T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA HAVZASINDA KURAKLIK DEĞERLENDİRMESİ VE TREND ANALİZİ

Cansu ERCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik Programı

Danışman

Doç. Dr. Eyüp ŞİŞMAN

Mayıs, 2025

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA HAVZASINDA KURAKLIK DEĞERLENDİRMESİ VE TREND ANALİZİ

Cansu ERCAN tarafından hazırlanan tez çalışması 22.05.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Eyüp ŞİŞMAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Eyüp ŞİŞMAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi, Şükrü Ayhan GAZİOĞLU, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi, Erdal KESGİN, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Eyüp ŞİŞMAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Antalya Havzasında Kuraklık Değerlendirmesi ve Trend Analizi" başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Cansu ERCAN

Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü'nün Yüksek Lisans FYL-2024-6558 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Değerli Aileme…

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin yürütülmesinde bilgi ve deneyimiyle rehberlik eden, araştırma sürecine sağladığı akademik katkılar ve yapıcı yönlendirmeleriyle çalışmamın gelişimine büyük katkı sunan tez danışmanım, Sayın Doç. Dr. Eyüp ŞİŞMAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecinde analiz, yöntem geliştirme ve akademik destek konularında katkılarını esirgemeyen Ahmad Abu Arra'ya teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi birikimlerinden yararlandığım, akademik gelişimime katkı sağlayan Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim Dalı'ndaki tüm değerli hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Her koşulda yanımda olan, maddi ve manevi destekleriyle bana güç veren sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

Cansu ERCAN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ ..... **İX**

KISALTMA LİSTESİ ..... **X**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **Xİİ**

TABLO LİSTESİ ..... **XİV**

ÖZET ..... **XVİ**

ABSTRACT ..... **XİX**

1 GİRİŞ **1**

1.1 Literatür Özeti 2

1.2 Tezin Amacı 4

1.3 Hipotez 5

2 MATERYAL VE YÖNTEMLER **8**

2.1 Çalışma Alanı 8

2.2 Kullanılan Veriler 11

2.2.1 Eksik Verilerin tamamlanması 12

2.2.2 Homojenlik Testleri 13

2.2.3 Kuraklık Veri Setlerinin Teşkili ve Uygun Olasılık Dağılım Fonksiyonlarının Belirlenmesi 16

2.3 İhtimali Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) ve Kuraklık Sınıfları 18

2.3.1 Klasik Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (K-SPI) 20

2.3.2 Dinamik Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (D-SPI) 21

2.4 Kuraklık Tanımları ve Özellikleri 21
2.5 İstatistiksel Metrikler 23
2.6 Yenilikçi Kuraklık Sınıflandırma Matrisi (IDCM) 24
2.7 Kuraklık Haritalarının Hazırlanması, Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW) 25
2.8 Kuraklık Trend Analizleri 26
2.8.1 Mann-Kendall (MK) Testi 26
2.8.2 Sen's Slope (SS) Metodu 28
2.8.3 Yenilikçi Trend Analizi (ITA) 29
2.8.4 Frekans- Yenilikçi Trend Analizi (F-ITA) 30
3 BULGULAR VE TARTIŞMA 33
3.1. Eksik Verilerin Tamamlanması ve Homojenlik Analizleri 33
3.1.1 Eksik Verilerin Tamamlanması 33
3.1.2 Homojenlik Analizleri 34
3.2 Kuraklık Veri Setleri İçin Uygun Olasılık Dağılım Fonksiyonları Model seçimi 37
3.3 İhtimali Klasik ve Dinamik Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (K-SPI ve D-SPI) Analiz Sonuçları 40
3.4 Kuraklık Özelliklerinin Zamansal ve Mekansal İncelemesi 43
3.4.1 Kuraklık Süresi ve Kuraklık Şiddeti Haritaları 43
3.4.2 Klasik ve Dinamik SPI Uygulamaları Zaman Serilerinin Karşılaştırılması 47
3.5 İstatistiksel Metrikler ve IDCM Analizleri 51
3.6 Kuraklık Trend (Eğilim) Analizleri 59
3.6.1 Mann Kendall (MK) ve Sen' Slope (SS) Analizleri 59
3.6.2 ITA ve F-ITA Analizleri 67

3.7 Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması 93
3.7.1 K-SPI ve D-SPI İndeksleri Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması 93
3.7.2 Trend (Eğilim) Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması 94
3.8 Antalya Havzası Yağış, Sıcaklık ve Kuraklık Trend Haritaları.....95
4 SONUÇ 98
KAYNAKÇA 101
A K-SPI VE D-SPI KURAKLIK ANALİZ SONUÇLARI.....108
B K-SPI VE D-SPI KURAKLIK ANALİZLERİ ZAMAN SERİLERİ.....116
C IDCM ANALİZ SONUÇLARI 125
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 141

