışların oranı %18 civarındadır. Bölgelerde %25 ila %50 arasındaki oranlarda herhangi bir eğilime rastlanmamıştır (Şekil 4.1). Azalan yöndeki eğilimler Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde dikkat çekmesine karşın bu bölgelerdeki azalan yağışlara ait oran %30'u geçmemiştir ve bu azalmaların büyük bir kısmı da %5 anlamlılık seviyesinde istatistik olarak anlamsızdır. MK sonuçlarına ait eğilim haritaları EK1 bölümünde verilmektedir.

Çizelge 4.1. Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları

Bölge Adı	İstasyon Adı	Mann-Kendall Eğilimi													
		Standart Süre													
		Dakikalar				Saatler									
		5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
Akdeniz	Adana														
	Alanya														
	Anamur														
	Beyşehir														
	Burdur														
	Fethiye														
	Finike														
	İskenderun														
	Isparta														
	Mersin														
	Silifke														
Güneydoğu Anadolu	Adiyaman														
	Batman														
	Diyarbakır														
	Gaziantep														
	Kilis														
	Şanlıurfa														
	Siirt														
Doğu Anadolu	Ağrı														
	Bingöl														
	Bitlis														
	Elazığ														
	Iğdır														
	Muş														
Karadeniz	Amasya														
	Bartin														
	Bayburt														
	Bolu														
	Çorum														
	Düzce														
	Giresun														
	Gümüşhane														
	Hopa														
	İnebolu														
	Ordu														
	Rize														
	Samsun														
	Sinop														
	Tokat														
	Zonguldak														

Çizelge 4.1. Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları (devam)

Bölge Adı	İstasyon Adı	Mann-Kendall Eğilimi													
		Standart Süre													
		Dakikalar				Saatler									
		5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
İç Anadolu	Aksaray														
	Akşehir														
	Ankara														
	Çankırı														
	Cihanbeyli														
	Ereğli														
	Gemerek														
	Karaman														
	Kayseri														
	Kırıkkale														
	Kırşehir														
	Konya														
	Nevşehir														
	Niğde														
	Sivas														
	Yozgat														
Ege	Akhisar														
	Aydın														
	Bodrum														
	Çeşme														
	Denizli														
	Dikili														
	İzmir														
	Kuşadası														
	Manisa														
	Marmaris														
	Muğla														
Marmara	Ayvalık														
	Balıkesir														
	Bilecik														
	Bursa														
	Çanakkale														
	Edirne														
	Edremit														
	Florya														
	Gökçeada														
	Kırklareli														
	Kocaeli														
	Sakarya														
	Sarıyer														
	Tekirdağ														
	Yalova														

Azalan Eğilim (%)					Eğilim Yok	Artan Eğilim (%)				
>= -99	-99- -95	-95- -90	-90- -75	-75- -50	< %50	50-75	75-90	90-95	95-99	>=99

Çizelge 4.2. Kısa süreli yağışlar için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)

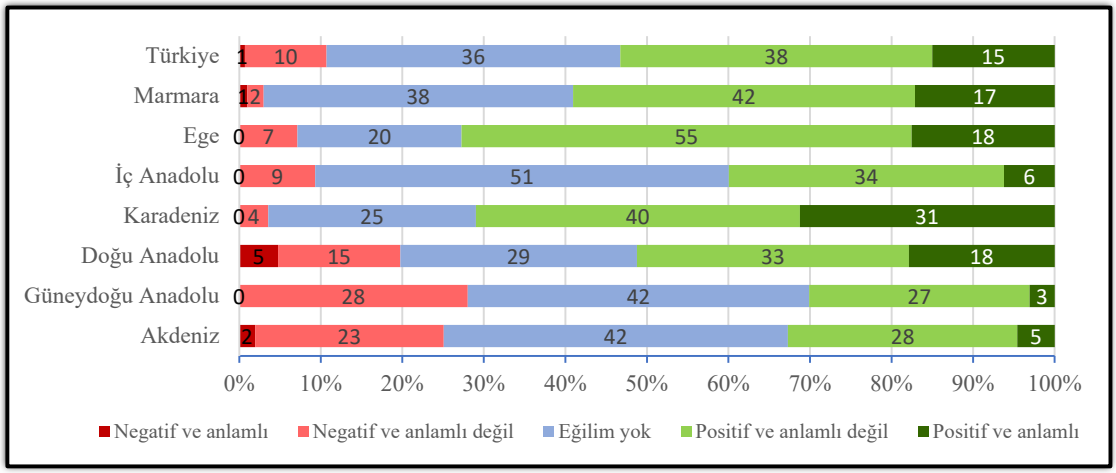
Bölge	Veri seti	Mann-Kendall Eğilimi (%)				
		Positif ve anlamlı	Positif ve anlamlı değil	Eğilim yok	Negatif ve anlamlı değil	Negatif ve anlamlı
Akdeniz	154 (11*14)	2	16	32	43	7
Güneydoğu Anadolu	98 (7*14)	0	22	21	57	0
Doğu Anadolu	84 (6*14)	4	33	46	13	4
Karadeniz	224 (16*14)	11	47	34	8	0
İç Anadolu	224 (16*14)	3	36	44	17	0
Ege	154 (11*14)	7	27	43	23	0
Marmara	210 (15*14)	5	37	50	6	2
Türkiye	1148 (82*14)	5	33	40	21	1

Çizelge 4.3. Orta süreli yağışlar için Mann-Kendall eğilim analiz sonuçlarının oransal dağılımı (%)

Bölge	Veri seti	Mann-Kendall Eğilimi (%)				
		Positif ve anlamlı	Positif ve anlamlı değil	Eğilim yok	Negatif ve anlamlı değil	Negatif ve anlamlı
Akdeniz	154 (11*14)	7	29	47	17	0
Güneydoğu Anadolu	98 (7*14)	0	29	59	12	0
Doğu Anadolu	84 (6*14)	25	39	19	17	0
Karadeniz	224 (16*14)	41	39	20	0	0
İç Anadolu	224 (16*14)	9	40	48	3	0
Ege	154 (11*14)	21	68	9	2	0
Marmara	210 (15*14)	23	51	26	0	0
Türkiye	1148 (82*14)	20	43	32	5	0

Çizelge 4.4. Uzun süreli yağışlar için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)

Bölge	Veri seti	Mann-Kendall Eğilimi (%)				
		Positif ve anlamlı	Positif ve anlamlı değil	Eğilim yok	Negatif ve anlamlı değil	Negatif ve anlamlı
Akdeniz	154 (11*14)	2	41	46	11	0
Güneydoğu Anadolu	98 (7*14)	11	32	36	21	0
Doğu Anadolu	84 (6*14)	21	25	25	17	12
Karadeniz	224 (16*14)	37	33	25	5	0
İç Anadolu	224 (16*14)	5	25	61	9	0
Ege	154 (11*14)	23	64	13	0	0
Marmara	210 (15*14)	20	33	45	2	0
Türkiye	1148 (82*14)	18	36	38	7	1



NOT: %99, %95 bu çalışma için istatistiksel olarak anlamlı güven düzeyi; %90, %75, %50 bu çalışma için istatistiksel olarak anlamlı olmayan güven düzeyidir.

Şekil 4.1. Mann-Kendall eğilim analizi sonuçlarının farklı güven düzeyindeki oransal dağılımı (%)

4.2. Yenilikçi Eğilim Analizi (YEA) Sonuçları

YEA eğilim analizi sonuçları Çizelge 4.5 ve Şekil 4.2'de sunulmuştur. Değerlendirmede %5`in üzerindeki değişimler anlamlı ve altındaki değişimler anlamsız değişim olarak verilmiştir (Şen, 2020b). Sonuçlar ayrıca bölgelere göre sınıflandırılarak kısa, orta ve uzun süreli ve tüm yağışlar için sırasıyla Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de sunulmuştur. Türkiye çapında 1148 standart süreli yıllık en büyük yağış zaman serisinden 724 veri setinde (%63) artan eğilim tespit edilmiştir. Bu eğilim oranları kısa süreli yağışlarda (%46), orta süreli (%72) ve uzun süreli (%67) yağışlara oranla daha düşüktür. Azalan eğilimin tespit edildiği zaman serileri sadece %17 oranındadır. Azalan eğilimler daha çok kısa süreli (%33) yağışlarda görülmüştür. 233 (%20) zaman serisinde herhangi bir eğilim tespit edilmemiştir. Eğilim tespit edilen zaman serilerde yağışlardaki değişim yüzdesine bakıldığında, hem artış hem de azalış yönündeki eğilimlerde değişimlerin çoğunlukla %5-15 ve %15-30 arasında olduğu görülmektedir (Şekil 4.2). Yağış değerlerinin %30-45 aralığında değişimi, Doğu Anadolu Bölgesi'nde %17 oranında azalma eğilimi ve Marmara Bölgesi'nde %9 artma eğilimi ile dikkat çekmektedir. Yağış miktarında %30'un üzerindeki değişimler, Akdeniz Bölgesi'nde kısa süreli yağışlar için Adana (azalma) ve Beyşehir (artış) istasyonlarında meydana gelmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yine kısa süreli yağışlarda Şanlıurfa istasyonunda %30-%45 arasında bir azalma meydana gelmiştir. Doğu Anadolu'da bulunan Ağrı'da bu azalma miktarı 24 saatlik yağış dışındaki tüm süreler için yaşanmıştır. Karadeniz Bölgesi'ndeki Sinop ve Samsun, İç Anadolu Bölgesi'ndeki Cihanbeyli ve Ege Bölgesi'ndeki Aydın ve Dikili istasyonlarında orta süreli yağışlar için benzer oranlarda artış eğilimleri görülmüştür. Marmara Bölgesi'nde ise Edirne ve Gökçeada istasyonlarında orta ve uzun süreli yağışlar için (24 saatin dışında) yağış miktarı değişimi %30'un üzerinde çıkmıştır.

Kısa süreli yağışlarda Güneydoğu Anadolu Bölgesi hariç %17 ila %27 arasındaki oranlarda herhangi bir eğilime rastlanmamıştır (Çizelge 4.6). Güneydoğu Anadolu (%75), Akdeniz (%59) ve Doğu Anadolu (%42) bölgelerinde eğilimler çoğunlukla azalan yöndeyken Marmara (%60), Karadeniz (%56), Ege (%52) ve İç Anadolu (%48) bölgelerinde daha çok artan yönde eğilimler tespit edilmiştir.

Orta süreli yağışlar incelendiğinde, kısa süreli yağışlara oranla artış yönünde eğilimlerin belirgin bir şekilde fazlalaştığı tespit edilmiştir. Bu eğilimler Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri dışında %60'ın üzerinde bir oranla gerçekleşmiştir. Artan (azalan) eğilim Akdeniz Bölgesi'nde %39 (%26) ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde %38 (%33) oranında gerçekleşmiştir. Yaklaşık %30 oranına sahip üç bölge (Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu) dışındaki bölgelerde, eğilimin tespit edilmediği aylar %20 oranının altında kalmıştır.

Uzun süreli yağışlarda da orta süreli yağışlara benzer şekilde artış eğilimlerinin çoğunlukta olduğu bir durum ortaya çıkmıştır. Artan yönde eğilimlerin Karadeniz (%76), Ege (%84) ve Marmara (%87) bölgelerinde oldukça baskın olduğunu görülmektedir. Bölgelerde eğilim tespit edilmediği zaman serilerinin oranı %9 ila %41 arasında değişmektedir. Azalan yönde eğilimlerin Akdeniz (%18) ile Güneydoğu (%22) ve Doğu Anadolu bölgelerinde (%38) diğer bölgelere göre (ortalama 6) daha büyük oranda meydana geldiği belirlenmiştir.

Tüm zaman sınıflarındaki yağış değerlerine ait eğilimlerin bölgesel dağılımları Çizelge 4.7'de verilmiştir. En yüksek orandaki değişim Marmara Bölgesi'nde (%82) artan yönde eğilim ile gerçekleşmiştir. Bu bölgeyi sırasıyla Ege (%78) ve Karadeniz (%75) bölgeleri izlemiştir. Bölgelerde eğilimin olmadığı zaman serilerini oranı %11 ila %34 arasındadır (ortalama %20). Doğu Anadolu (%30), Akdeniz (%33) ve Güneydoğu Anadolu (%42) bölgerinde diğer bölgelere oranla dikkate değer azalan yönde eğilimler tespit edilmiştir. YEA sonuçlarına ait eğilim haritaları EK2 bölümünde verilmektedir.

Çizelge 4.5. Yenilikçi Eğilim Analizi (YEA) sonuçları

Bölge Adı	İstasyon Adı	YEA Eğilimi													
		Standart Süre													
		Dakikalar				Saatler									
		5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
Akdeniz	Adana														
	Alanya														
	Anamur														
	Beyşehir														
	Burdur														
	Fethiye														
	Finike														
	İskenderun														
	Isparta														
	Mersin														
	Silifke														
Güneydoğu Anadolu	Adiyaman														
	Batman														
	Diyarbakır														
	Gaziantep														
	Kilis														
	Şanlıurfa														
	Siirt														
Doğu Anadolu	Ağrı														
	Bingöl														
	Bitlis														
	Elazığ														
	Iğdır														
	Muş														
Karadeniz	Amasya														
	Bartin														
	Bayburt														
	Bolu														
	Corum														
	Düzce														
	Giresun														
	Gümüşhane														
	Hopa														
	İnebolu														
	Ordu														
	Rize														
	Samsun														
	Sinop														
	Tokat														
	Zonguldak														

Çizelge 4.5. Yenilikçi Eğilim Analizi (YEA) sonuçları (devam)

Bölge Adı	İstasyon Adı	YEA Eğilimi													
		Standart Süre													
		Dakikalar				Saatler									
		5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
İç Anadolu	Aksaray														
	Akşehir														
	Ankara														
	Çankırı														
	Cihanbeyli														
	Ereğli														
	Gemerek														
	Karaman														
	Kayseri														
	Kırıkkale														
	Kırşehir														
	Konya														
	Nevşehir														
	Niğde														
	Sivas														
	Yozgat														
Ege	Akhisar														
	Aydın														
	Bodrum														
	Çeşme														
	Denizli														
	Dikili														
	İzmir														
	Kuşadası														
	Manisa														
	Marmaris														
	Muğla														
Marmara	Ayvalık														
	Balıkesir														
	Bilecik														
	Bursa														
	Çanakkale														
	Edirne														
	Edremit														
	Florya														
	Gökçeada														
	Kırklareli														
	Kocaeli														
	Sakarya														
	Sarıyer														
	Tekirdağ														
	Yalova														

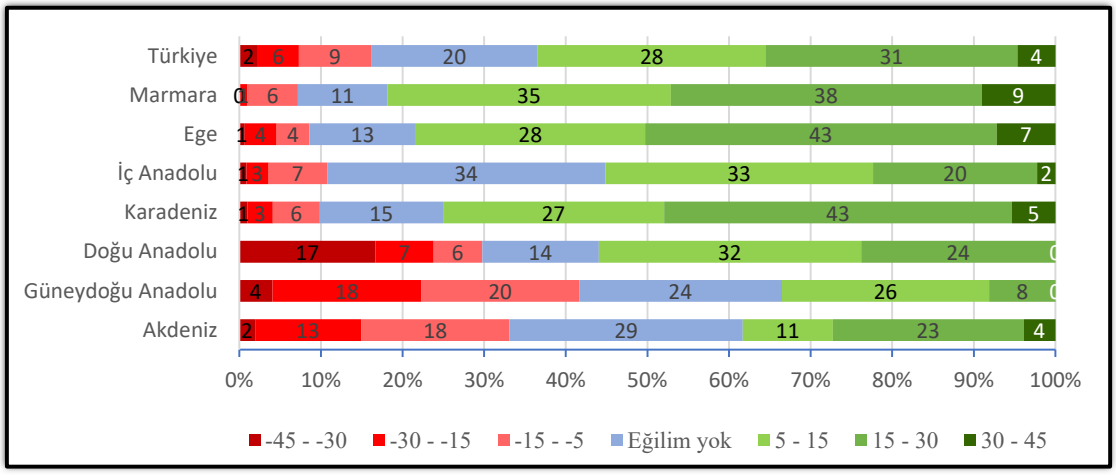
Azalan Eğilim (%)			Eğilim Yok (%)	Artan Eğilim (%)		
(-45) – (-30)	(-30) – (-15)	(-15) – (-5)	(-5) – (5)	5 - 15	15 - 30	30 - 45

Çizelge 4.6. Farklı standart süreler için YEA sonuçlarının oransal dağılımı (%)

Bölge	Veri seti	YEA Eğilimi (%)								
		Kısa süreli Yağışlar			Orta Süreli Yağışlar			Uzun Süreli Yağışlar		
		Artan	Yok	Azalan	Artan	Yok	Azalan	Artan	yok	Azalan
Akdeniz	154 (11*14)	21	20	59	39	35	26	55	27	18
Güneydoğu Anadolu	98 (7*14)	21	4	75	38	29	33	39	39	22
Doğu Anadolu	84 (6*14)	33	25	42	75	8	17	50	12	38
Karadeniz	224 (16*14)	56	17	27	88	11	1	76	19	5
İç Anadolu	224 (16*14)	48	25	27	62	35	3	53	41	6
Ege	154 (11*14)	52	25	23	91	8	1	84	9	7
Marmara	210 (15*14)	60	27	13	93	1	6	87	10	3
Türkiye	1148 (82*14)	46	21	33	72	18	10	67	22	11

Çizelge 4.7. YEA sonuçlarının oransal dağılımı (%)

Bölge	Veri seti	YEA Eğilimi (%)		
		Artan	Yok	Azalan
Akdeniz	154 (11*14)	38	29	33
Güneydoğu Anadolu	98 (7*14)	34	24	42
Doğu Anadolu	84 (6*14)	56	14	30
Karadeniz	224 (16*14)	75	15	10
İç Anadolu	224 (16*14)	55	34	11
Ege	154 (11*14)	78	13	9
Marmara	210 (15*14)	82	11	7
Türkiye	1148 (82*14)	63	20	17



Şekil 4.2. YEA sonuçlarına göre değişim miktarlarının oransal dağılımı (%)

4.3. Geliştirilmiş Görselleştirme ile Yenilikçi Eğilim Analizi (GG-YEA) Sonuçları

GG-YEA sonuçları Çizelge 4.8 – Çizelge 4.12 ile Şekil 4.3 – Şekil 4.4'de verilmiştir. Türkiye genelinde 1148 adet standart süreli yıllık en büyük yağış zaman serisinden düşük (yüksek) kategori değerlerine göre %61 (%63) orana karşılık gelen 698 (717) veri setinde artan eğilim tespit edilmiştir. Bu eğilim oranları kısa süreli yağışlarda %57 (%45), orta sürelilerde %68 (%72) ve uzun süreli yağışlarda %54 (%68) oranında tespit edilmiştir. Hem yüksek hem de düşük değerler için yaklaşık %22 oranında azalan yönde eğilim tespit edilmiştir. Bu eğilimler kısa süreli yağışlarda düşük (yüksek) değerler için %29 (%40), orta sürelilerde %17 (%13) ve uzun sürelilerde %23 (%16) oranında gerçekleşmiştir. Düşük (yüksek) değerler için %17 (%15) oranında herhangi bir eğilim tespit edilmemiştir.

Çizelge 4.8, Çizelge 4.9, EK3 ve EK4 bölümünde verilen şekiller incelendiğinde düşük ve yüksek değerler için eğilim davranışları büyük bir benzerlik göstermektedir. Ancak bazı istasyonlarda düşük ve yüksek değerler birbirinden farklı eğilimler sergilemişlerdir (Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9). Örneğin Zonguldak (Karadeniz) ve Yalova (Marmara) istasyonlarında hemen hemen tüm süreler için düşük değerlerde artış yüksek değerlerde azalma gözlenmiştir. Gaziantep (Güneydoğu Anadolu) ile Aksaray ve Ankara (İç Anadolu) istasyonlarında orta ve

uzun süreli yağışlar benzer bir durum ortaya çıkmıştır. Çankırı (İç Anadolu) istasyonunda ise tam tersi düşük değerlerde artış yüksek değerlerde azalma meydana gelmiştir. Siirt (Güneydoğu Anadolu) ve Akşehir (İç Anadolu) istasyonlarının uzun süreli düşük yağışlarında azalma yüksek yağışlarında ise artma eğilimi ortaya çıkmıştır. Türkiye'nin güneyinde bulunan illerden Adana ve Kilis (Alanya ve İskenderun) için orta süreli yağışların düşük değerlerinde azalma (artma) meydana gelirken yüksek değerlerinde bir artma (azalma) tespit edilmiştir. Hopa (Karadeniz), İzmir (Ege) ve Bilecik (Marmara) istasyonlarının kısa süreli yağışlarındaki düşük değerlerde artış varken yüksek değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir.

Kısa, orta ve uzun süreli yağışlara ait eğilimlerin bölgesel dağılımları Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de sunulmuştur. Kısa süreli yağışlara ait düşük kategori değerleri incelendiğinde, Doğu Anadolu (%71), Karadeniz (%70), Ege (%66) ve Marmara (%62) bölgelerinde büyük oranda (>%60) eğilimin artan yönde olduğu belirlenmiştir. Yüksek değerler için artış oranının %50'yi geçtiği sadece iki bölge vardır. Bunlar Karadeniz ve Marmara bölgeleridir. Düşük değerlerde azalma eğiliminin baskın olduğu bölgeler Akdeniz (%41) ve Güneydoğu Anadolu'dur (%57). Yüksek değerler için bu bölgelere %54 oranı ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi eklenmiştir. Herhangi bir eğilim tespit edilmeyen yağış zaman serilerin oranı Doğu Anadolu Bölgesi dışında genellikle %15 civarındadır. Kısa süreli yağışlarda düşük kategori değerleri yüksek kategori değerlerine oranla daha fazla artan yönde eğilimin sergilemişlerdir.

Orta süreli yağışların her iki kategori değerlerinde kısa süreli yağışlara oranla belirgin bir şekilde artan yönde eğilimlerin daha fazla olduğu görülmüştür. Bu artan eğilimler Güneydoğu Anadolu Bölgesi istasyonlarının düşük değerleri hariç her iki sınıftada %50'nin üstünde bir oranda gerçekleşmiştir. Artış yönündeki eğilimler özellikle Marmara, Ege ve Karadeniz bölgelerinde her iki kategoride %80 civarındaki değerleri dikkat çekmektedir. Azalan yönde eğilim baskın olduğu tek durum %52 oranı ile düşük değerler için Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşmiştir.

Uzun süreli yağışlarında artan yönde eğilim düşük kategori değerleri için Marmara (%67), Ege (%61) ve Karadeniz (%86) bölgelerinde baskınken, yüksek kategori değerler için Doğu Anadolu Bölgesi dışındaki tüm bölgelerde baskın olmuştur. Yüksek kategoride artış oranları

Marmara ve Ege bölgelerinde %80'nin üzerine çıkmıştır. Azalan yönde eğilimler ise düşük değerlerde sadece Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde (%50) ve yüksek değerlerde ise sadece Doğu Anadolu Bölgesi'nde (%46) baskın çıkmıştır. Eğilimin tespit edilemediği zaman serilerine ait oranlar düşük sınıf için ortalama %23 yüksek sınıf için ortalama %16 olarak gerçekleşmiştir.