SİMGE LİSTESİ

R^2	Belirleme katsayısı
n	Gözlem sayısı
W_i	IDW'de ağırlık katsayısı
M	Kuraklık genliği
D	Kuraklık süresi
I	Kuraklık şiddeti
Z	Mann-Kendall Z İstatistiği
μ	Ortalama
Q	Sen's Slope Eğim Değeri
T	Sıcaklık
σ	Standart Sapma
d_i	Tahmini yapılmak istenen nokta ile i noktası arasındaki mesafe
P	Yağış Miktarı

KISALTMA LİSTESİ

A-D	Anderson-Darling Testi
CC	Correlation Coefficient
CDF	Cumulative Distribution Function
DI	Drought Index
D-SPI	Dinamik SPI
ED	Extremely Drought
EW	Extremely Wet
F-ITA	Frekans ITA
GEV	Generalized Extreme Value
HH	Hanna and Heinold
IDCM	Innovative Drought Classification Index
IDW	Inverse Distance Weighted
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ITA	Innovative Trend Analysis
K-S	Kolmogorov-Smirnov Testi
K-SPI	Klasik SPI
MAE	Mean Absolute Error
MBE	Mean Bias Error
MD	Moderately Drought
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MK	Mann-Kendall
MSE	Mean Square Error
MW	Moderately Wet
N	Near Normal
PDF	Probability Density Function
RDI	Reconnaissance Drought Index
RMSE	Root Mean Square Error
SD	Severely Drought

SNHT	Standard Normal Homogeneity
SPEI	Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index
SPI	Standardized Precipitation Index
SS	Sen’s Slope
SW	Severely Wet
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Antalya Havza haritası.....8

Şekil 2.2 Antalya Havzasında 1969-2022 yılları arası görülen toplam yağışların mevsimlere göre dağılımı 9

Şekil 2.3 Yenilikçi kuraklık sınıflandırma matrisi (IDCM) (Abu Arra ve Şişman, 2024) 25

Şekil 2.4 ITA yöntemine göre eğilim desenleri (Dabanlı vd., 2016).....30

Şekil 3.1 İstasyonlar için Ağaç Diyagramı analizi 34

Şekil 3.2 İstasyonların mekansal dağılımına göre kümelenme sonuçları.....34

Şekil 3.3 Eğirdir istasyonu 2015–2016 yılları klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları 41

Şekil 3.4 Eğirdir istasyonu 2017–2018 yılları klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları 41

Şekil 3.5 Eğirdir istasyonu 2019–2020 yılları klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları 42

Şekil 3.6 Eğirdir istasyonu 2021–2022 yılları klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları.....42

Şekil 3.7 Antalya Havzası için ortalama kuraklık süresi haritaları a) K-SPI 3, b) D-SPI 3, c) K-SPI 6, d) D-SPI 6, e) K-SPI 12, f) D-SPI 12. 45

Şekil 3.8 Antalya Havzası için ortalama kuraklık şiddeti haritaları a) K-SPI 3, b) D-SPI 3, c) K-SPI 6, d) D-SPI 6, e) K-SPI 12, f) D-SPI 12. 47

Şekil 3.9 Isparta ve Senirkent istasyonları K-SPI ve D-SPI kuraklık analizleri zaman serileri (1969–2022). (a) Isparta istasyonu SPI-3, (b) Isparta istasyonu SPI-

6, (c) Isparta istasyonu SPI-12, (d) Senirkent istasyonu SPI-3, (e) Senirkent istasyonu SPI-6, (f) Senirkent istasyonu SPI-12.....50

Şekil 3.10 IDCM analiz sonuçları (a) Korkuteli_SPI-3, (b) Burdur_SPI-3, (c) Tefenni_SPI-6, (d) İbradı_SPI-6, (e) Alanya_SPI-12 ve (f) Burdur_SPI-12.....58

Şekil 3.11 Yağış verileri F-ITA grafikleri (a) A. Havalimanı, (b) Alanya, (c) Beyşehir, (d) Burdur, (e) Eğirdir, (f) Hadim, (g) Isparta, (h) Korkuteli, (i) Manavgat, (j) Senirkent, (k) Seydişehir, (l) Tefenni, (m) Uluborlu, (n) Yalvaç 72

Şekil 3.12 Sıcaklık verileri F-ITA grafikleri (a) A. Havalimanı, (b) Alanya, (c) Beyşehir, (d) Burdur, (e) Eğirdir, (f) Hadim, (g) Isparta, (h) Korkuteli, (i) Manavgat, (j) Senirkent, (k) Seydişehir, (l) Tefenni, (m) Uluborlu, (n) Yalvaç 78

Şekil 3.13 SPI-3 F-ITA grafikleri (a) A. Havalimanı, (b) Alanya, (c) Beyşehir, (d) Burdur, (e) Eğirdir, (f) Hadim, (g) Isparta, (h) Korkuteli, (i) Manavgat, (j) Senirkent, (k) Seydişehir, (l) Tefenni, (m) Uluborlu, (n) Yalvaç.....84

Şekil 3.14 SPI-6 F-ITA grafikleri (a) A. Havalimanı, (b) Alanya, (c) Beyşehir, (d) Burdur, (e) Eğirdir, (f) Hadim, (g) Isparta, (h) Korkuteli, (i) Manavgat, (j) Senirkent, (k) Seydişehir, (l) Tefenni, (m) Uluborlu, (n) Yalvaç.....89

Şekil 3.15 SPI-12 F-ITA grafikleri (a) A. Havalimanı, (b) Alanya, (c) Beyşehir, (d) Burdur, (e) Eğirdir, (f) Hadim, (g) Isparta, (h) Korkuteli, (i) Manavgat, (j) Senirkent, (k) Seydişehir, (l) Tefenni, (m) Uluborlu, (n) Yalvaç.....93

Şekil 3.16 Antalya Havzası'na ait (a-b) ortalama yağış ve sıcaklık dağılımları, (c-d) SS yağış ve sıcaklık trendleri ve (e-f-g) SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 SS kuraklık trendleri.....97

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler 10

Tablo 2.2 Uygunluk testleri 17

Tablo 2.3 Kullanılan olasılık dağılım fonksiyonları.....18

Tablo 2.4 SPI indeks değerlerine göre kuraklık sınıfları ve normal dağılım olasılıkları (McKee vd., 1993) 19

Tablo 2.5 İstatistiksel metrikler 24

Tablo 3.1 Yağış ve sıcaklık verileri homojenlik testleri sonuçları 36

Tablo 3.2 Farklı olasılık dağılımlarına göre SPI analizleri ve kuraklık sınıfı geçişleri 39

Tablo 3.3 Antalya Havzası ve yakın çevresinde bulunan istasyonlar için klasik ve dinamik SPI-3 kuraklık analiz sonuçlarının karşılaştırılması 51

Tablo 3.4 Antalya Havzası ve yakın çevresinde bulunan istasyonlar için klasik ve dinamik SPI-6 kuraklık analiz sonuçlarının karşılaştırılması 53

Tablo 3.5 Antalya Havzası ve yakın çevresinde bulunan istasyonlar için klasik ve dinamik SPI-12 kuraklık analiz sonuçlarının karşılaştırılması 55

Tablo 3.6 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların aylık yağış veri istatistikleri ile MK ve SS trend analiz sonuçları. 60

Tablo 3.7 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların sıcaklık veri istatistikleri ile MK ve SS trend analiz sonuçları 61

Tablo 3.8 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların SPI-3 kuraklık indeksleri için MK ve Sen's Slope trend analiz sonuçları. 63

Tablo 3.9 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların SPI-6 kuraklık indeksleri için MK ve Sen's Slope trend analiz sonuçları 64

Tablo 3.10 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların SPI-12 kuraklık indeksleri için MK ve Sen's Slope trend analiz sonuçları 66

ÖZET

ANTALYA HAVZASINDA KURAKLIK DEĞERLENDİRMESİ VE TREND ANALİZİ

Cansu ERCAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Eyüp ŞİŞMAN

Kuraklık günümüzde su kaynaklarının yönetiminden, tarım, ekonomi ve sanayiye kadar pek çok sektörde önemli yıkıcı etkileri olan, yavaş ve sinsice ortaya çıkıp gelişen zararlı doğal afetlerden birisidir. Kuraklık olaylarının başlaması, zamansal ve uzamsal değişimleri, süresi, şiddeti, frekansı ve kuraklık özelliklerinin tanımlanması tartışılan varsayımlara dayanır. Son yıllarda iklim değişikliği etkisiyle sıklık ve şiddetinde değişimler görülebilen kuraklık olaylarının ve karakteristiklerinin doğru ve güvenilir şekilde hesap edilip öngörülmesi, özellikle çevresel sürdürülebilirlik ile su kaynaklarının korunması açısından kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir. Kuraklık analizlerinde en fazla tercih edilen ve bu tez çalışmasında da kullanılan yöntemlerden biri olan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI), olasılık temelli standartlaştırma prensibine dayanmaktadır. Literatürde yöntemin uygulamasına bakıldığında genelde tüm verilerin tek bir modelde değerlendirildiği, bu tez çalışmasında da klasik yaklaşım olarak isimlendirilen K-SPI uygulaması, az sayıda çalışma dışında, pek çok araştırmada kullanılmıştır. Buna karşın her ayın verisinin kendi grubu içerisinde modellendiği kuraklık indeks hesap