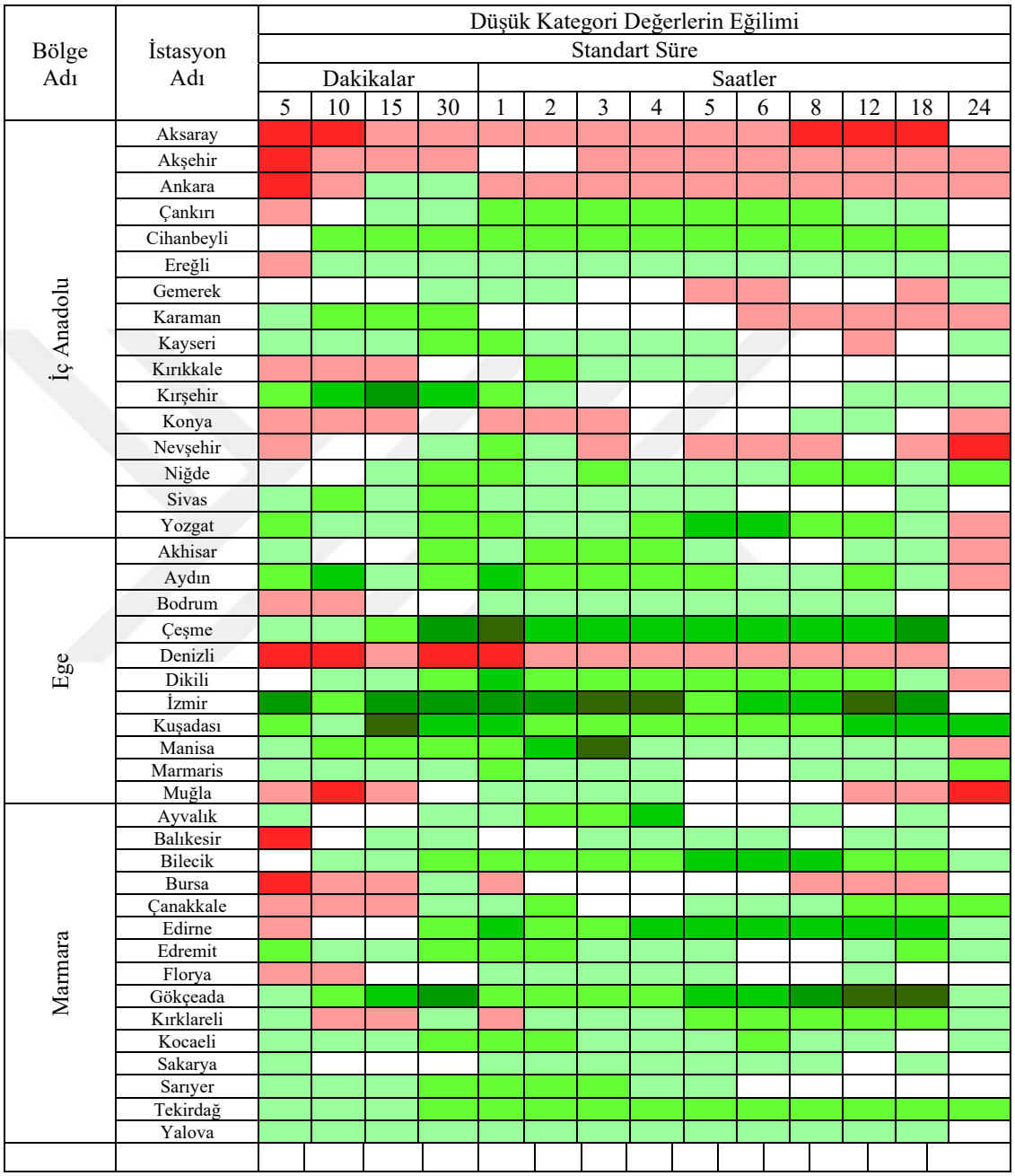
14 standart süreye ait zaman serilerinin birlikte değerlendirmesi yapılmış ve bölgelere göre dağılımı Çizelge 4.12'de verilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin düşük değerleri dışında tüm zaman serilerinde artış yönünde eğilim daha fazla görülmüştür. Düşük değerler için özellikle Karadeniz (84%), Ege (72%) ve Marmara (%72); büyük değerler için Marmara (%79) ve Ege (%72) bölgelerindeki artış oranları dikkat çekmektedir. Azalan eğilimin en fazla görüldüğü bölge hem düşük (%53) hem de yüksek değerler (%38) için Güneydoğu Anadolu Bölgesi olmuştur. Eğilim olmadığı zaman serisi oranı her iki sınıf içinde genellikle %30'un altında kalmıştır.

GG-YEA yöntemine göre zaman serilerin değişim noktaların histogramlarını Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de verilmiştir. İlgili şekilleri incelendiğinde kısa süreli yağışların değişim noktaları simetriğe yakın bir dağılım göstermiş ve değişim noktalarının çoğu 8 ve 9 değerlerinde toplanırken sağ ve sol kenar (kuyruk) kısımlara giderken frekans azalmaktadır. Ancak histogramın sağ kuyruğunda 10 ve 13 değerlerinde tekrar bir yükseliş görülmektedir. Orta ve uzun süreli yağışların değişim noktaları sağa çarpık bir dağılım göstermiş ve değişim noktaları orta süreli yağışlarda çoğu 9 ve 10 değerlerinde toplanırken uzun süreli yağışlarda 8 ve 9 değerlerinde toplanmıştır. Sağ ve sol kuyruklara doğru frekans daha düşmekte ancak orta süreli yağışlarda histogramın sağ kuyruğunda 11 ve 14 değerlerinde ve uzun süreli yağışlarda histogramın sol kuyruğunda 7 değerinde ve sağ kuyruğun 14 değerinde tekrardan bir yükseliş görülmektedir. GG-YEA sonuçlarına ait eğilim haritaları EK3 ve EK4 bölümünde sunulmaktadır.

Çizelge 4.8. Geliştirilmiş Görselleştirme ile Yenilikçi Eğilim Analizi (GG-YEA) düşük kategori değerlerin sonuçları

Bölge Adı	İstasyon Adı	Düşük Kategori Değerlerin Eğilimi													
		Standart Süre													
		Dakikalar				Saatler									
		5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
Akdeniz	Adana														
	Alanya														
	Anamur														
	Beyşehir														
	Burdur														
	Fethiye														
	Finike														
	İskenderun														
	Isparta														
	Mersin														
	Silifke														
Güneydoğu Anadolu	Adiyaman														
	Batman														
	Diyarbakır														
	Gaziantep														
	Kilis														
	Şanlıurfa														
	Siirt														
Doğu Anadolu	Ağrı														
	Bingöl														
	Bitlis														
	Elazığ														
	Iğdır														
	Muş														
Karadeniz	Amasya														
	Bartin														
	Bayburt														
	Bolu														
	Çorum														
	Düzce														
	Giresun														
	Gümüşhane														
	Hopa														
	İnebolu														
	Ordu														
	Rize														
	Samsun														
	Sinop														
	Tokat														
	Zonguldak														

Çizelge 4.8. Geliştirilmiş Görselleştirme ile Yenilikçi Eğilim Analizi (GG-YEA) düşük kategori değerlerin sonuçları (devam)

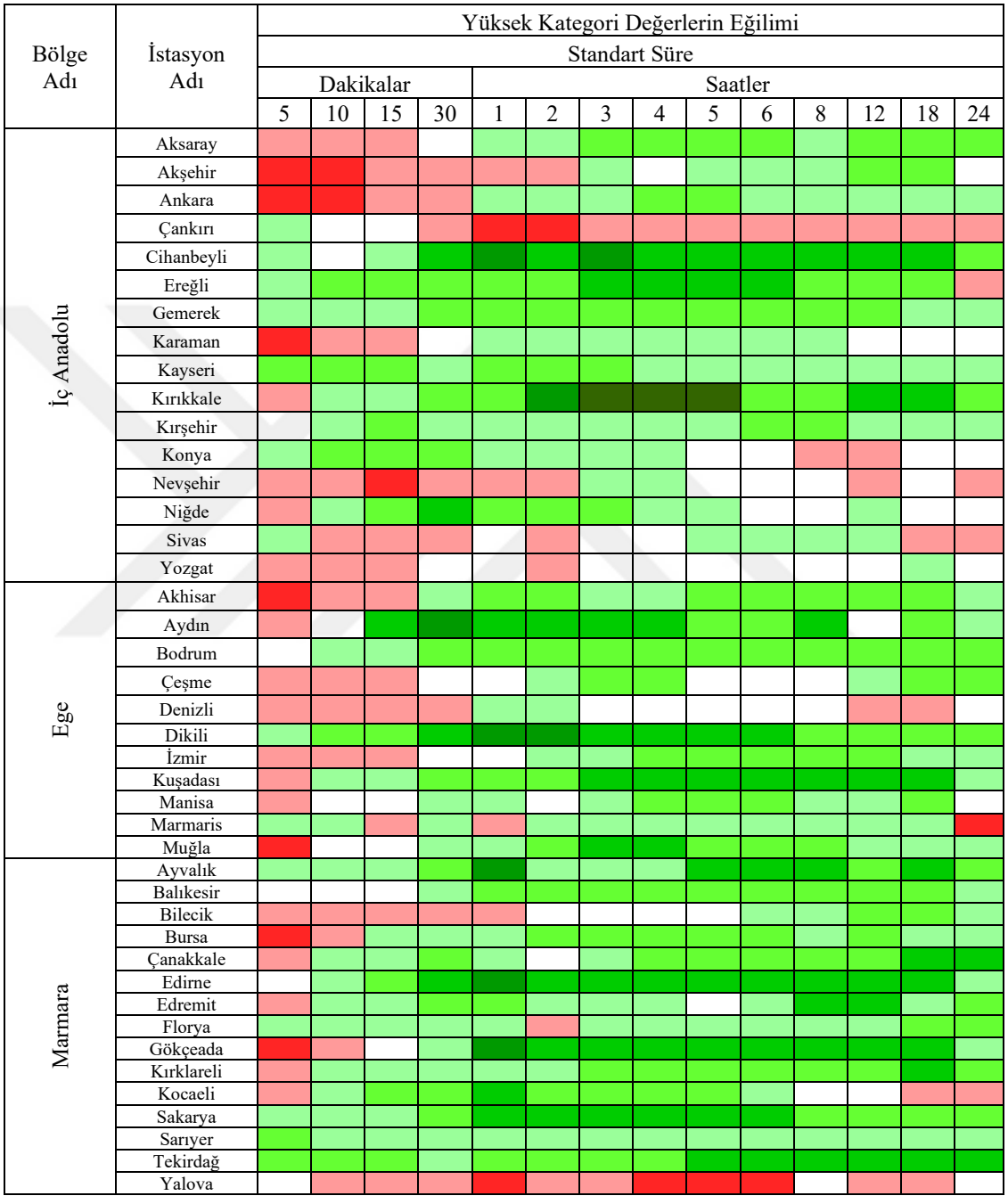


Azalan Eğilim (%)		Eğilim Yok (%)	Artan Eğilim (%)				
(-40) – (-20)	(-20) – (-5)	(-5) – (5)	5 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	> 80

Çizelge 4.9. Geliştirilmiş Görselleştirme ile Yenilikçi Eğilim Analizi (GG-YEA) yüksek kategori değerlerin sonuçları

Bölge Adı	İstasyon Adı	Yüksek Kategori Değerlerin Eğilimi													
		Standart Süre													
		Dakikalar				Saatler									
		5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
Akdeniz	Adana														
	Alanya														
	Anamur														
	Beyşehir														
	Burdur														
	Fethiye														
	Finike														
	İskenderun														
	Isparta														
	Mersin														
	Silifke														
Güneydoğu Anadolu	Adiyaman														
	Batman														
	Diyarbakır														
	Gaziantep														
	Kilis														
	Şanlıurfa														
	Siirt														
Doğu Anadolu	Ağrı														
	Bingöl														
	Bitlis														
	Elazığ														
	Iğdır														
	Muş														
Karadeniz	Amasya														
	Bartin														
	Bayburt														
	Bolu														
	Çorum														
	Düzce														
	Giresun														
	Gümüşhane														
	Hopa														
	İnebolu														
	Ordu														
	Rize														
	Samsun														
	Sinop														
	Tokat														
	Zonguldak														

Çizelge 4.9. Geliştirilmiş Görselleştirme ile Yenilikçi Eğilim Analizi (GG-YEA) yüksek kategori değerlerin sonuçları (devam)



Azalan Eğilim (%)		Eğilim Yok (%)	Artan Eğilim (%)				
(-40) – (-20)	(-20) – (-5)	(-5) – (5)	5 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	> 80

Çizelge 4.10. Farklı standart süreler için GG-YEA düşük kategori değerlerin eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)

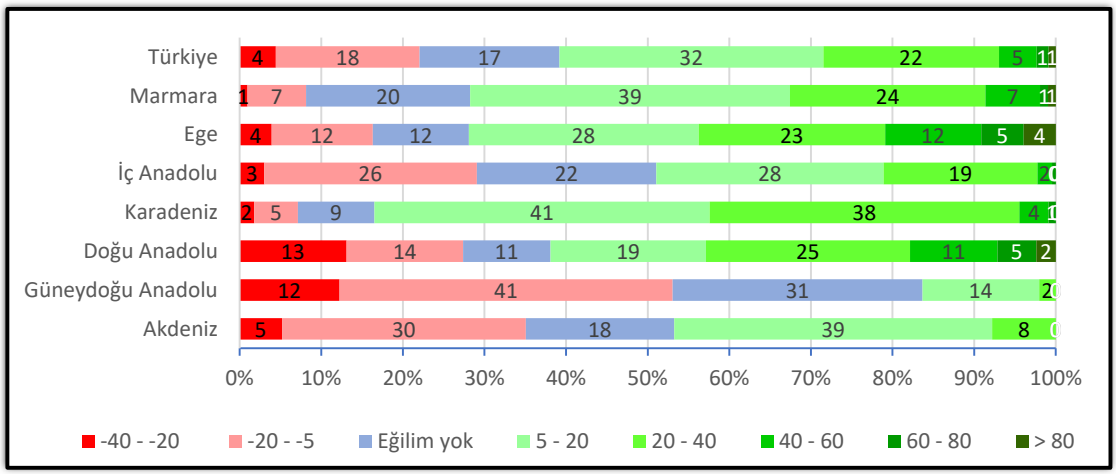
Bölge	Veri seti	GG-YEA Düşük kategori değerlerin eğilimi (%)								
		Kısa Süreli Yağışlar			Orta Süreli Yağışlar			Uzun Süreli Yağışlar		
		Artan	Yok	Azalan	Artan	Yok	Azalan	Artan	Yok	Azalan
Akdeniz	154 (11*14)	39	20	41	55	12	33	43	25	32
Güneydoğu Anadolu	98 (7*14)	25	18	57	17	31	52	7	43	50
Doğu Anadolu	84 (6*14)	71	0	29	69	14	17	42	16	42
Karadeniz	224 (16*14)	70	10	20	91	8	1	86	11	3
İç Anadolu	224 (16*14)	53	17	30	52	22	26	39	27	34
Ege	154 (11*14)	66	14	20	83	8	9	61	16	23
Marmara	210 (15*14)	62	18	20	82	16	2	67	28	5
Türkiye	1148 (82*14)	57	14	29	68	15	17	54	23	23

Çizelge 4.11. Farklı standart süreler için GG-YEA yüksek kategori değerlerin eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)

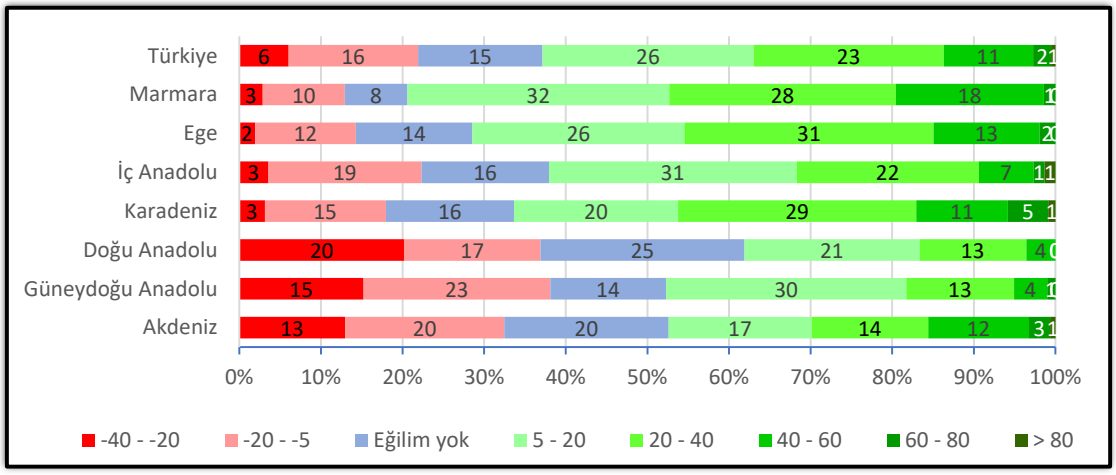
Bölge	Veri seti	GG-YEA Yüksek kategori değerlerin eğilimi (%)								
		Kısa Süreli Yağışlar			Orta Süreli Yağışlar			Uzun Süreli Yağışlar		
		Artan	Yok	Azalan	Artan	Yok	Azalan	Artan	Yok	Azalan
Akdeniz	154 (11*14)	21	20	59	56	20	24	61	21	18
Güneydoğu Anadolu	98 (7*14)	25	11	64	57	12	31	57	21	22
Doğu Anadolu	84 (6*14)	13	33	54	56	25	19	37	17	46
Karadeniz	224 (16*14)	55	14	31	74	17	9	67	16	17
İç Anadolu	224 (16*14)	47	11	42	73	15	12	61	22	17
Ege	154 (11*14)	41	18	41	85	14	2	82	11	7
Marmara	210 (15*14)	65	10	25	84	7	9	86	7	7
Türkiye	1148 (82*14)	45	15	40	72	15	13	68	16	16

Çizelge 4.12. GG-YEA eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)

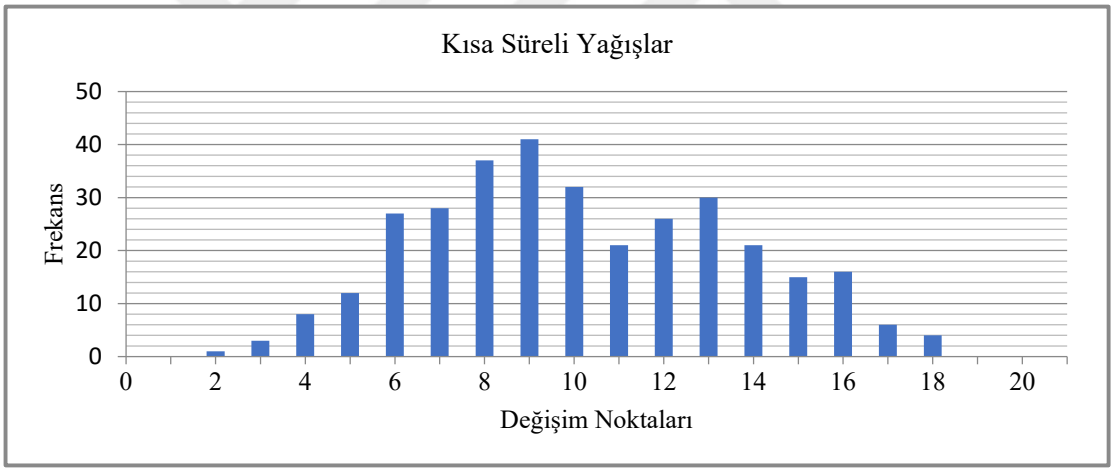
Bölge	Veri seti	GG-YEA Eğilimi (%)					
		Düşük kategori değerlerin eğilimi (%)			Yüksek kategori değerlerin eğilimi (%)		
		Artan	Yok	Azalan	Artan	Yok	Azalan
Akdeniz	154 (11*14)	47	18	35	47	20	33
Güneydoğu Anadolu	98 (7*14)	16	31	53	48	14	38
Doğu Anadolu	84 (6*14)	62	11	27	38	25	37
Karadeniz	224 (16*14)	84	9	7	66	16	18
İç Anadolu	224 (16*14)	49	22	29	62	16	22
Ege	154 (11*14)	72	12	16	72	14	14
Marmara	210 (15*14)	72	20	8	79	8	13
Türkiye	1148 (82*14)	61	17	22	63	15	22



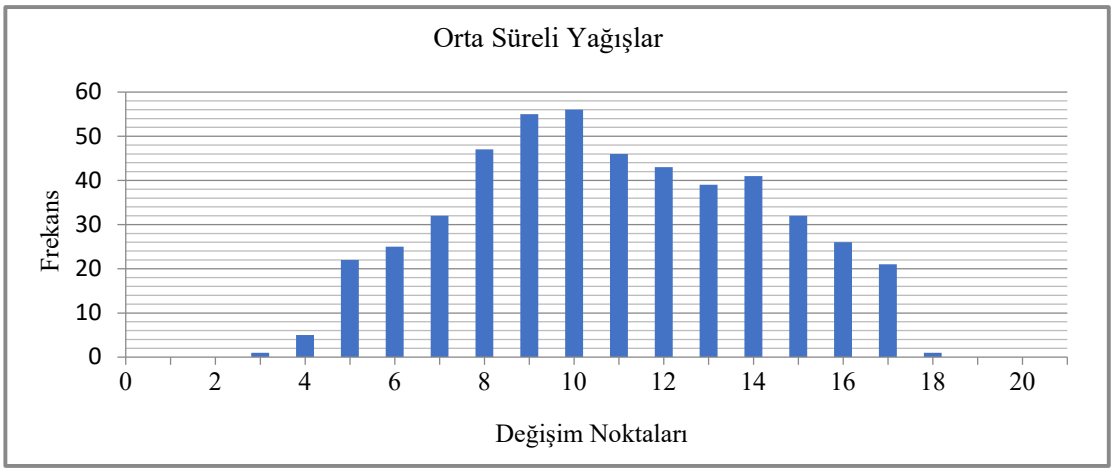
Şekil 4.3. GG-YEA düşük kategori değerlerin farklı aralıktaki eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)



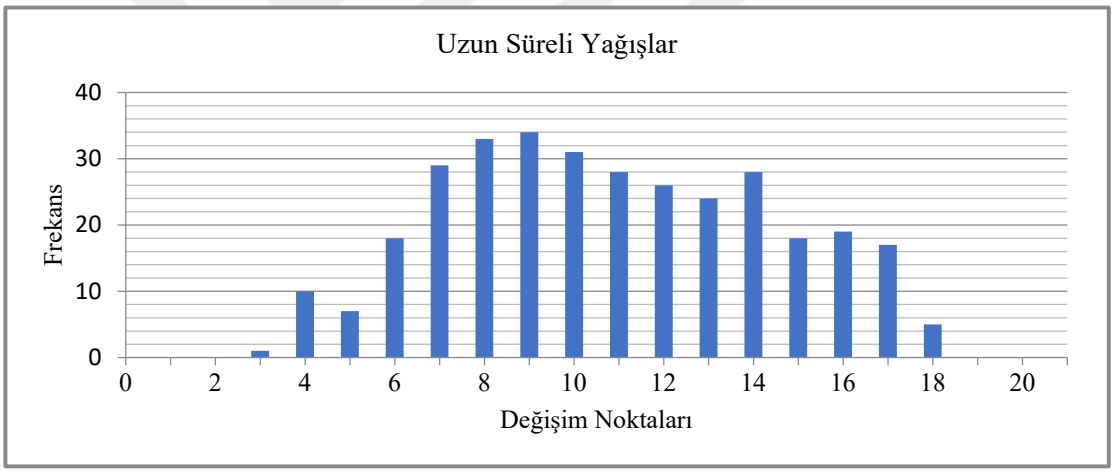
Şekil 4.4. GG-YEA yüksek kategori değerlerin farklı aralıktaki eğilim analizi sonuçlarının oransal dağılımı (%)



Şekil 4.5. Kısa süreli yağışların değişim noktaları histogramı



Şekil 4.6. Orta süreli yağışların değişim noktaları histogramı



Şekil 4.7. Uzun süreli yağışların değişim noktaları histogramı

4.4. Yöntemlerin Karşılaştırılması

Klasik ve en sık kullanılan MK, zaman serisinin farklı kategori arasında ayrım yapmadan tüm zaman serilerini dikkate alarak bilgi vermektedir. Ancak grafiksel metotlar "düşük", "orta" ve "yüksek" kategori şeklinde sınıflandırma yaparak zaman serisi değerlerinin farklı seviyelerdeki eğilim hakkında bilgi sağlamaktadır (Öztopal ve Şen, 2017).

Bu çalışmada MK, YEA ve GG-YEA yöntemlerinin sonuçlarına ait eğilim haritaları EK'ler bölümünde verilmiştir. Kısa süreli ekstrem yağışların sonuçları incelendiğinde Türkiye genelinde Karadeniz, Marmara ve Ege kıyılarında MK ve YEA yöntemlerine göre baskın eğilim artan yönde olduğu görülmektedir. Akdeniz kıyıları dahil olmak üzere ülkenin iç kısımlarda baskın eğilim azalan yönde gerçekleşmiştir.

Orta süreli yağışlarda ülke genelinde (Ağrı, Siirt, Şanlıurfa, Burdur ve Yalova istasyonları hariç) YEA yöntemi sonuçlarına göre belirgin şekilde artış eğilimi hakimdir. MK sonuçlarına göre ülkenin Akdeniz Bölgesi hariç kıyı kesimlerinde artan eğilim hakimken Akdeniz Bölgesi ve iç kesimlerde eğilim tespit edilmemiştir. Her iki yönteme göre de Ağrı, Siirt, Şanlıurfa ve Burdur istasyonlarında hemen hemen tüm sürelerde azalan eğilim tespit edilmiştir.

Uzun süreli yağışlar incelendiğinde, MK ve YEA yöntemleri sonuçlarının Karadeniz, Marmara ve Ege bölgelerinde oldukça benzer olduğu görülmüştür. MK Yöntemi'ne göre Ağrı ve Bingöl istasyonlarında dikkate değer azalan eğilim ortaya çıkmıştır. YEA'ya göre Türkiye genelinde Güneydoğu Anadolu Bölgesi hariç baskın eğilimin artış yönünde olduğu tespit edilmiştir. Artan eğilimin en şiddetli olduğu bölgeler Marmara, Karadeniz ve Ege bölgeleridir. Azalan eğilimin en yoğun olduğu istasyonlar Ağrı, Bitlis, Adana ve Alanya istasyonları olarak tespit edilmiştir.

Kısa süreli aşırı yağışların sonuçları karşılaştırıldığında yüksek ve düşük (Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgeleri hariç) kategori değerleri ile YEA değerleri benzerlik göstermektedir. Benzerlik göstermeyen Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgelerinin aşırı yağış düşük kategori değerlerinde YEA'ya göre daha yüksek oranda artan eğilim tespit edilmiştir. Orta süreli aşırı yağışların YEA ve GG-YEA sonuçları karşılaştırıldığında hemen hemen benzer sonuçlara rastlanmıştır. Uzun süreli yağışlar incelendiğinde GG-YEA yüksek kategori değerleri ve YEA sonuçlarına göre ülke çapında artan eğilimin baskın olduğu ve yüksek kategori yağışlar ile YEA sonuçları hemen hemen aynı eğilimi gösterdiği saptanmıştır. GG-YEA düşük kategori değerlerinin eğilim analizi sonuçlarına göre artan eğilimlerin genellikle Karadeniz, Marmara ve Ege kıyılarında olduğu görülmektedir. Uzun süreli aşırı yağışların YEA ve GG-YEA düşük değerleri sonuçlarına göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde YEA yönteminde

artan eğilim görülme oranı %39 iken bu oran GG-YEA düşük kategori sonuçlarında %7 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca İç Anadolu Bölgesi'nde YEA'da %6 oranında azalan eğilim gözlenirken GG-YEA düşük kategoride bu durum %34 olarak hesaplanmıştır. Bahsi geçen bölgeler dışında diğer bölgelerde yöntemlerin bulguları büyük oranda uyuşmaktadır.

Eğilim analizi yöntemlerinin bulguları incelendiğinde, yöntemler arasındaki eğilimi tespit etme hassasiyeti birbirinden farklı olduğunu açık bir şekilde görülmektedir. Elde edilen bulgulara göre YEA Yöntemi MK Yöntemi'ne göre daha yüksek oranda eğilim varlığı tespitinde bulunmuştur. Örneğin Kırıkkale, Ayvalık ve Balıkesir istasyonlarında MK Yöntemi'ne göre orta ve uzun süreli yağışlarda eğilim yokken YEA'ya göre artan yönde eğilim olduğu tespit edilmiştir. Muş İstasyonu'nun kısa süreli yağışlarında MK Yöntemi'ne göre eğilim görülmezken YEA'ya göre azalan yönde eğilim olduğu belirlenmiştir. Bazı istasyonlarda MK ve YEA yöntemleri ile eğilim tespit edilemezken GG-YEA'nın yüksek ve düşük kategori değerlerinde eğilimler tespit edilebilmiştir. Örneğin Adana ve Alanya (Akdeniz), Kilis (Güneydoğu Anadolu) ve Zonguldak (Karadeniz) istasyonlarının orta süreli yağışlarda MK ve YEA'ya göre eğilim yokken GG-YEA düşük kategori değerlerinde Adana ve Kilis (Alanya ve Zonguldak) istasyonlarında azalan (artan) eğilim olduğu belirlenmiştir. GG-YEA yüksek kategori değerlerinde Adana ve Kilis (Alanya ve Zonguldak) istasyonlarında ise artan (azalan) eğilim olduğu görülmüştür. Bunun nedeni yağış zaman serisinin eğilimi bütünsel olarak incelendiğinde YEA yönteminde farklı kategorilerin artan ve azalan eğilimleri birbirlerini nötrleyerek eğilim yokmuş gibi sonuçları verilmesidir. Buradan hareketle, eğilimi tespit etme açısından MK'ye (monotonik yönteme) göre YEA ve GG-YEA (grafiksel yöntemler) daha hassas olduğu söylenebilir. Sonuç olarak bu çalışma kapsamında ülke çapında en fazla artış eğilimleri yaklaşık %62 oranı ile GG-YEA ve YEA yöntemleri tespit ederken en az eğilim %15 oranında MK test yöntemi ile tespit edilebilmiştir. Aynı şekilde azalan eğilim ise en fazla GG-YEA yöntemi ile %22 oranında tespit edilirken en az eğilim MK test yöntemi ile %1 oranında saptanmıştır. YEA yönteminde ise bu oran %17 olarak ortaya çıkmıştır.

4.5. Tartışma

Aşırı yağışların doğru bir şekilde belirlenmesi bölgenin özellikleri, su yapılarının tasarımı, taşkın risk yönetimi, su kaynakları ile alt ve üst yapılaşmanın planlaması için oldukça önemlidir (Aksu ve diğerleri, 2022). Taşkın dünyada yaşanan en önemli doğal afetler arasında yer almaktadır. Can ve mal kaybı bakımından Türkiye'de meteorolojik afetler arasında birinci ve tüm doğal afetler arasında ikinci sırada gelmektedir. Son yıllarda Türkiye'de taşkın olaylarının daha sık meydana gelmekte ve ciddi can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Taşkınların oluşmasına sebebiyet veren aşırı yağışların incelenmesi gerekliliğinden yola çıkarak bu çalışmada son yıllarda standart süreli aşırı yağışların Türkiye'de ne düzeyde değişim gösterdiği araştırılmıştır. Bu çalışma kapsamında kullanılan ve Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesinde yer alan 82 yağış gözlem istasyonuna ait standart süreli yıllık en büyük yağış verilerine MK, YEA ve GG-YEA eğilim analizi yöntemleri uygulanmıştır. Türkiye çapında analiz sonuçları incelendiğinde MK sonuçlarına göre %15 oranında artan ve %1 oranında azalan eğilimi gözlemlenmiştir. YEA'ya göre %63 oranında artan ve %17 oranında azalan yönde bir eğilim olduğu tespit edilmiştir. GG-YEA yöntem sonuçlarına göre hem yüksek hem düşük kategori değerlerinde yaklaşık %62 oranında artan ve %22 oranında azalan yönde eğilim olduğu görülmektedir. Sonuç olarak Türkiye'de aşırı yağışlarda son zamanlardaki özellikle artan yönde önemli bir eğilimin olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Sonuçlar bölgesel olarak değerlendiğinde Karadeniz, Marmara ve Ege bölgelerinde artan yönde, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde azalan yönde eğilimlerin daha baskın olduğu görülmektedir.

Elde edilen bulgular Haktanır ve Çitakoğlu (2014) tarafından yapılann çalışmanın sonuçlarıyla kıyaslandığında, Haktanır ve Çıtakoğlu çalışmasında 155 istasyonda 2010 yılına kadar farklı aralıkta gerçekleştirilen MK Yöntemi'ne ait sonuçlar, aşırı yağışların zaman serilerinde hem bölgesel hem de Türkiye genelinde genel olarak benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Aksu ve diğerleri. (2022) yaptıkları çalışmada Karadeniz bölgesinde yer alan 21 istasyonun (farklı veri uzunluğuna sahip) 2015 yılına kadar olan en büyük yağış

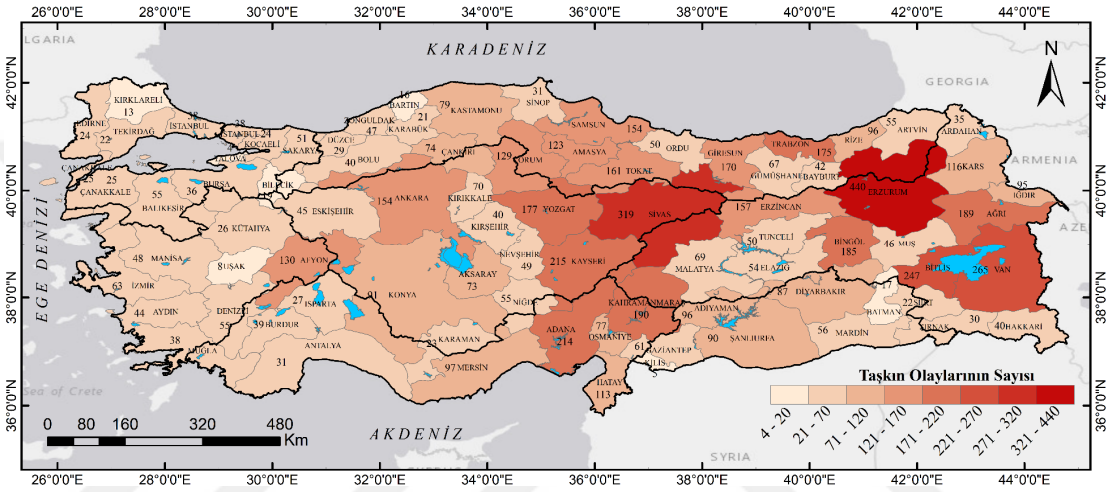
değerlerini incelemişlerdir. MK Yöntemine göre ortak istasyonların eğilim sonuçları bu çalışmanın sonuçları ile uyum sağlamaktadır. Oruc (2021) İç Anadolu Bölgesi'nde yaptığı çalışmada 13 istasyonun değişken veri uzunluğuna sahip 2015 yılına kadar farklı süreli (5, 10, 15, 30 dk ve 1, 3, 6, 24 saat) en büyük yağış verilerine MK ve YEA yöntemlerini uygulamıştır. Bu çalışma ile ortak istasyonların (12) MK Test ve YEA test bulguları yapılan bu çalışmadan elde edilen bulgular ile benzerlik göstermektedir.

Yukarıdaki bahsedilen çalışmalarda genellikle MK Yöntemi kullanılmıştır. YEA ise sınırlı istasyon ve sürelerde kullanılmıştır. Ancak bu tez kapsamında YEA ürkiye genelinde 82 istasyona uygulanmıştır. Ayrıca bir zaman serisinin farklı sınıflarındaki eğilimi değerlendirmek için literatürde ilk kez en büyük yağışlar üzerine uygulanan GG-YEA yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmada literatürde yapılmış çalışmaların bulgularına benzer şekilde Karadeniz, Marmara ve Ege bölgelerinde aşırı yağışlarda önemli oranda bir artış eğilimi tespit edilmiştir. GG-YEA ile elde edilen bulgularına göre İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde artış eğilimlerinin aşırı yağışların yüksek değerlerinde daha yüksek olduğu, Karadeniz Bölgesi'nde ise hem düşük hem de yüksek değerlerin dikkate değer bir artış gösterdiği görülmektedir.

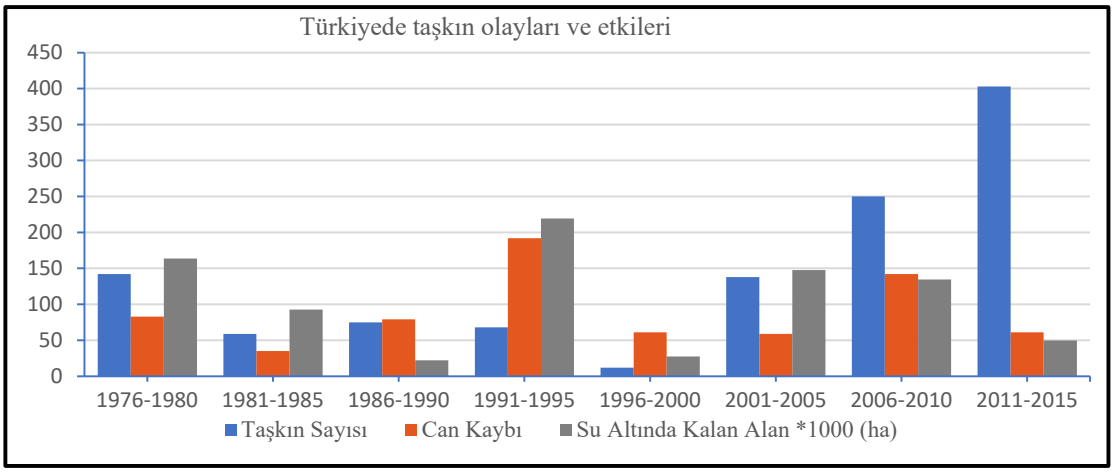
Türkiye'de sel ve taşkın olaylarının il bazında sayıları Şekil 4.8'de verilmiştir. Şekil 4.8 incelendiğinde 1950-2019 yılları arasında Türkiye çapında sel ve taşkın olaylarının en çok yaşandığı bölgeler Karadeniz'in doğu ve orta kesimleri, İç Anadolu Bölgesi'nin doğusu ve Doğu Anadolu bölgeleridir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre sel ve taşkın olaylarının daha çok yaşandığı bölgelerde baskın eğilimin artan yönünde olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.8'de görüldüğü gibi taşkınların yoğun görüldüğü kesimlerde artan aşırı yağışlar sel ve taşkınların şiddetinin ve yoğunluğunun giderek artmasına neden olacağı öngörülmektedir. Özellikle GG-YEA yüksek değerlerinin bu bölgelerde artış eğiliminin fazla olması bölgelerin giderek taşkınlara daha duyarlı hale geleceğini göstermektedir. Ege ve Marmara bölgelerinde artan eğilim oranları yüksek olmasına rağmen bölgelerin topografik yapısının düzlük olması sel ve taşkın olayların oluşma sıklığını ve etki derecesini sınırlandırmaktadır. Ancak bu bölgelerde arazi eğiminin yüksek olduğu kısımlarda sel ve taşkın olayları meydana gelebilmektedir.

Marmara ve Ege bölgeleri sanayi, tarım ve hayvancılık açısından gelişmiş olup, nüfus yoğunluğu ve kentleşme yüksektir. Özellikle şehir taşkınlarına sebebiyet veren kısa süreli yağışların yüksek değerlerinde tespit edilen önemli artışlar yaşanmasının bu bölgelerde şehir taşkınlarının şiddetinde artışlar yaşanarak bölgede önemli ekonomik zararlara sebebiyet vereceği öngörülmektedir.



Şekil 4.8. Türkiye'de 1950-2019 yıllar arasında meydana gelen sel ve taşkın olayların il bazında sayısı (AFAD, 2020)

Şekil 4.9'da Devlet Su İşleri'nin (DSİ) verilerine göre 1975-2015 yılları arası yıllık taşkın olaylarının sayısı, taşkınların neden olduğu can kayıpları ve su altında kalan alanlara ait istatistikleri beşer yıllık periyotlar halinde verilmiştir. Türkiye geneli taşkın sayılarında özellikle 1995-2015 döneminde (yenilikçi eğilim analizi yöntemlerinde 2. yarı) artışlar görülmektedir (Şekil 4.9). Çalışmada özellikle GG-YEA yönteminin yüksek kategori sonucunda ortaya çıkan %63'lük artış eğilimi, dere yataklarındaki şehirleşme eğilimi ve arazi kullanımındaki önemli değişikler ile birlikte Türkiye genelinde taşkın sayılarının artışını ortaya koyan etkenler olarak ortaya çıkmaktadır. Fakat bu parametrelerin etkisinin detaylı bir şekilde incelemesini yapabilmek için Türkiye genelinde taşkınların mekânsal ve zamansal dağılımını içeren çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 4.9. Türkiye'de 1975-2015 yıllar arasında meydana gelen taşkın olayları ve etkileri (DSİ, 2018)

5. SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye'de 82 meteoroloji istasyonunda kaydedilen 1975-2015 yılları arasındaki standart süreli yıllık en büyük yağış verilerinin eğilim analizi yapılmıştır. Bu kapsamda monotonik (Mann-Kendall) ve grafiksel (Yenilikçi Eğilim Analizi (YEA) ve Geliştirilmiş Görselleştirme ile Yenilikçi Eğilim Analizi (GG-YEA)) eğilim analizi yöntemleri kullanılmıştır. GG-YEA yöntemi ile en büyük yağışların farklı sınıflarındaki (düşük ve yüksek) eğilimleri belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda listelenmiştir.

- Kısa, orta ve uzun süreli yağışlarda MK Yöntemi'ne göre en fazla istasyonların %20'sinde artış eğilimi görülürken grafiksel yöntemlere ait sonuçlarda tüm istasyonlarda %45-%72 (%10 ila %40) arasındaki değerlerde artış (azalış) eğilimi tespit edilmiştir.
- YEA ve GG-YEA yüksek kategori sonuçları kısa, orta ve uzun süreli yağışlar için büyük oranda birbiri ile benzerlik göstermektedir.
- MK ve YEA yöntemlerine göre Akdeniz Bölgesi dışındaki kıyı kesimleri ile İç Anadolu Bölgesi'nin doğusunda orta ve uzun süreli yağışlar için dikkate değer artış eğiliminin hakim olduğu gözlenmiştir. Bu durum GG-YEA yöntemindeki düşük ve yüksek değerler içinde geçerlidir.
- Türkiye'deki taşkın olaylarının İç Anadolu Bölgesi'nin doğusunda, Karadeniz Bölgesi'nin orta ve doğu kesimlerinde ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde yoğunlaştığı görülmektedir. Karadeniz Bölgesi'nin kıyısında ve İç Anadolu Bölgesi'nin doğusunda orta ve uzun süreli yağışların yüksek değerlerinde yaşanan artışlar bu bölgelerin taşkınlara karşı daha kırılgan hale gelmesine neden olmaktadır.
- Sanayileşme ve şehirleşmenin yoğun olduğu Marmara ve Ege bölgelerinde 15 ve 30 dakika süreli yağışların yüksek değerlerinde yaşanan artışlar bu bölgelerdeki şehir taşkınlarının etkisinin daha şiddetli olacağını göstermektedir.
- Hidrometeorolojik değişkenlerin uç değerleri taşkın ve kuraklık gibi afetlerin oluşumunda doğrudan etkilidir. Grafiksel eğilim analizi yöntemleri bu değişkenlerin afete neden olabilen küçük ve büyük sınıf değerlerinin ayrı ayrı incelenmesine olanak

sağlaması nedeniyle geleneksel yöntemlere göre daha etkin bir inceleme olanağı sağlamaktadır.

- Aşırı yağışların taşkınlar üzerine etkilerinin net bir şekilde ortaya konabilmesi için tüm havzalarda etkin yağış sürelerine karşılık gelen en büyük yağışların eğilimleri ile havza arazi kullanım durumlarını değerlendiren detaylı çalışmaların yapılması önerilmektedir.
- Çalışmadan elde edilen sonuçlara bakıldığında, aşırı yağışın etkileyeceği her türlü alt ve üst yapının tasarımında yağış değişimlerinin dikkate alınması gerektiği belirlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

Acar, R ve Şenocak, S. (2012). Precipitation trends for Western Turkey in associated with North Atlantic Oscillation (NAO) Index. Energy Education Science and Technology Part a-Energy Science and Research, 29, 475–486.

Acar, Reşat ve Şenocak, S. (2008). Türkiye'deki kısa süreli yağışların trend analizi [Trend analysis of short duration precipitation in Turkey]. İklim Değişikliği ve Çevre, 1(1), 18-25.

Adamowski, K. ve Bougadis, J. (2003). Detection of trends in annual extreme rainfall. Hydrological Processes, 17(18), 3547–3560.

AFAD. (2020). Ministry of Interior Disaster and Emergency Management Presidency [AFAD] Overview of 2019 and Statistics of Natural Events in the Scope of Disaster Management. Official Statistics. https://en.afad.gov.tr/.

Akçay, F. (2018). Doğu Karadeniz Havzası aylık ve yıllık ortalama akımlarının eğilim (trend) analizi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendiliği Anabilim Dalı, Trabzon.

Akçay, F., Kankal, M. ve Şan, M. (2022). Innovative approaches to the trend assessment of streamflows in the eastern Black Sea basin, Turkey. Hydrological Sciences Journal, 67(2), 222–247.

Akman, Y. ve Ketenoğlu, O. (1986). The climate and vegetation of Turkey. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences, 89, 123–134.

Aksu, H., Cetin, M., Aksoy, H., Yaldiz, S. G., Yildirim, I. ve Keklik, G. (2022). Spatial and temporal characterization of standard duration-maximum precipitation over Black Sea Region in Turkey. Natural Hazards, 111(3), 2379-2405. doi:10.1007/s11069-021-05141-6

Allan, R. P., Hawkins, E., Bellouin, N. ve Collins, B. (2021). IPCC, 2021: Summary for Policymakers.

Baiamonte, G. ve D'Asaro, F. (2016). Discussion of "Analysis of extreme rainfall trends in sicily for the evaluation of depth-duration-frequency curves in climate change scenarios" by Lorena Liuzzo and Gabriele Freni. Journal of Hydrologic Engineering, 21(6), 7016005.

Barua, S., Muttil, N., Ng, A. W. M. ve Perera, B. J. C. (2013). Rainfall trend and its implications for water resource management within the Yarra River catchment, Australia. Hydrological Processes, 27(12), 1727–1738.

Bonaccorso, B., Cancelliere, A. ve Rossi, G. (2005). Detecting trends of extreme rainfall series in Sicily. Advances in Geosciences, 2, 7–11.

Burn, D. H., Mansour, R., Zhang, K. ve Whitfield, P. H. (2011). Trends and Variability in

Extreme Rainfall Events in British Columbia. Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques, 36(1), 67–82. doi:10.4296/cwrj3601067

Büyükyıldız, M. ve Berktay, A. (2004). Trend Analysis of Rainfall in Sakarya Basin Using Non-Parametric Tests. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 19(2), 23-38. (Original in Turkish).

Chattopadhyay, S. ve Edwards, D. R. (2016). Long-Term Trend Analysis of Precipitation and Air Temperature for Kentucky, United States. Climate . doi:10.3390/cli4010010

Chen, H., Guo, S., Xu, C. ve Singh, V. P. (2007). Historical temporal trends of hydro-climatic variables and runoff response to climate variability and their relevance in water resource management in the Hanjiang basin. Journal of Hydrology, 344(3), 171–184. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.06.034

Cheng, L. ve AghaKouchak, A. (2014). Nonstationary precipitation intensity-duration-frequency curves for infrastructure design in a changing climate. Scientific reports, 4(1), 1–6.

Conrad, V. ve Pollak, L. W. (1950). Method in climatology. Harvard university press, Cabridge, Massachussetts.

Danandeh Mehr, A., Hrnjica, B., Bonacci, O. ve Torabi Haghighi, A. (2021). Innovative and successive average trend analysis of temperature and precipitation in Osijek, Croatia. Theoretical and Applied Climatology, 145(3), 875–890.

Demir, V. (2018). Karadeniz Bölgesi yağışlarının trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.

Demircan, M., Gürkan, H., Eskioğlu, O., Arabacıoğlu, H. ve Coşkun, M. (2017). Climate change projections for Turkey: three models and two scenarios. Turkish Journal of Water Science and Management, 1(1), 22–43.

Deniz, A., Toros, H. ve Incecik, S. (2011). Spatial variations of climate indices in Turkey. International Journal of climatology, 31(3), 394–403.

DSİ. (2018). . Official data of DSİ. Water statistical data. General Directorate of State Hydraulic Works. Retrieved from http://www.dsi.gov.tr/dsi-resmi- istatistikler.

Gao, C., Booij, M. J. ve Xu, Y. P. (2020). Impacts of climate change on characteristics of daily-scale rainfall events based on nine selected GCMs under four CMIP5 RCP scenarios in Qu River basin, east China. International Journal of Climatology, 40(2), 887–907. doi:10.1002/JOC.6246

Gentilucci, M., Barbieri, M., Lee, H. S. ve Zardi, D. (2019). Analysis of Rainfall Trends and Extreme Precipitation in the Middle Adriatic Side, Marche Region (Central Italy). Water, 11(9), 1948. doi:10.3390/w11091948

Gocic, M. ve Trajkovic, S. (2013). Analysis of precipitation and drought data in Serbia over

the period 1980–2010. Journal of Hydrology, 494, 32–42.

Güçlü, Y. S. (2020). Improved visualization for trend analysis by comparing with classical Mann-Kendall test and ITA. Journal of Hydrology, 584, 124674.

Hajani, E., Rahman, A. ve Ishak, E. (2017). Trends in extreme rainfall in the state of New South Wales, Australia. Hydrological Sciences Journal, 62(13), 2160–2174.

Haktanır, T. ve Çitakoğlu, H. (2014). Trend, Independence, Stationarity, and Homogeneity Tests on Maximum Rainfall Series of Standard Durations Recorded in Turkey. Journal of Hydrologic Engineering, 19(9), 5014009. doi:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000973

Hou, A. Y., Kakar, R. K., Neeck, S., Azarbarzin, A. A., Kummerow, C. D., Kojima, M., … Iguchi, T. (2014). The Global Precipitation Measurement Mission. Bulletin of the American Meteorological Society, 95(5), 701–722. doi:10.1175/BAMS-D-13-00164.1

IPCC. (2007). Climate change 2007: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge university press.

IPCC. (2013). Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press.

IPCC. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Iyigun, C., Türkeş, M., Batmaz, İ., Yozgatligil, C., Purutçuoğlu, V., Koç, E. K. ve Öztürk, M. Z. (2013). Clustering current climate regions of Turkey by using a multivariate statistical method. Theoretical and Applied Climatology, 114(1), 95–106. doi:10.1007/s00704-012-0823-7

Jung, Y., Shin, J.-Y., Ahn, H. ve Heo, J.-H. (2017). The spatial and temporal structure of extreme rainfall trends in South Korea. Water, 9(10), 809.

Kankal, M. ve Akçay, F. (2019). Trabzon ili yağışlarının eğilim analizi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(2), 318–331.

Karpouzos, D. K., Kavalieratou, S. ve Babajimopoulos, C. (2010). Trend analysis of precipitation data in Pieria Region (Greece). European Water, 30(30), 30–40.

Kendall, M. (1975). Rank correlation methods (4th edn.) charles griffin. San Francisco, CA, 8, 875.

Köyceğiz, C. ve Büyükyıldız, M. (2019). Temporal trend analysis of extreme precipitation: a case study of Konya Closed Basin Ekstrem yağışların zamansal eğilim analizi: Konya Kapalı Havzası örneği. Pamukkale UnivMuh BilimDerg, 25(8), 956–961. doi:10.5505/pajes.2019.86658

Laz, O. U., Rahman, A., Yilmaz, A. ve Haddad, K. (2014). Trends in sub-hourly, sub-daily and daily extreme rainfall events in eastern Australia. Journal of Water and Climate Change, 5(4), 667–675. doi:10.2166/wcc.2014.035

Lenderink, G., Mok, H. Y., Lee, T. C. ve Van Oldenborgh, G. J. (2011). Scaling and trends of hourly precipitation extremes in two different climate zones - Hong Kong and the Netherlands. Hydrology and Earth System Sciences, 15(9), 3033–3041. doi:10.5194/HESS-15-3033-2011

Liuzzo, L. ve Freni, G. (2015). Analysis of extreme rainfall trends in sicily for the evaluation of depth-duration-frequency curves in climate change scenarios. Journal of Hydrologic Engineering, 20(12), 4015036.

Lotstein, E. L. (2013). Global Climate Change Impacts in the United States: A State of Knowledge Report from the US Global Climate Change Research Program: Thomas R. Karl, Jerry M. Melillo, Thomas C. Peterson, Susan J. Hassol, eds. New York: Cambridge University Press, 2009. 192. Taylor & Francis.

Mailhot, A., Kingumbi, A., Talbot, G. ve Poulin, A. (2010). Future changes in intensity and seasonal pattern of occurrence of daily and multi-day annual maximum precipitation over Canada. Journal of Hydrology, 388(3), 173–185. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.04.038

Mann, H. B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. Econometrica, 13(3), 245–259. doi:10.2307/1907187

Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., … Pidcock, R. (2018). Global warming of 1.5 C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of, 1(5).

MGM. (2022). . Turkish State Meteorological Service [MGM]. Official Statistics. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik. aspx.

Mondal, A., Kundu, S. ve 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 Environmental Sciences, 2(1), 70–78.

Nacar, S., Kankal, M. ve Okkan, U. (2022). Evaluation of the suitability of NCEP/NCAR, ERA-Interim and, ERA5 reanalysis data sets for statistical downscaling in the Eastern Black Sea Basin, Turkey. Meteorology and Atmospheric Physics, 134(2), 1–23.

Nemli, M. Ö. (2017). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yıllık maksimum yağışların trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendiliği Anabilim Dalı, Trabzon.

Nyikadzino, B., Chitakira, M. ve Muchuru, S. (2020). Rainfall and runoff trend analysis in the Limpopo river basin using the Mann Kendall statistic. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 117, 102870.

Oliveira, P. T., e Silva, S. ve Lima, K. C. (2017). Climatology and trend analysis of extreme

precipitation in subregions of Northeast Brazil. Theoretical and Applied Climatology, 130(1), 77–90.

Oruc, S. (2021). Visual and statistical inference of hourly and sub-hourly extreme rainfall trends Central Anatolia, Turkey case. Acta Geophysica, 69(1), 199–216.

Özfidaner, M., Şapolyo, D., Topaloğlu, F. ve Baydar, A. (2018). Determination of Evaporation Data in Adana Province by an Innovative Trend Analysis Method. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(Ek Sayı), 59–66. doi:10.13002/jafag4406.

Öztopal, A. ve Şen, Z. (2017). Innovative trend methodology applications to precipitation records in Turkey. Water resources management, 31(3), 727–737.

Palizdan, N., Falamarzi, Y., Huang, Y. F., Lee, T. S. ve Ghazali, A. H. (2014). Regional precipitation trend analysis at the Langat River basin, Selangor, Malaysia. Theoretical and Applied Climatology, 117(3), 589–606.

Phuong, D. N. D., Huyen, N. T., Liem, N. D., Hong, N. T., Cuong, D. K. ve Loi, N. K. (2021). On the use of an innovative trend analysis methodology for temporal trend identification in extreme rainfall indices over the Central Highlands, Vietnam. Theoretical and Applied Climatology, 1–18.

Saboohi, R., Soltani, S. ve Khodagholi, M. (2012). Trend analysis of temperature parameters in Iran. Theoretical and Applied Climatology, 109(3), 529–547.

Şan, M., Akçay, F., Linh, N. T. T., Kankal, M. ve Pham, Q. B. (2021). Innovative and polygonal trend analyses applications for rainfall data in Vietnam. Theoretical and Applied Climatology, 144(3), 809–822.

Saplıoğlu, K. ve Çoban, E. (2013). Karadeniz Bölgesi yağış serilerinin trend analizi. VII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildirileri, Isparta, Turkey, 500, 512.

Sayemuzzaman, M. ve Jha, M. K. (2014). Seasonal and annual precipitation time series trend analysis in North Carolina, United States. Atmospheric Research, 137, 183–194. doi:https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.10.012

Şen, K. ve Aksu, H. (2021). İstanbul İçin Standart Süreli Gözlenen En Büyük Yağışların Eğilimleri. *Teknik Dergi*, *32*(1), 10495–10514. doi:https://doi.org/10.18400/tekderg.647558

Şen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology. Journal of Hydrologic Engineering, 17(9), 1042–1046.

Şen, Z. (2013). Trend identification simulation and application. Journal of Hydrologic Engineering, 19(3), 635–642.

Şen, Z. (2020a). Water structures and climate change impact: a review. Water Resources Management, 34(13), 4197–4216.

Şen, Z. (2020b). Up-to-date statistical essentials in climate change and hydrology: a review. International Journal of Global Warming, 22(4), 392–431.

Şen, Z., Şişman, E. ve Dabanli, I. (2019). Innovative polygon trend analysis (IPTA) and applications. Journal of Hydrology, 575, 202–210.

Şenocak, S., Acar, R. ve Şengül, S. (2012). Annual extreme short duration rainfall (SDR) trends in Black Sea region of Turkey. BALWOIS.

Şenocak, S. ve Emek, M. F. (2019). Trend analizi yöntemleri kullanılarak Doğu Anadolu Bölgesi aylık yağış miktarlarının değerlendirilmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 17, 807–822.

Sensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U. ve Balta, I. (2008). Sensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U & Balta, _I. (2008). Türkiye Iklimi. MGM web sitesi. http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/turkiye_iklimi. pdf.

Shephard, M. W., Mekis, E., Morris, R. J., Feng, Y., Zhang, X., Kilcup, K. ve Fleetwood, R. (2014). Trends in Canadian short-duration extreme rainfall: Including an intensity–duration–frequency perspective. Atmosphere-Ocean, 52(5), 398–417.

Toros, H., Mokari, M. ve Abbasnia, M. (2019). Regional variability of temperature extremes in the maritime climate of Turkey: a case study to develop agricultural adaptation strategies under climate change. Modeling Earth Systems and Environment, 5(3), 857–865.

Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. Climate Research, 47(1–2), 123–138.

Unal, Y., Kindap, T. ve Karaca, M. (2003). Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 23(9), 1045–1055.

Uzuner, G. Ç., Gökcan, M., Karateke, V., Güven, E. ve Öztopal, A. (2021). Balıkesir Yıllık Maksimum Yağışlarının Trend Analizi.

Wu, H. ve Qian, H. (2017). Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall and extreme values in Shaanxi, China, since the 1950s. International Journal of Climatology, 37(5), 2582–2592.

Xavier Júnior, S. F. A., Jale, J. da S., Stosic, T., Santos, C. A. C. dos ve Singh, V. P. (2020). Precipitation trends analysis by Mann-Kendall test: a case study of Paraíba, Brazil. Revista Brasileira de Meteorologia, 35, 187–196.

Yao, J. ve Chen, Y. (2015). Trend analysis of temperature and precipitation in the Syr Darya Basin in Central Asia. Theoretical and Applied Climatology, 120(3), 521–531.

Yilmaz, A. G. ve Perera, B. J. C. (2015). Spatiotemporal Trend Analysis of Extreme Rainfall Events in Victoria, Australia. Water Resources Management, 29(12), 4465–4480. doi:10.1007/s11269-015-1070-3

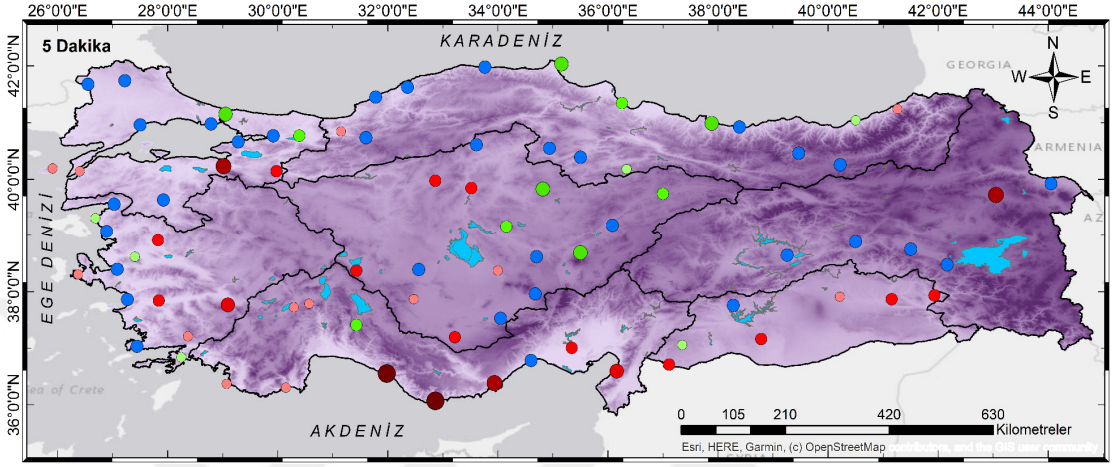
Yıldız, M. B., Nacar, S. ve Şan, M. ve Kankal, M. (2022). Assessment of regional drought trends by using improved visuvalization version of Innovative Trend Analysis and Mann-Kendall test. 14Th International Conference on Hydroscience & Engineering içinde (ss. 503–513). Izmir-Turkey.

Yıldız, M. B., Şan, M., Nacar, S. ve Kankal, M. (2022). Application of improved visuvalization to the trend assessment of precipitation in the eastren Black sea basin, Turkey. 14Th International Conference on Hydroscience & Engineering içinde (ss. 493–502). Izmir-Turkey.

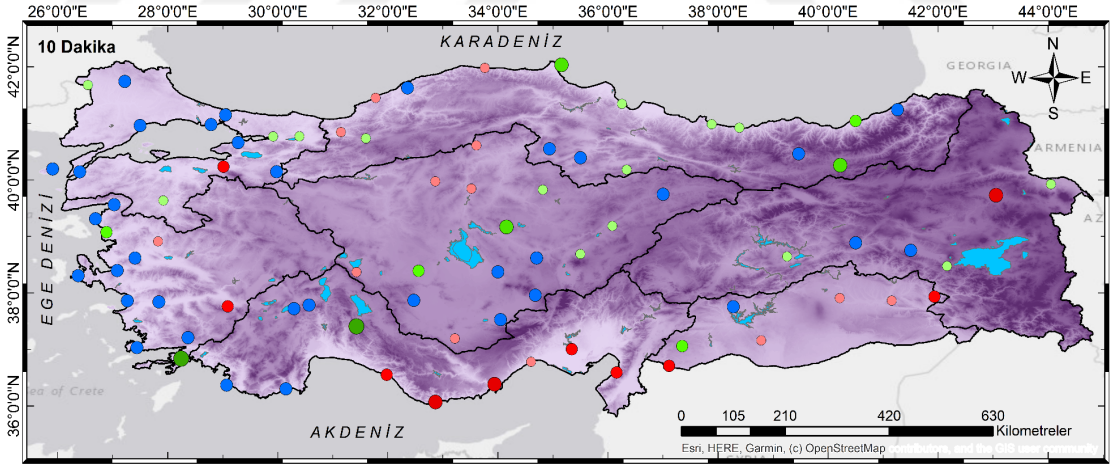
Zeybekoğlu, U. ve Karahan, H. (2018). Investigation of rainfall intensity series of standard duration with trend analysis methods. Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 24(6), 974–1004. doi:10.5505/pajes.2017.54265.

7. EKLER

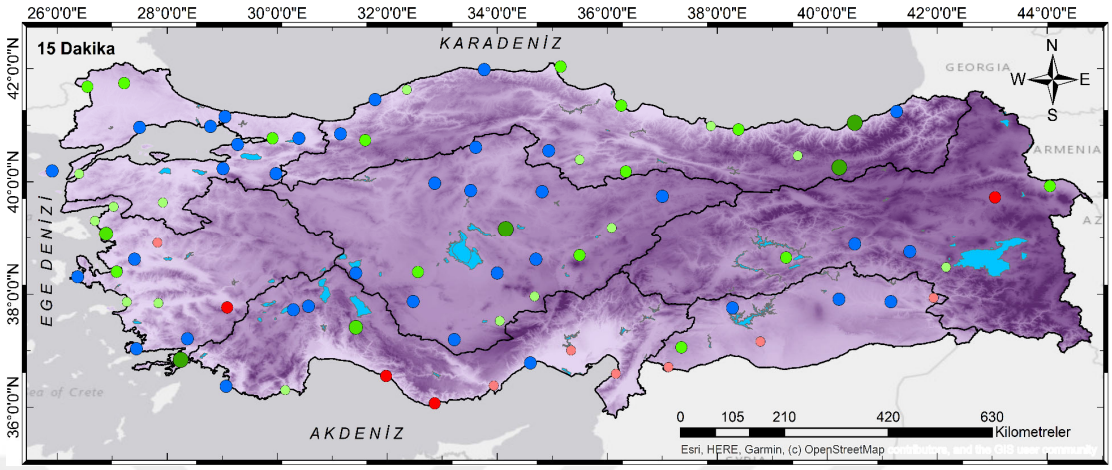
EK 1. Mann-Kendall Eğilim Analizi Sonuçlarına Ait Eğilim Haritaları



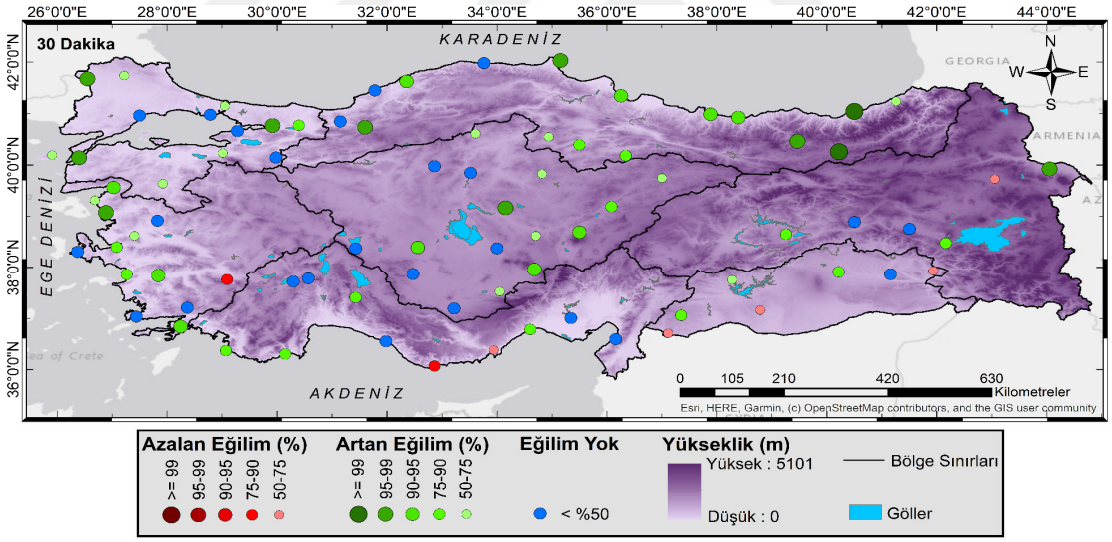
5 Dakikalık yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası



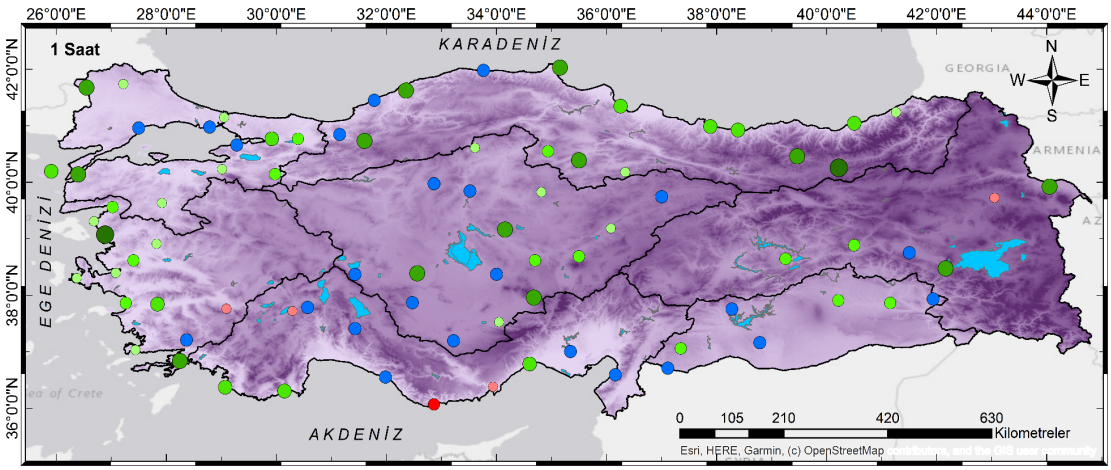
10 Dakikalık yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası



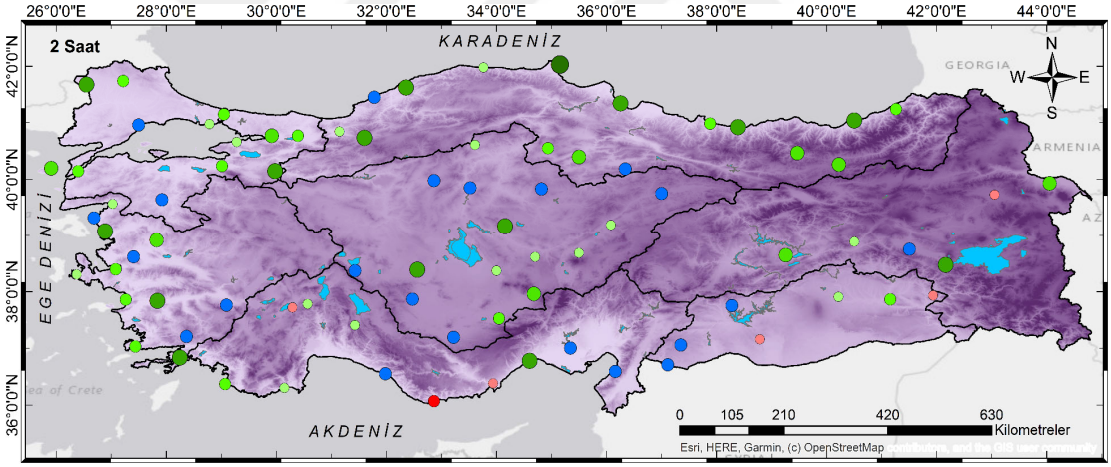
15 Dakikalık yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası



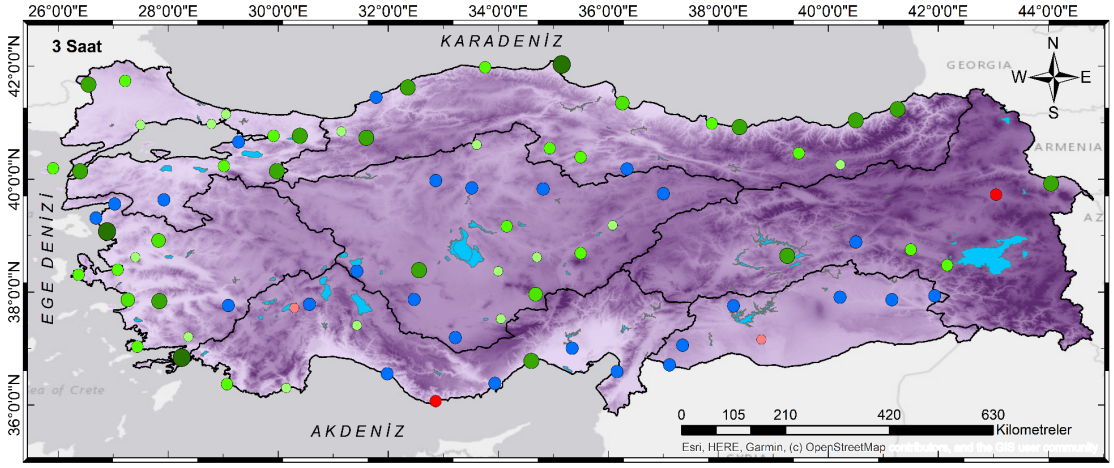
30 Dakikalık yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası



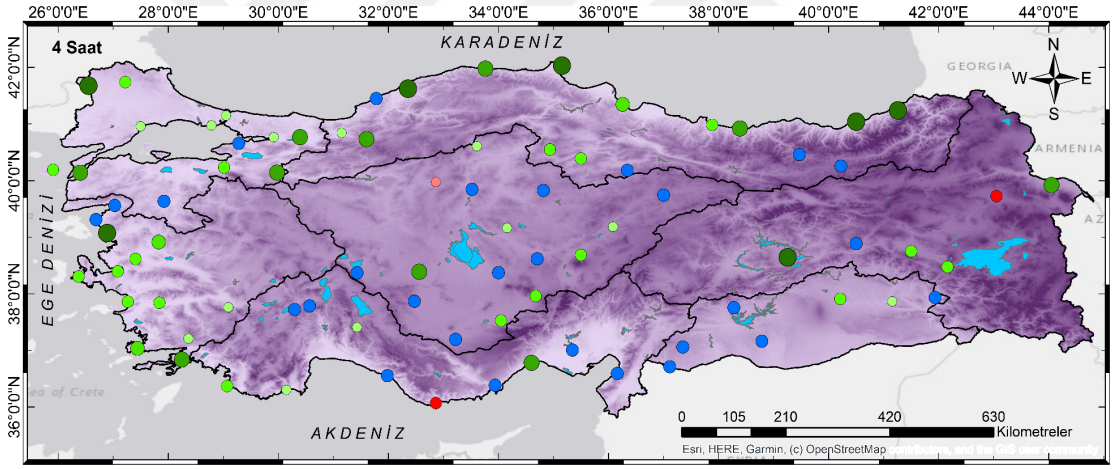
1 Saatlik yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası



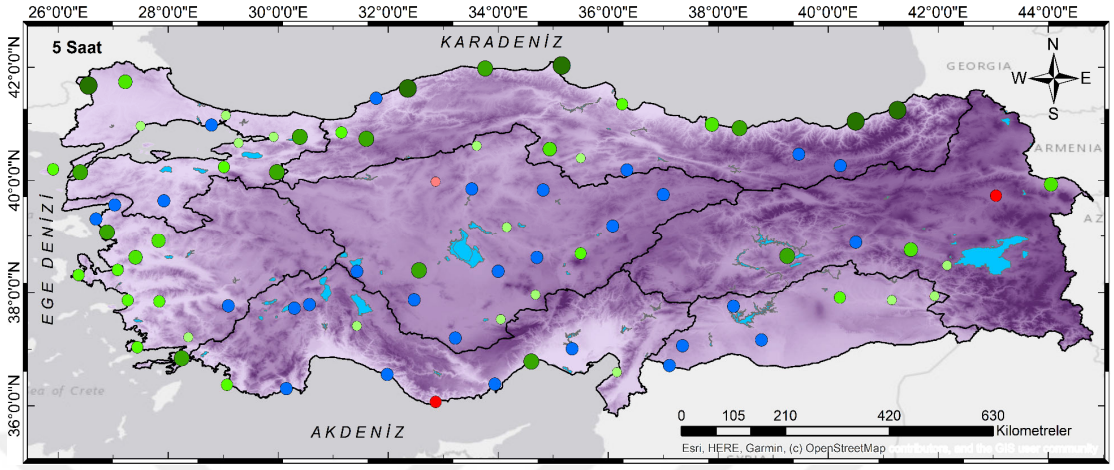
2 Saatlik yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası



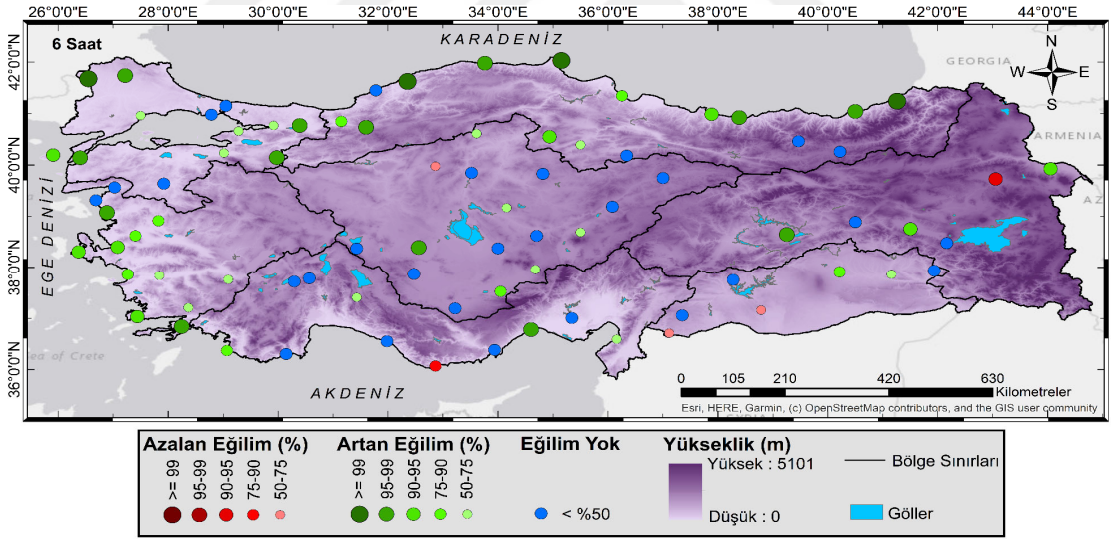
3 Saatlik yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası



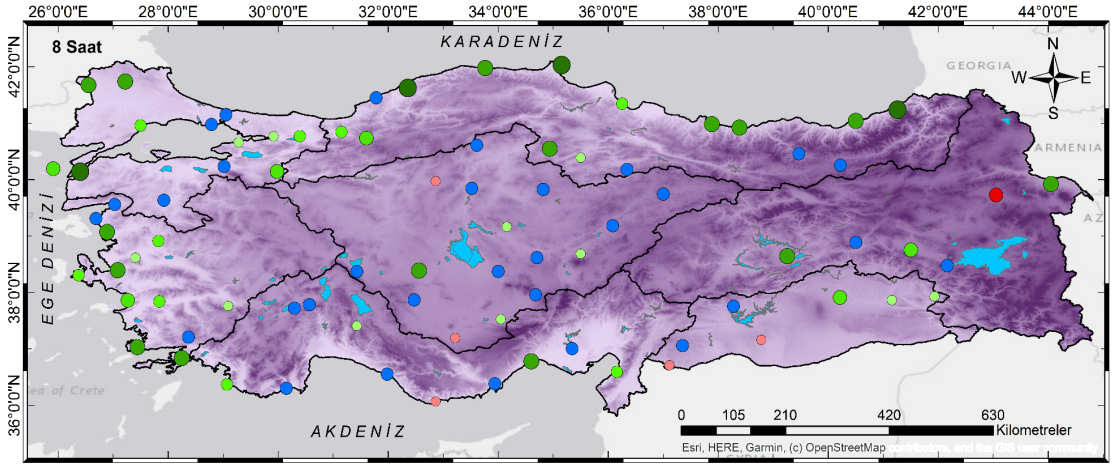
4 Saatlik yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası



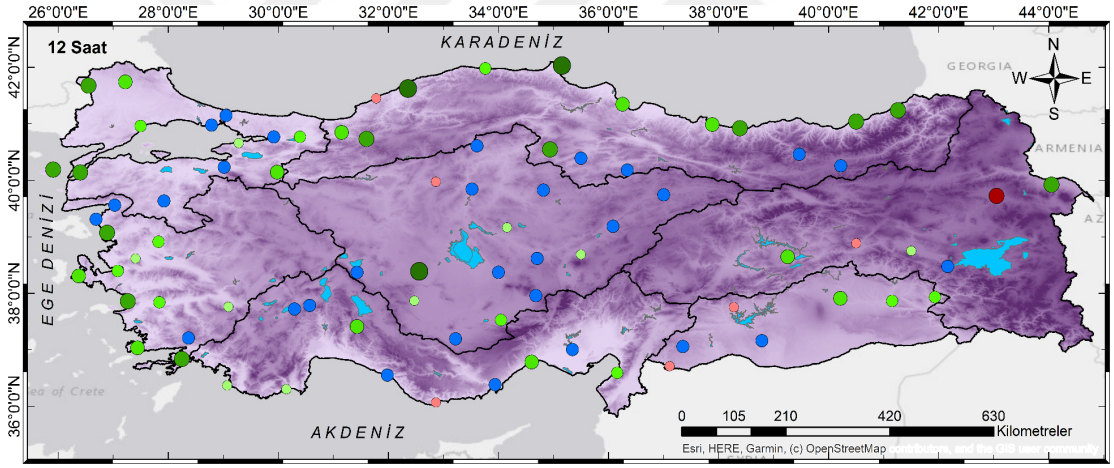
5 Saatlik yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası



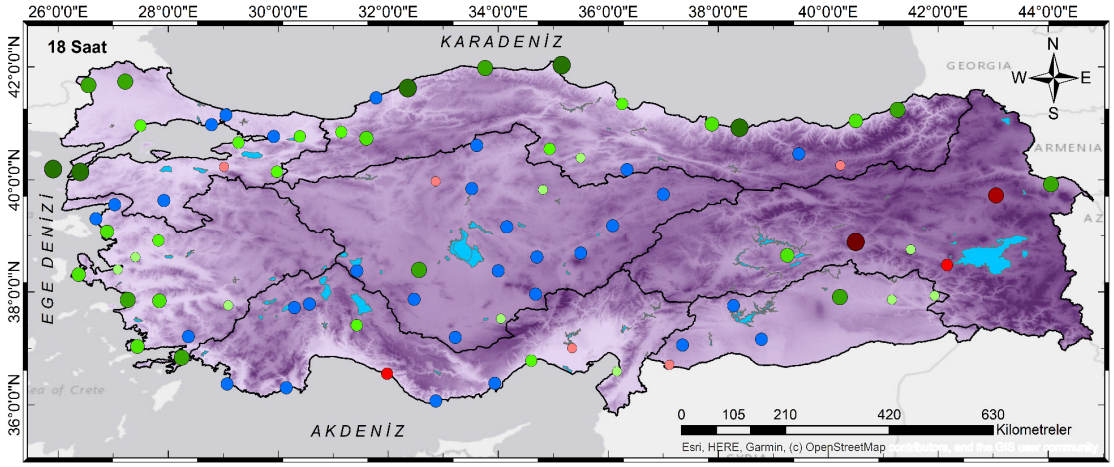
6 Saatlik yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası



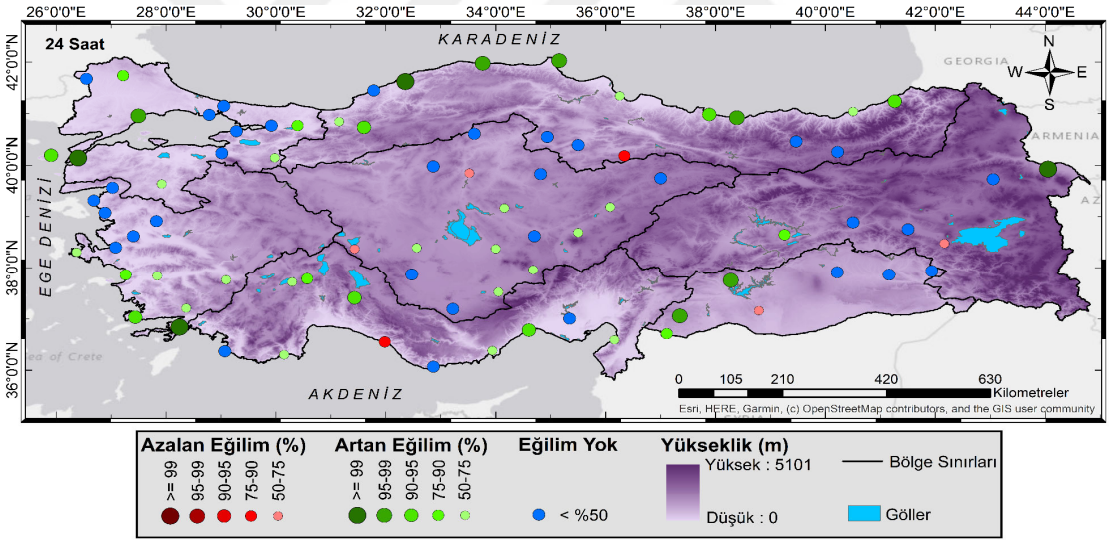
8 Saatlik yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası



12 Saatlik yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası

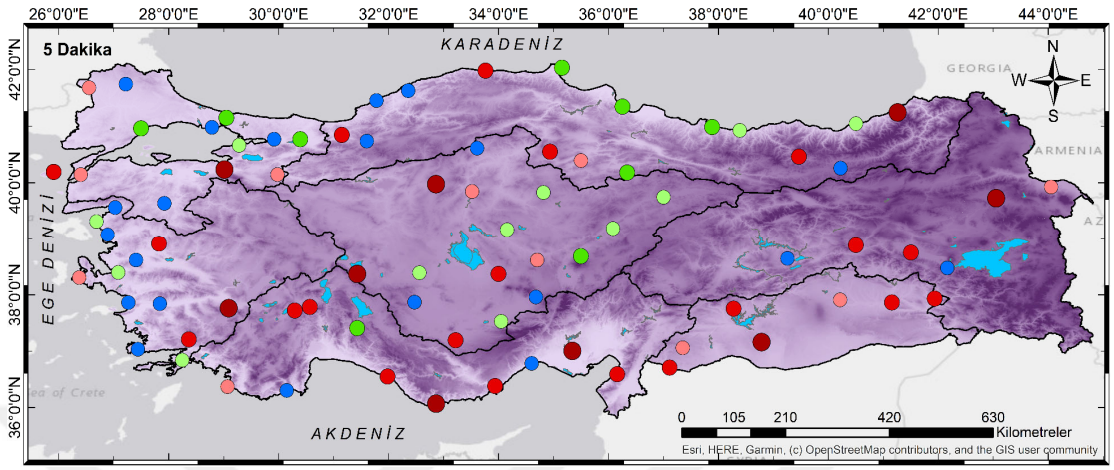


18 Saatlik yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası

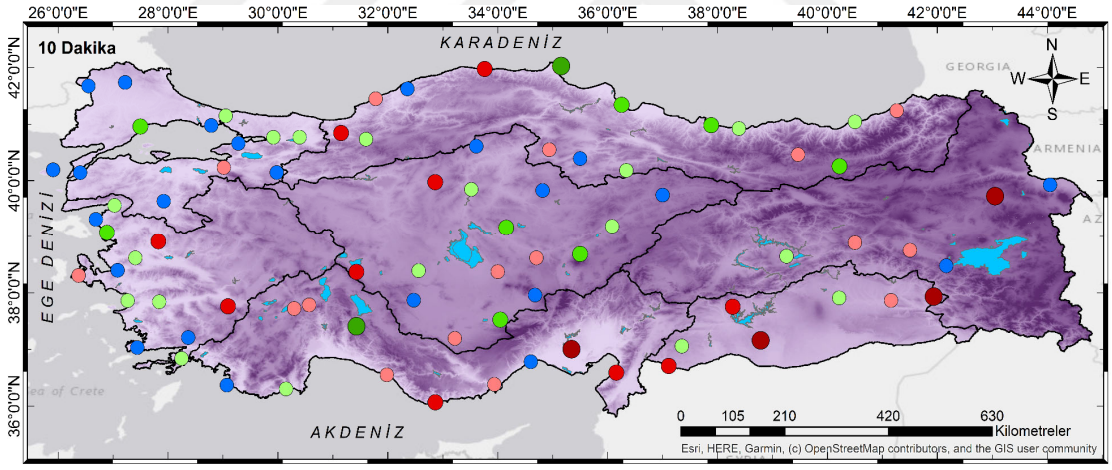


24 Saatlik yağış için Mann-Kendall eğilim sonuçlarının haritası

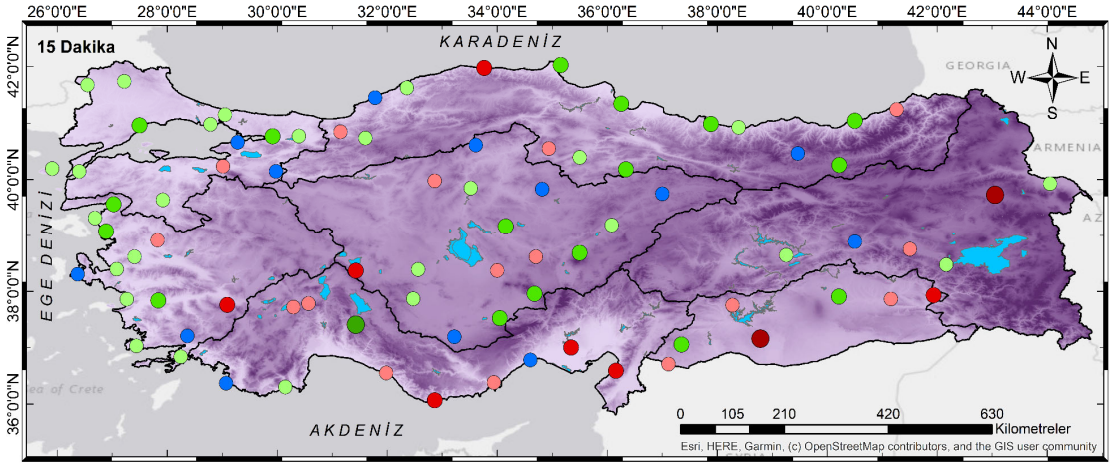
Ek 2. YEA Eğilim Analizi Sonuçlarına Ait Eğilim Haritaları



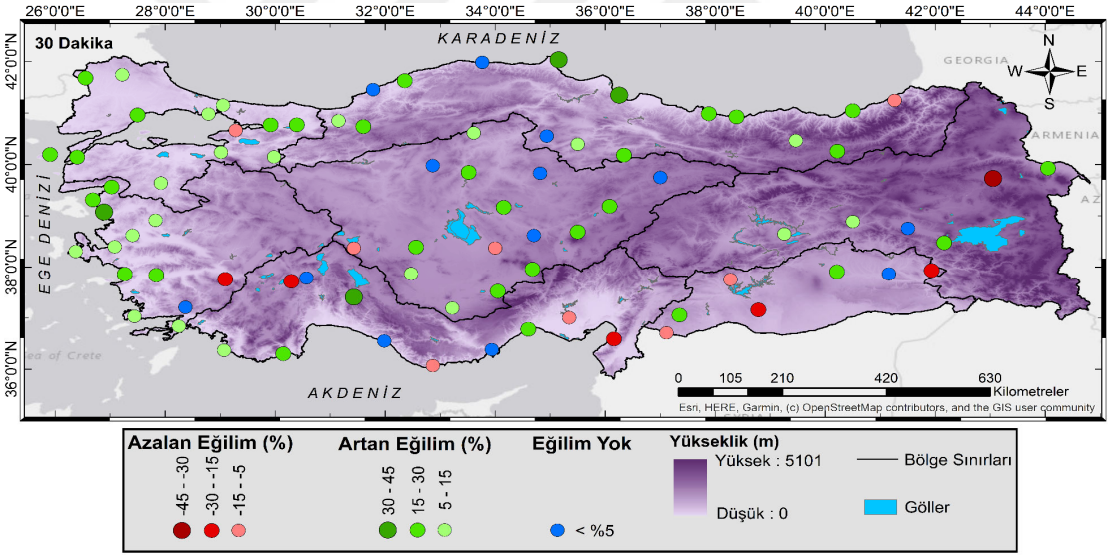
5 Dakikalık yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası



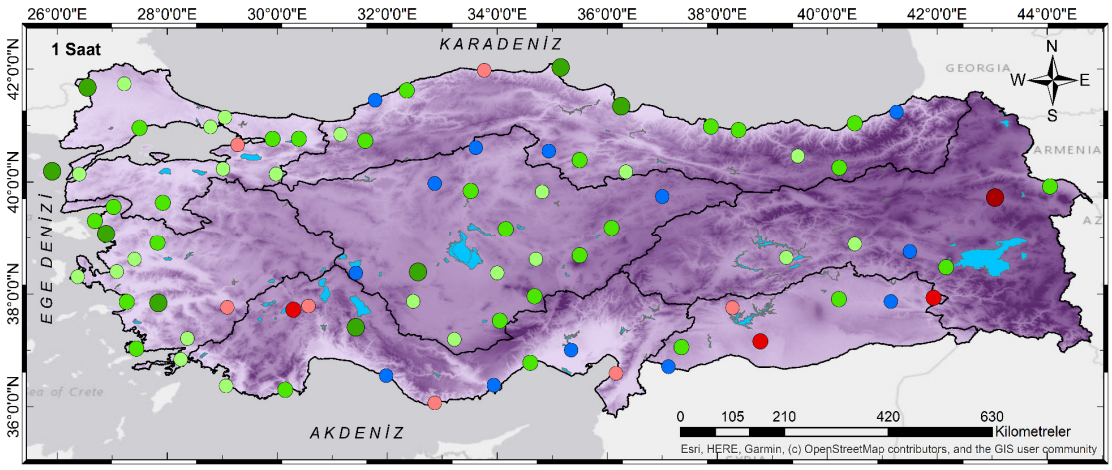
10 Dakikalık yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası



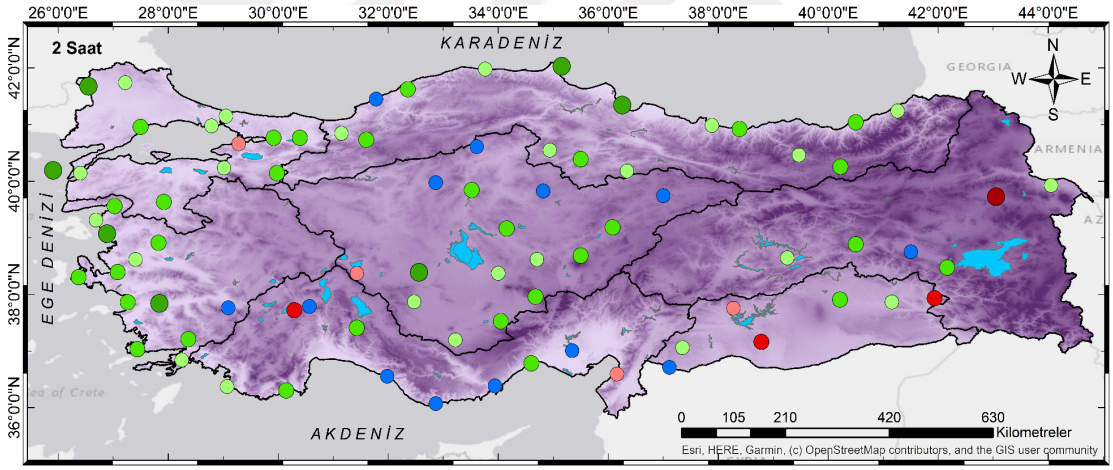
15 Dakikalık yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası



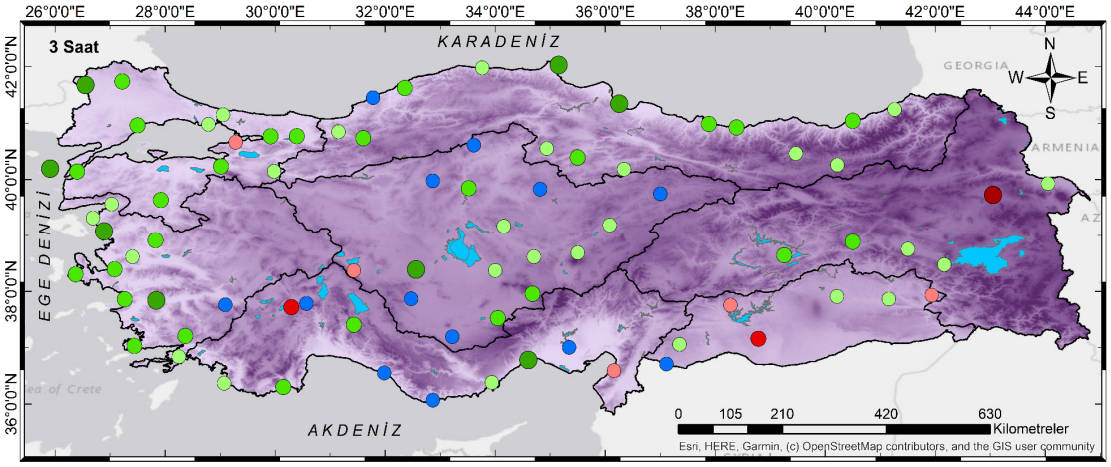
30 Dakikalık yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası



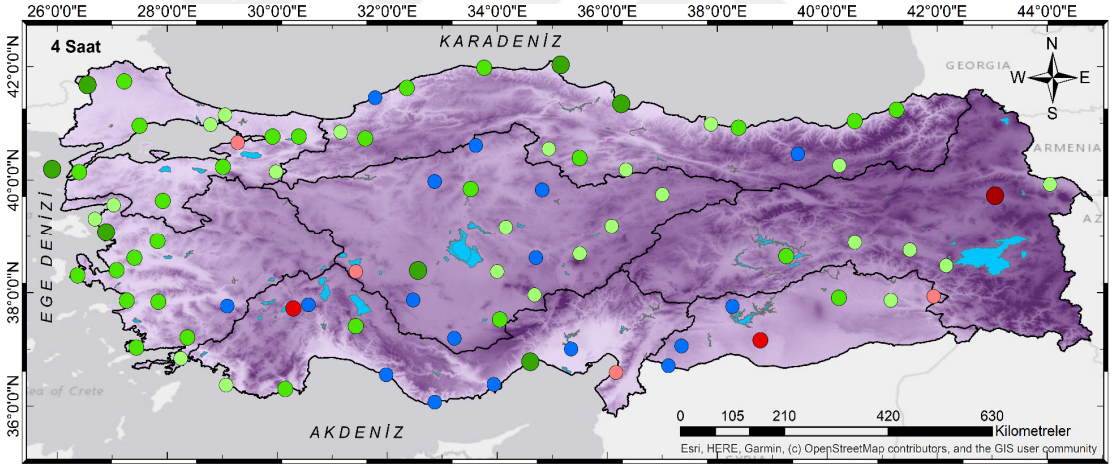
1 Saatlik yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası



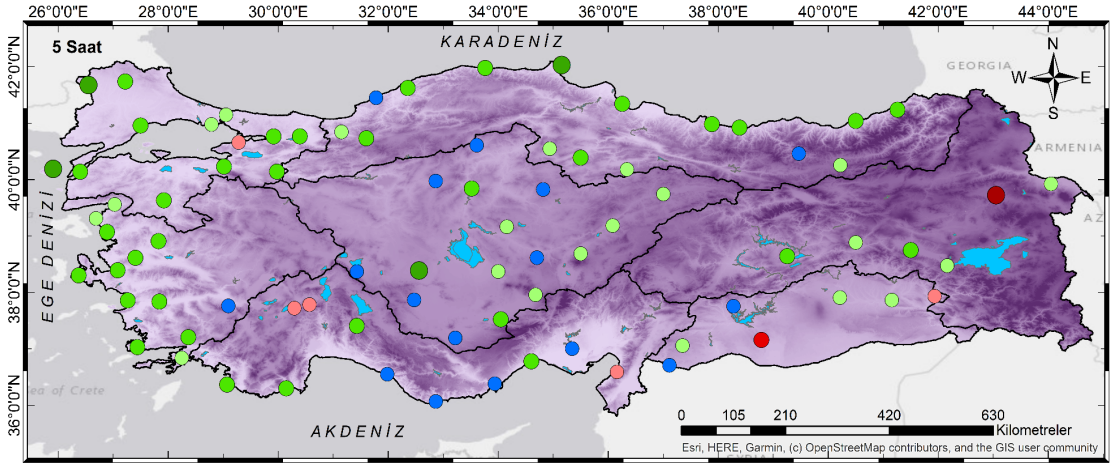
2 Saatlik yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası



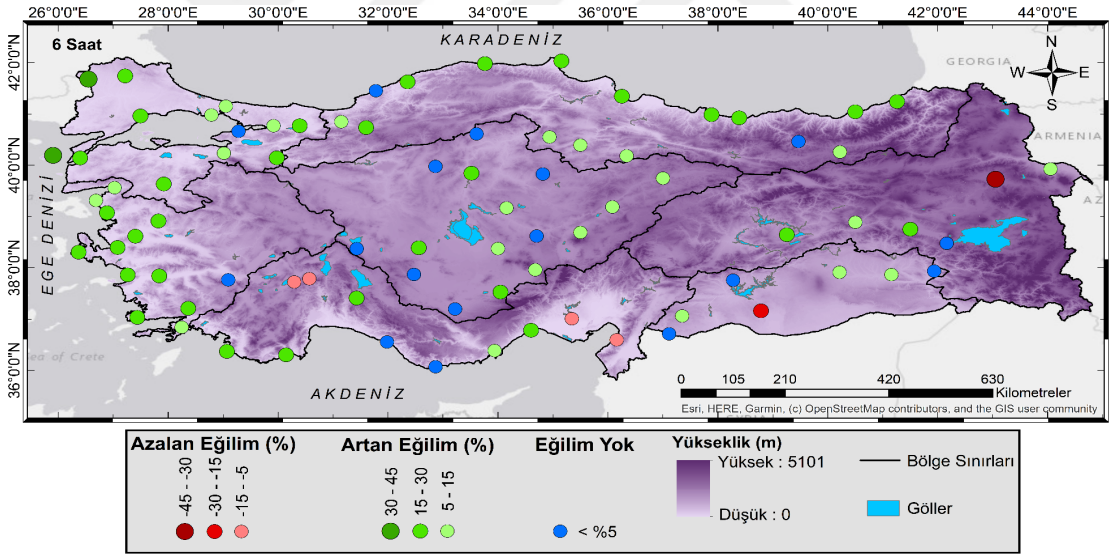
3 Saatlik yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası



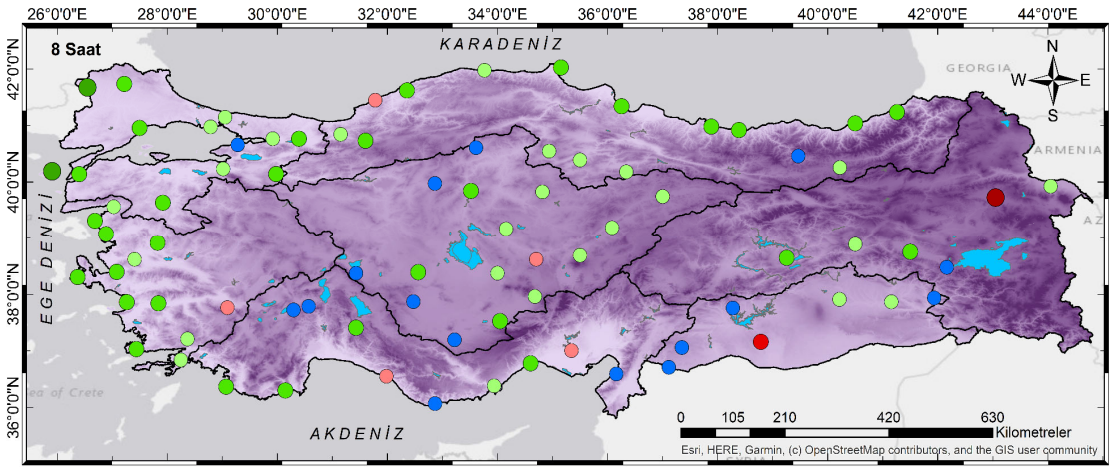
4 Saatlik yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası



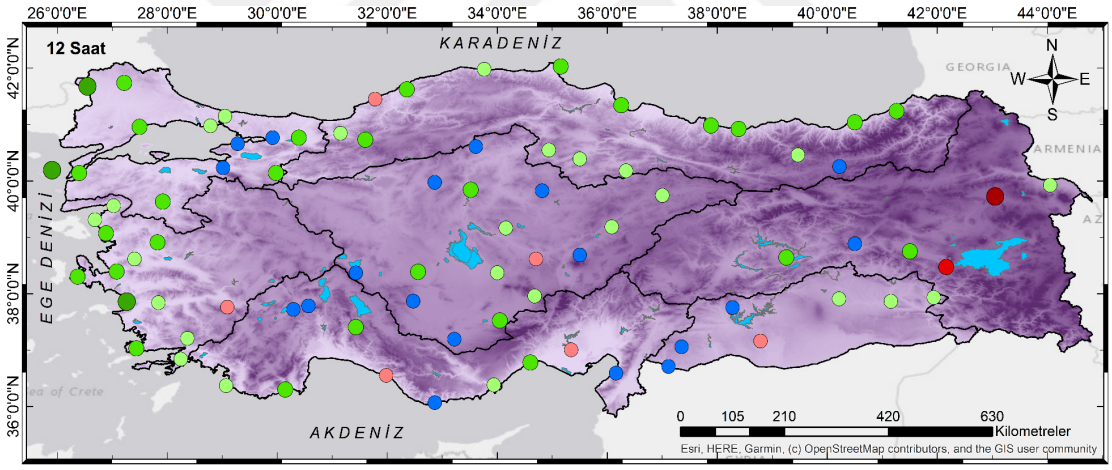
5 Saatlik yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası



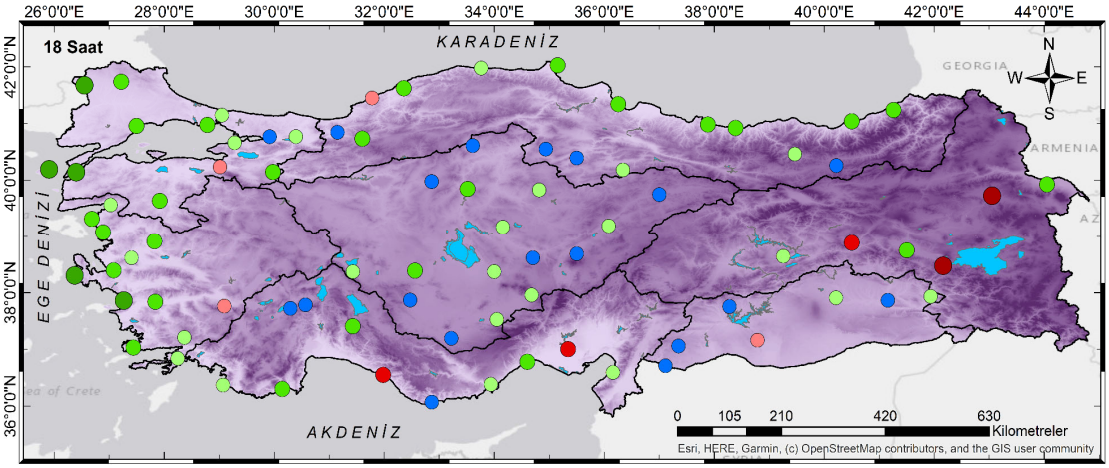
6 Saatlik yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası



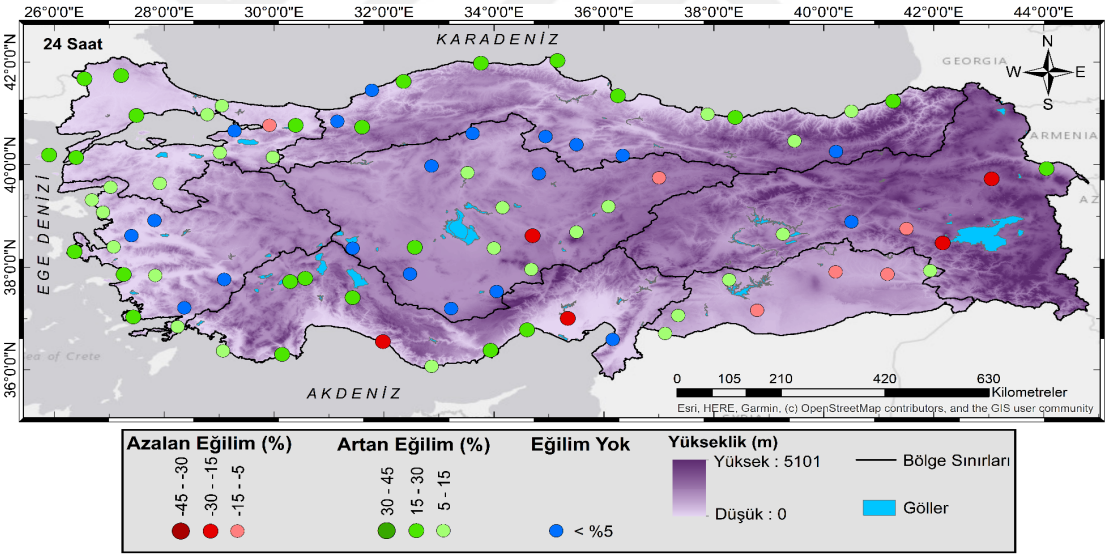
8 Saatlik yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası



12 Saatlik yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası

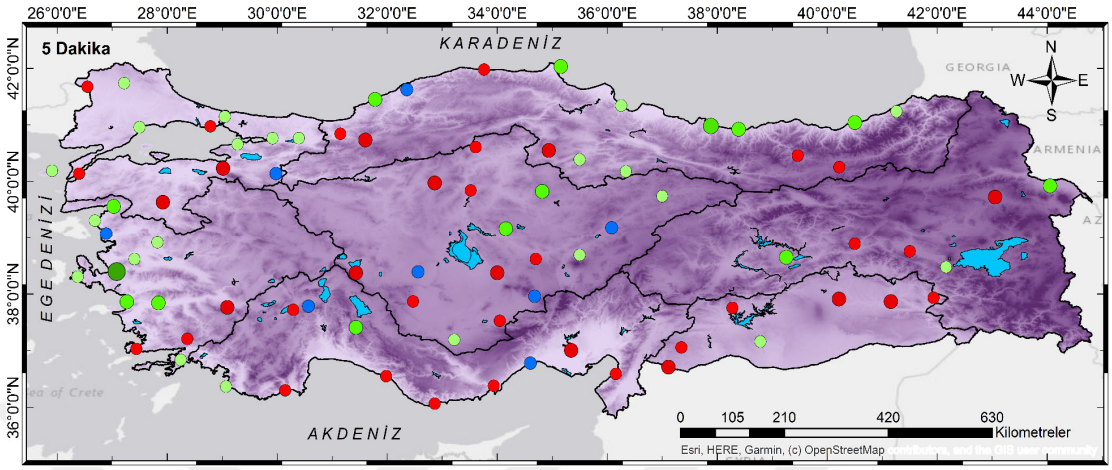


18 Saatlik yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası

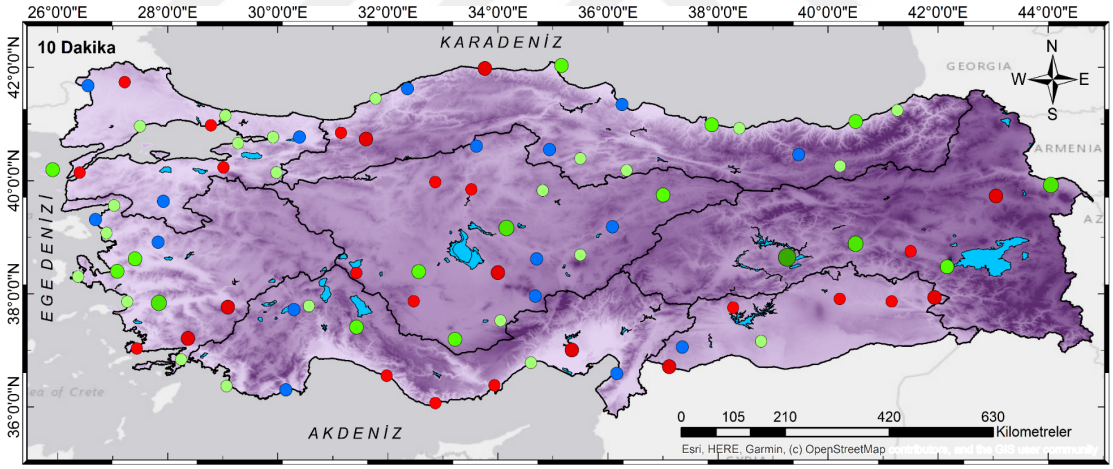


24 Saatlik yağış için YEA eğilim sonuçlarının haritası

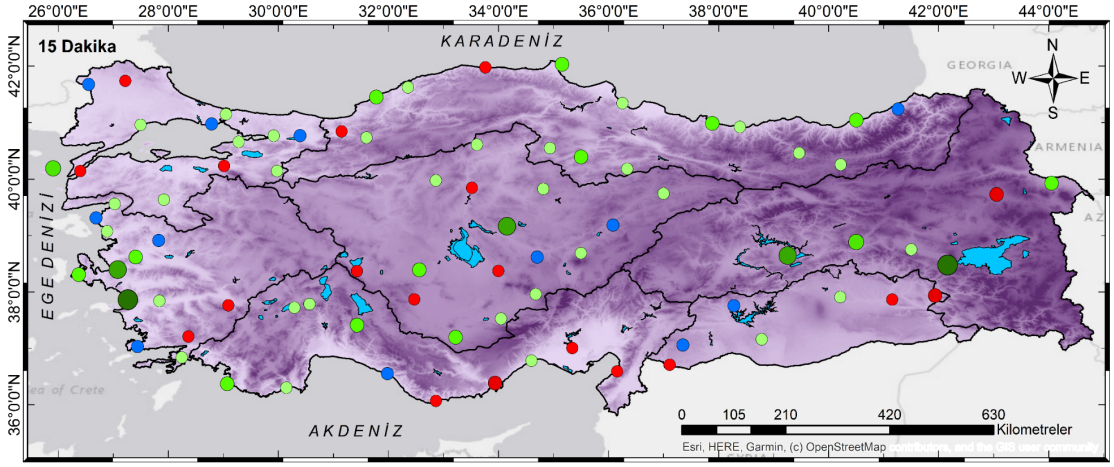
EK 3. GG-YEA Düşük Kategori Değerlerin Eğilim Haritaları



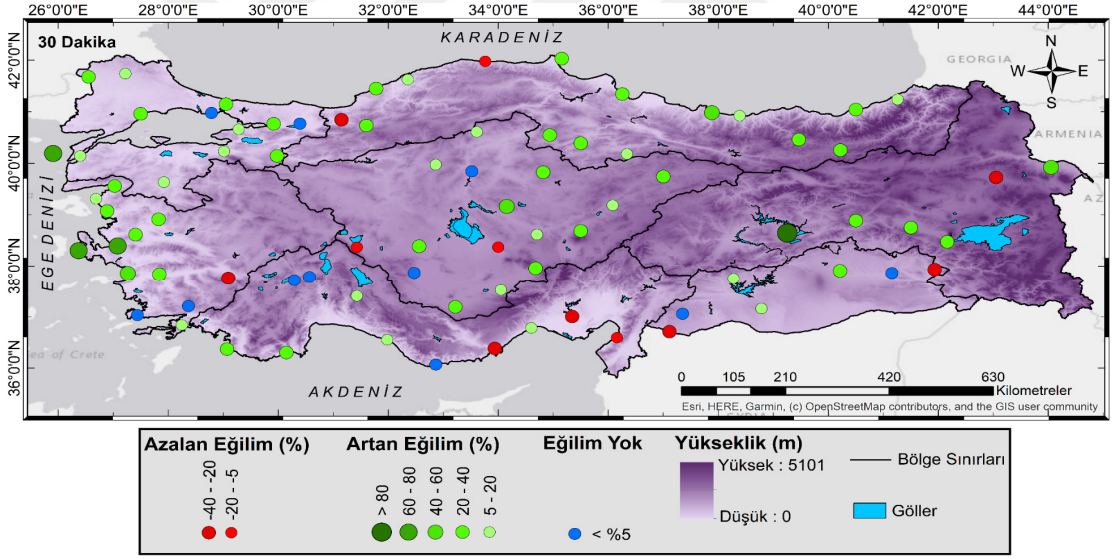
5 Dakikalık yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



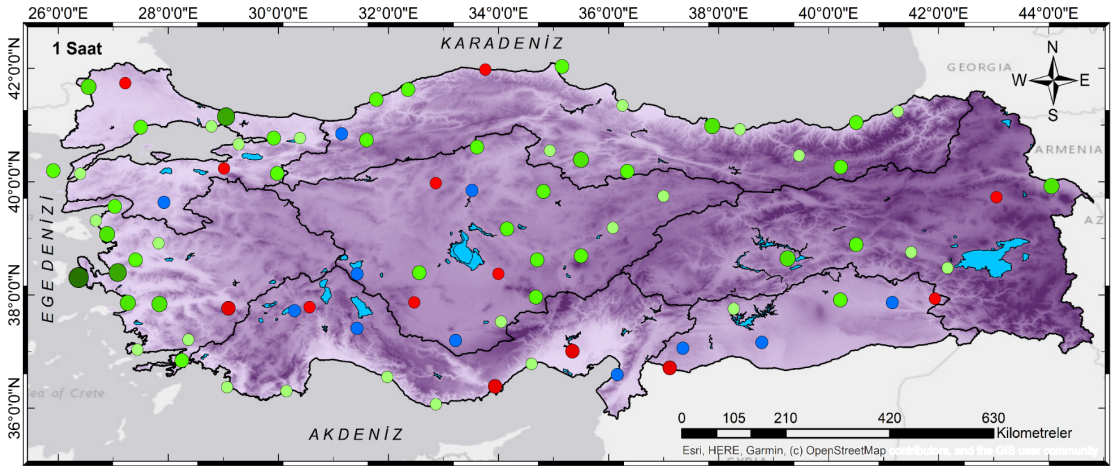
10 Dakikalık yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



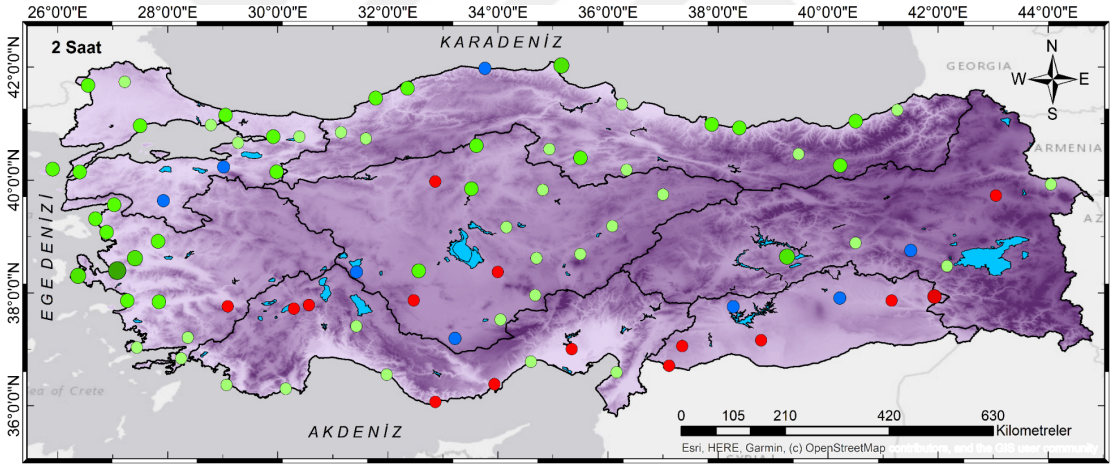
15 Dakikalık yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



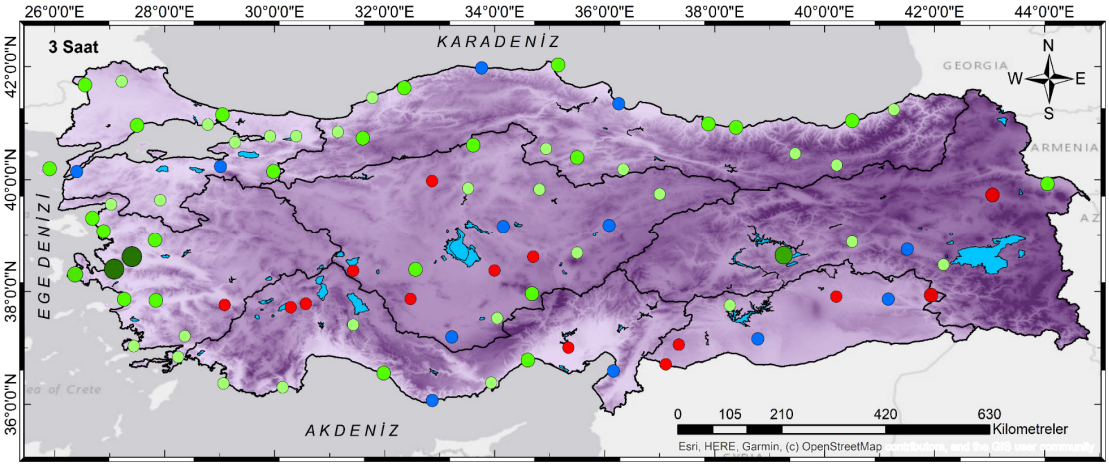
30 Dakikalık yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



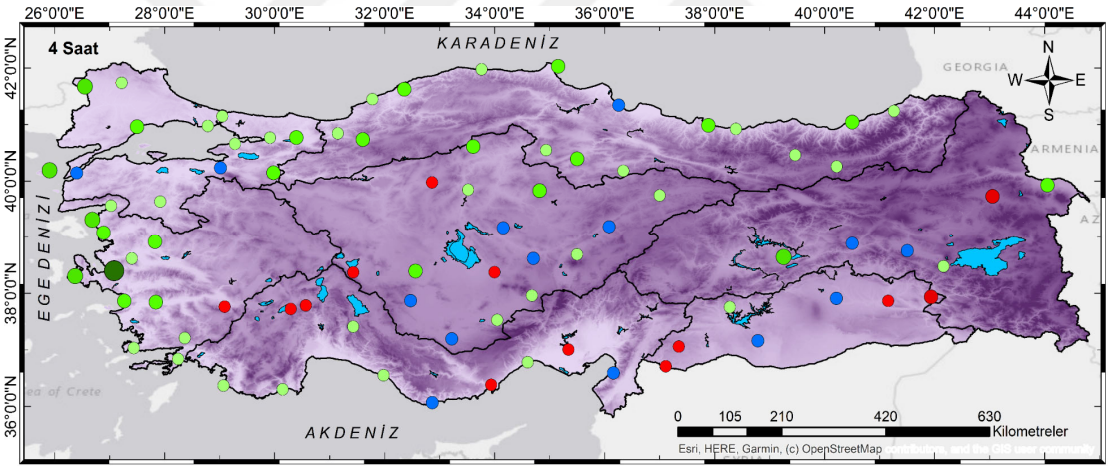
1 Saatlik yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



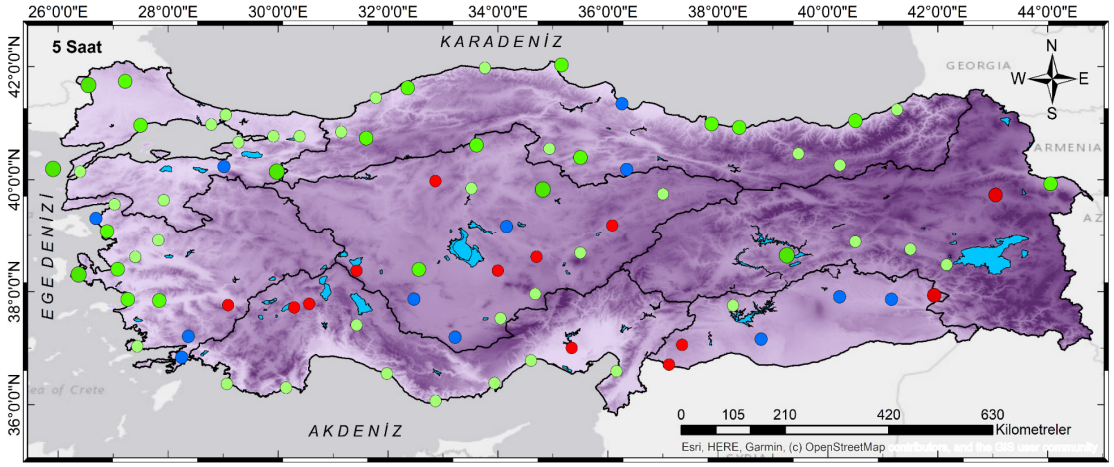
2 Saatlik yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



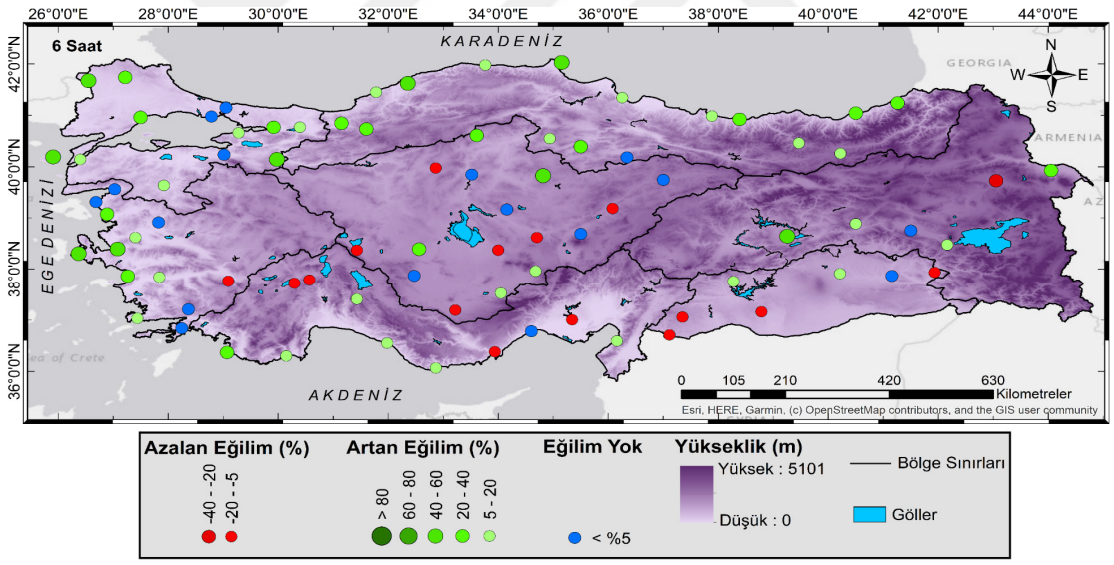
3 Saatlik yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



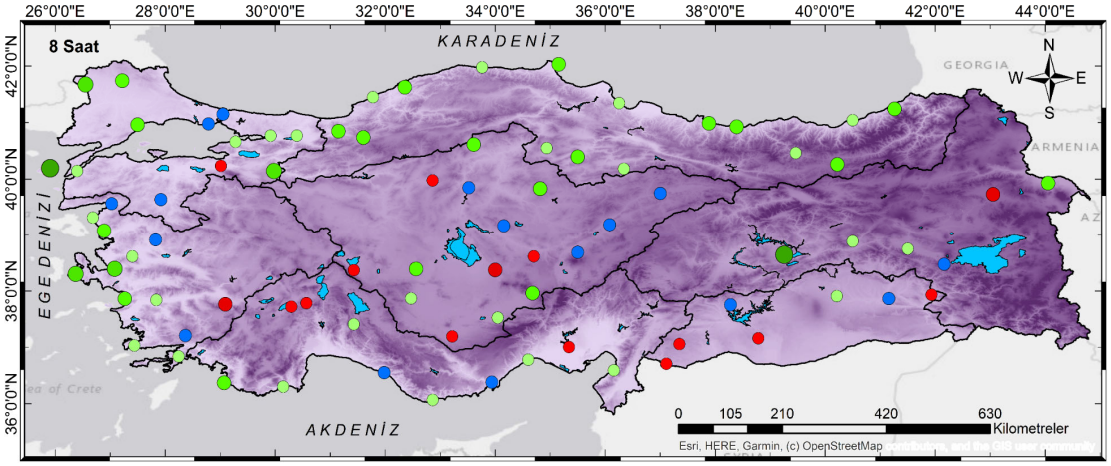
4 Saatlik yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



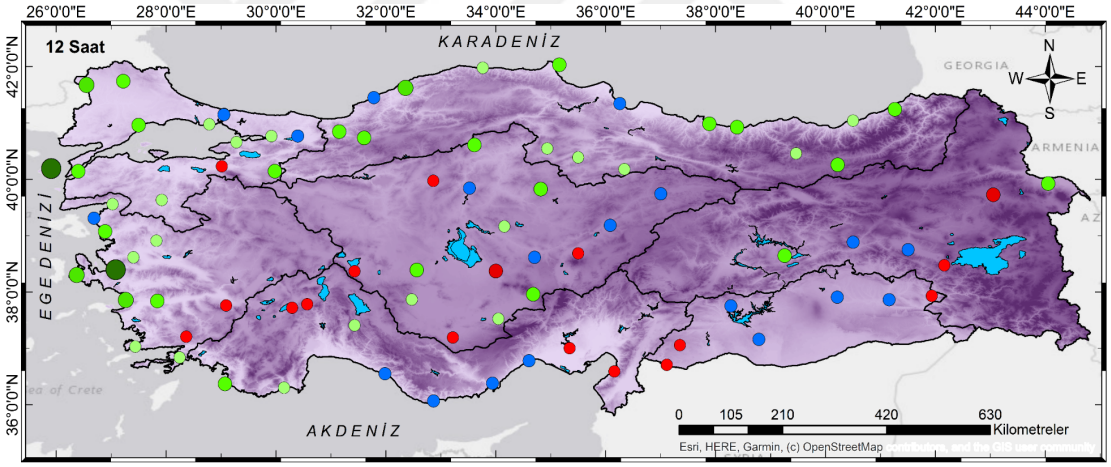
5 Saatlik yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



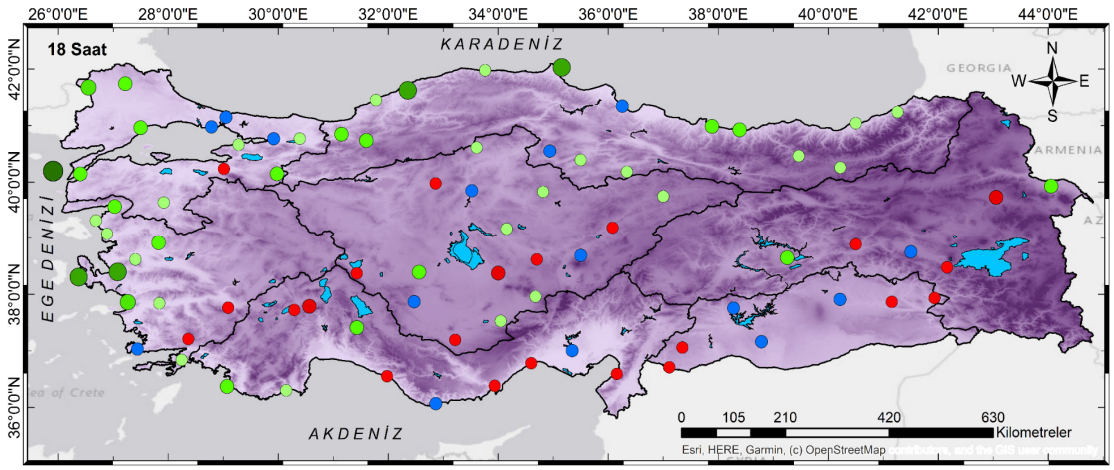
6 Saatlik yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



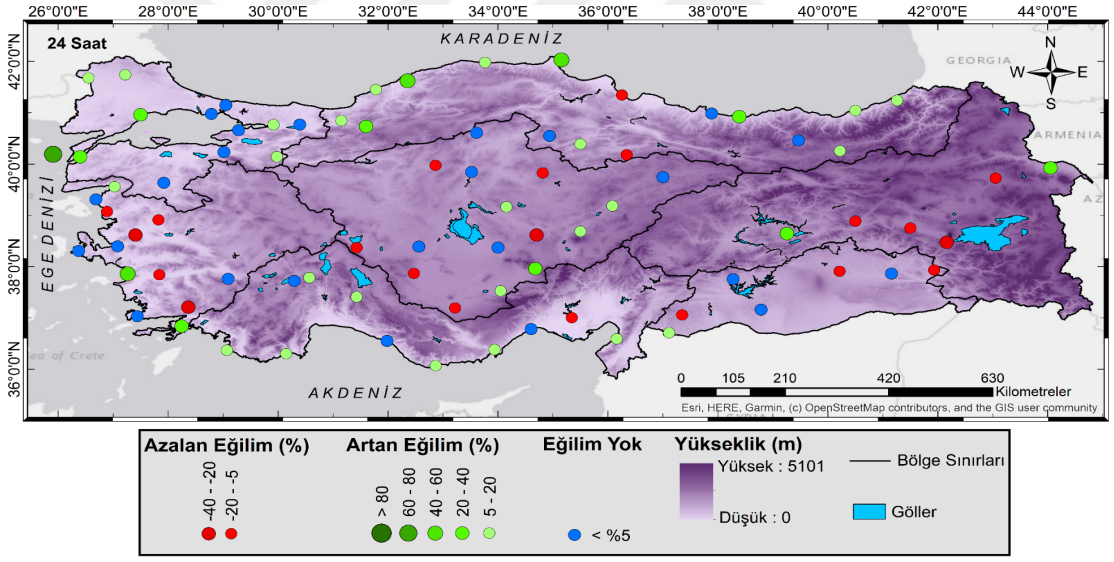
8 Saatlik yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



12 Saatlik yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası

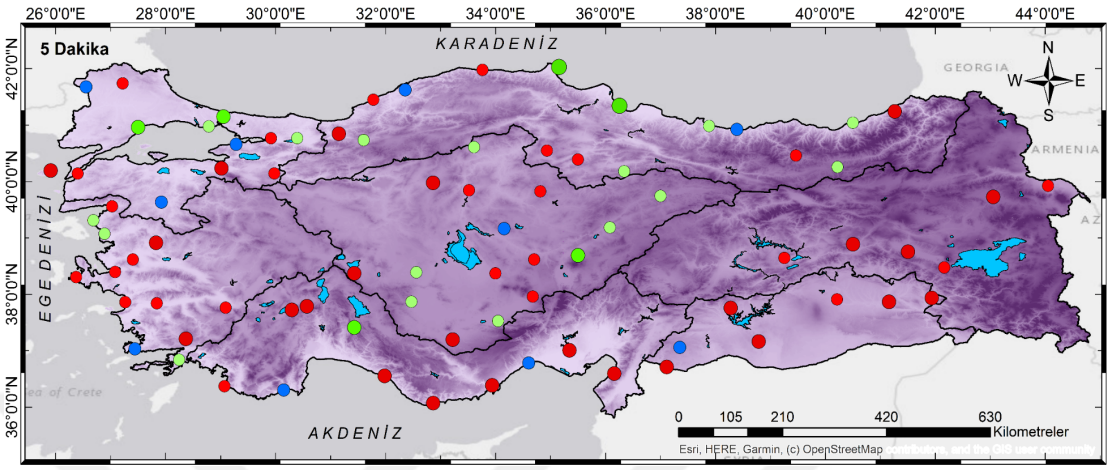


18 Saatlik yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası

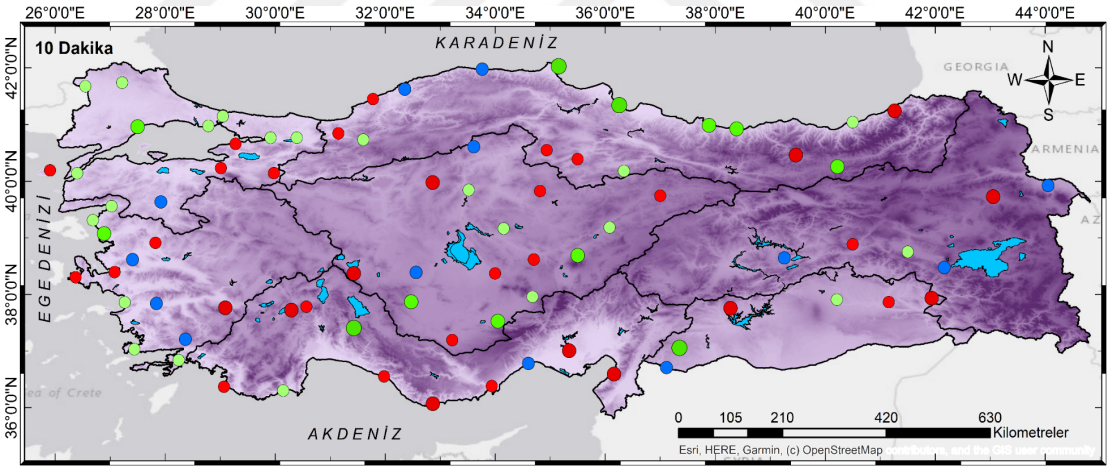


24 Saatlik yağış için GG-YEA düşük değerlerin eğilim sonuçlarının haritası

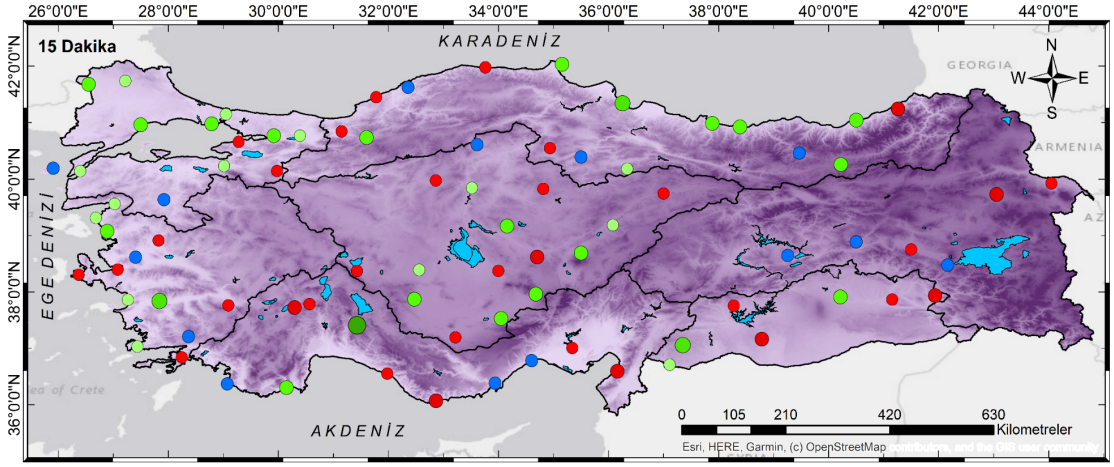
EK 4. GG-YEA Yüksek Kategori Değerlerin Eğilim Haritaları



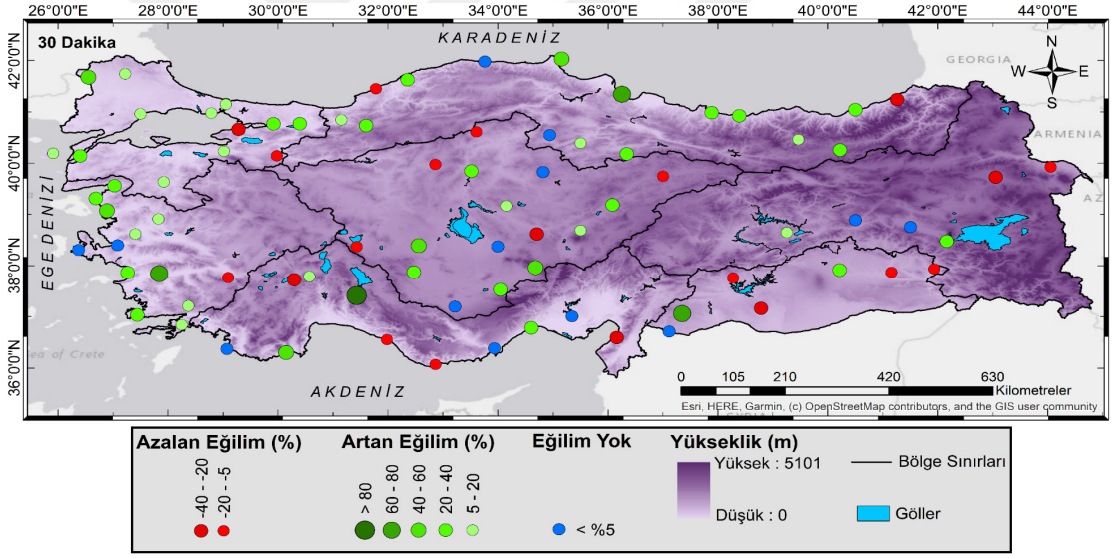
5 Dakikalık yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



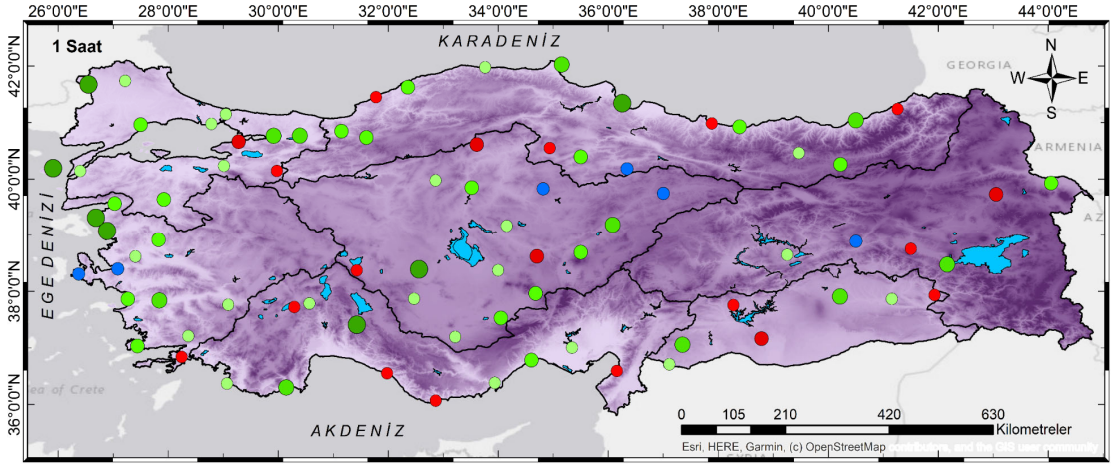
10 Dakikalık yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



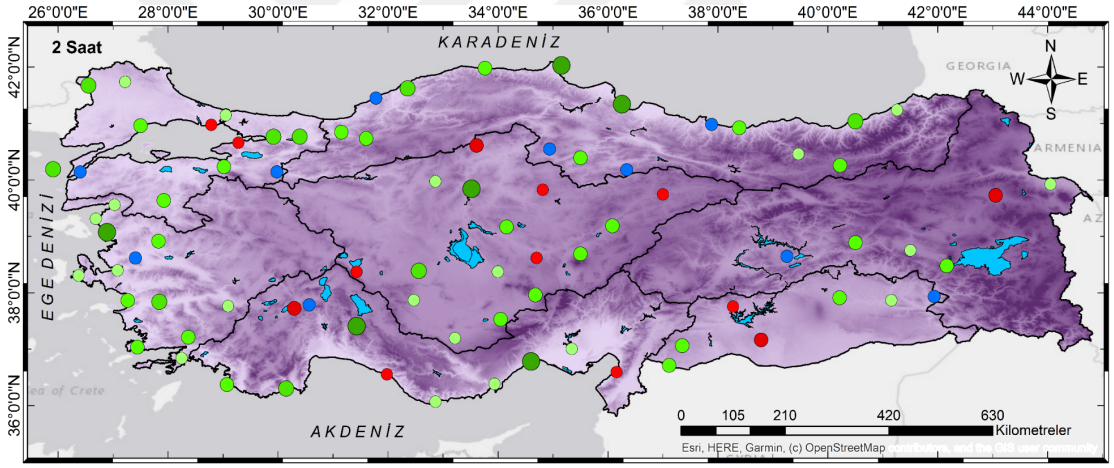
15 Dakikalık yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



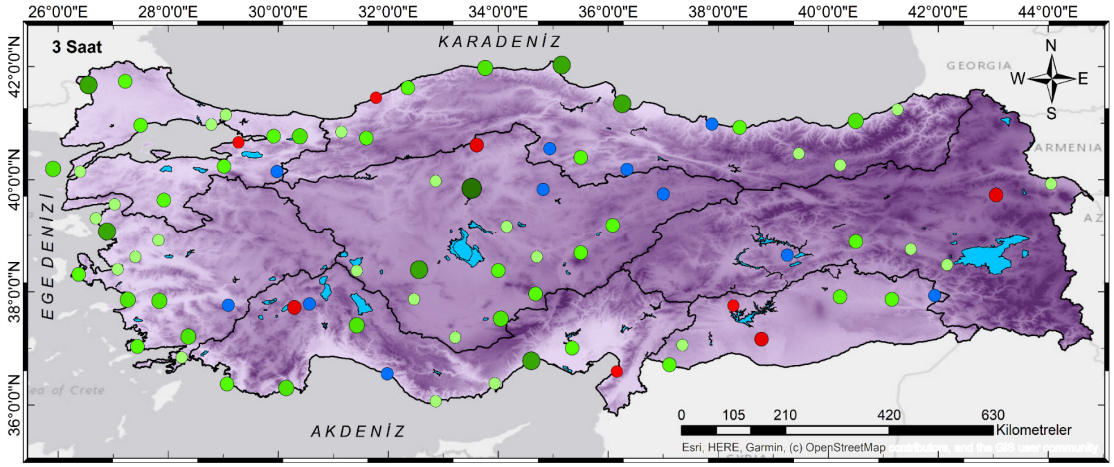
30 Dakikalık yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



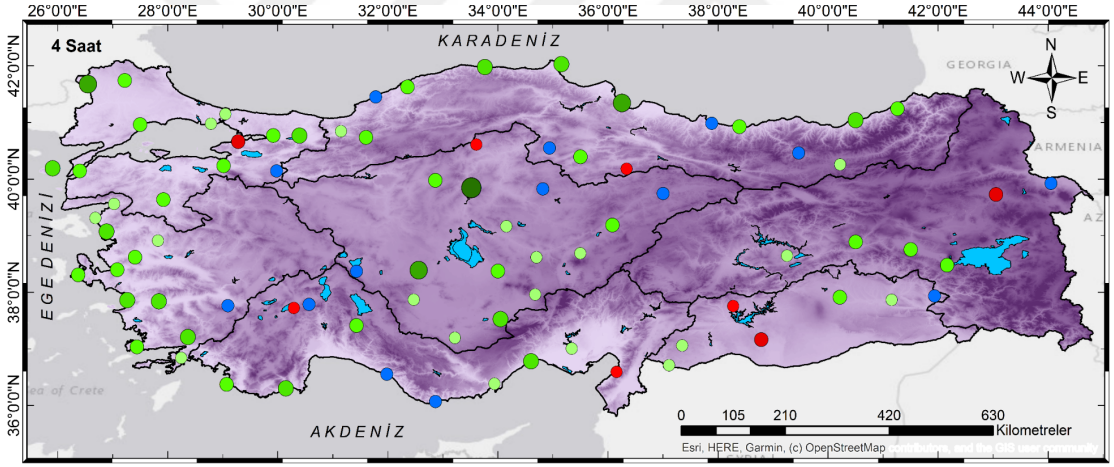
1 Saatlik yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



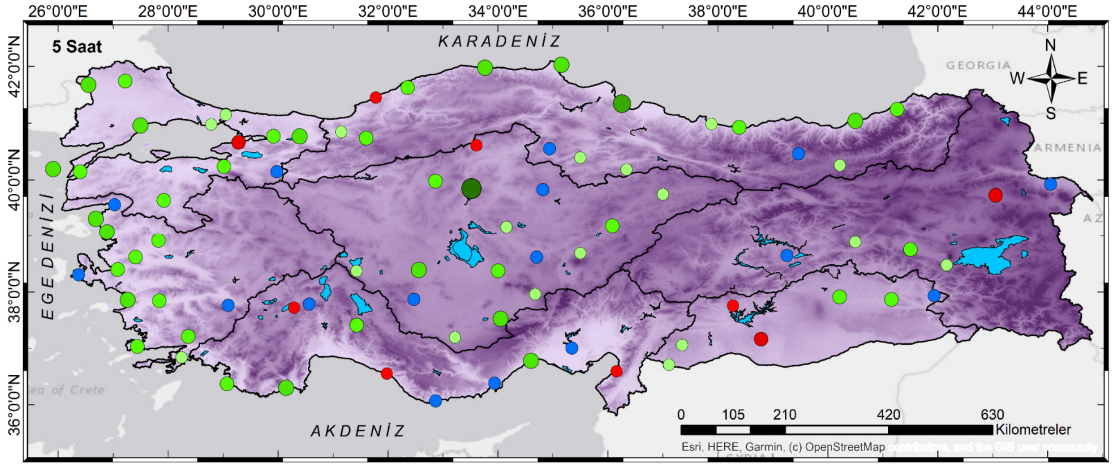
2 Saatlik yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



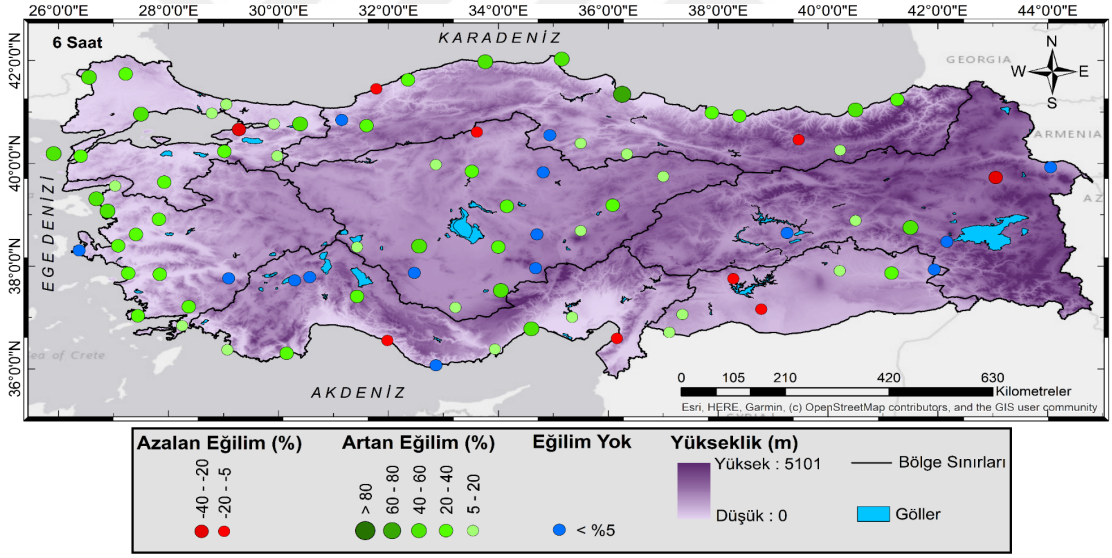
3 Saatlik yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



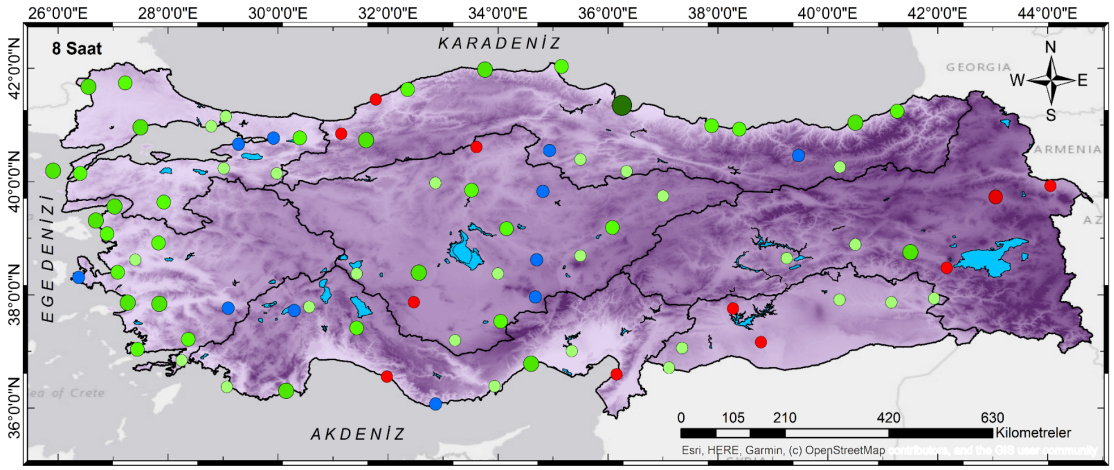
4 Saatlik yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



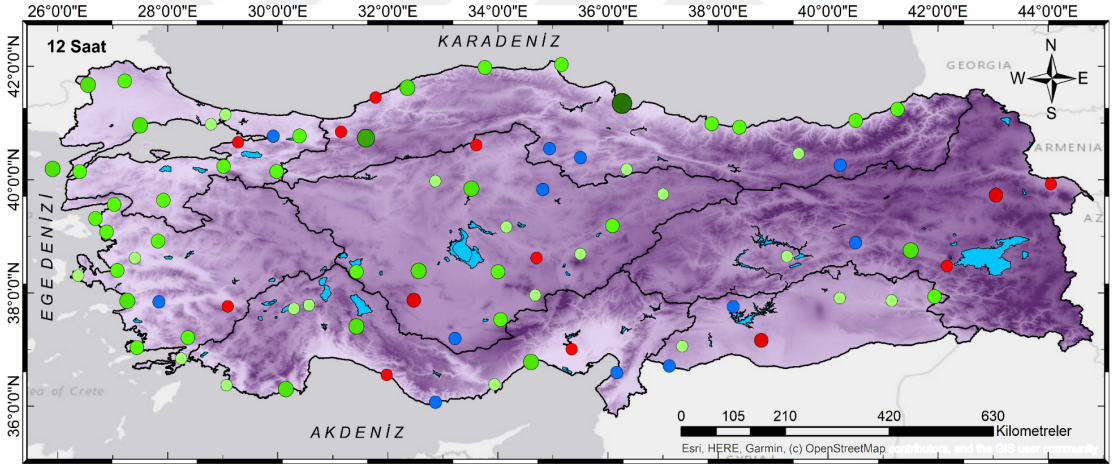
5 Saatlik yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



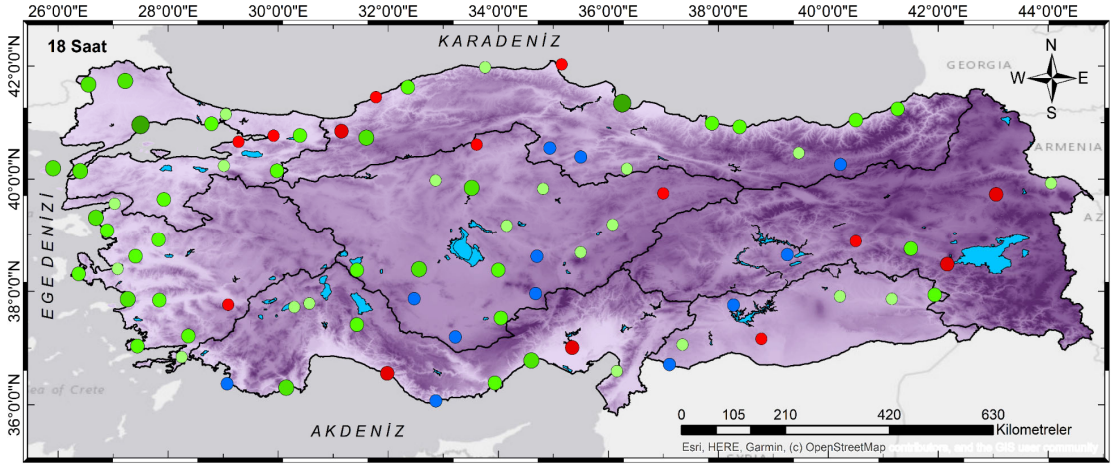
6 Saatlik yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



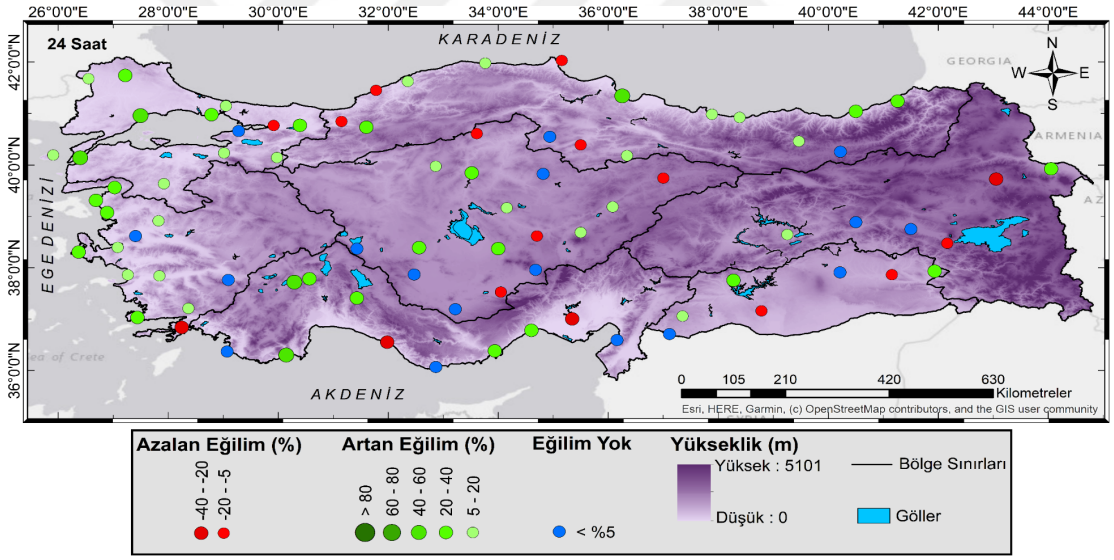
8 Saatlik yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



12 Saatlik yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



18 Saatlik yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası



24 aatlik yağış için GG-YEA yüksek değerlerin eğilim sonuçlarının haritası