uygulaması nadiren de olsa tercih edilmektedir. Bu tez çalışmasında söz konusu uygulama farklılıklarının kuraklık analizleri ve özellikleri üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla klasik SPI (K-SPI) ve dinamik SPI (D-SPI) karşılaştırması yapılmıştır. Bu kapsamda, Antalya Havzası'nda 1969–2022 dönemine ait aylık yağış verileri kullanılarak 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde kuraklık analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlere başlanabilmesi için ilk olarak eksik veriler tamamlanmış, homojenlik analizleri gerçekleştirilmiş ve uygun olasılık dağılım fonksiyonları belirlenmiştir. Sonrasında klasik ve dinamik SPI uygulamaları yapılarak kuraklık indeksleri ve kuraklık özellikleri hesaplanmıştır. Ardından kuraklık karakteristiklerinin mekânsal ve zamansal değişimleri incelenerek, ham veriler ve kuraklık indekslerindeki trendler Mann-Kendall, Sen's Slope ve Frekans-Yenilikçi Trend Analizi (F-ITA) yöntemleriyle tanımlanmıştır. Araştırma sonucunda kısa SPI-3 ve orta vadeli SPI-6 zaman ölçeklerinde, klasik ve dinamik SPI uygulama sonuçları arasında belirgin farklılıklar tespit edilmiştir. Dinamik SPI, özellikle kısa ve orta ölçeklerde klasik SPI' ya göre, daha uzun kuraklık süreleri öngörmüştür. Ancak SPI-12 zaman ölçeğinde iki uygulama sonucu arasındaki farklar azalmaktadır. Hazırlanan kuraklık haritalarına göre genelde kıyı bölgeleri daha fazla kuraklık tehlikesi altındadır. Elde edilen bulgular, SPI uygulamalarında yaklaşım farklılığının kuraklık analiz ve modellerinde kritik öneme sahip olduğunu ve uygulama seçiminin özellikle kısa ve orta vadeli kuraklık karakteristikleri üzerinde doğrudan etkili olduğunu gösterir. Yapılan trend analizleri sonucunda, sıcaklıklarda anlamlı ve havza geneline yayılan bir artış eğilimi gözlemlenirken, yağış serilerinde ise genel olarak anlamlı eğilimler belirlenmemiştir. SPI indeksleri üzerinden yapılan analizlerde ise özellikle SPI-6 ve SPI-12 zaman ölçeklerinde havzanın güney kesiminde kuraklık şiddetinde belirgin artışlar tespit edilmiştir. Bu tez çalışması, Antalya Havzası'nda iklim değişikliği ile kuraklık tehlikelerinin daha da artabileceğini su kaynaklarının planlanması, su yönetimi ve tarım konularında eğilim ve kuraklık araştırmalarının önemini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, Antalya Havzası, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI), İklim Değişikliği, Trend Analizi

ABSTRACT

DROUGHT EVALUATION AND TREND ANALYSIS IN THE ANTALYA BASIN, TÜRKİYE

Cansu ERCAN

Department of Civil Engineering
Master of Science

Supervisor: Doç. Dr. Eyüp ŞİŞMAN

Drought is among the most damaging natural hazards, which develops gradually, often without clear warning, and exerts widespread and severe impacts across numerous critical sectors, including water resources management, agriculture, economy, and industry. Considerable discussion surrounds the onset of drought events and their temporal and spatial variations and characteristics, including drought duration, intensity, and frequency. These aspects are often defined based on contested assumptions. Climate change has significantly altered the frequency and severity of drought events in recent years. As a result, it has become critically important to accurately and reliably assess and estimate drought events and their key characteristics, particularly in ensuring environmental sustainability and protecting water resources. The Standardized Precipitation Index (SPI)—one of the most widely used methods for drought analysis—is based on probabilistic standardization. A review of the existing literature reveals that, with few exceptions, drought studies have predominantly employed the classical SPI approach (referred to in this thesis as K-SPI), in which all data are modeled collectively within a single probabilistic framework/model. In contrast, approaches that separately model each month's data have received limited attention. In this study, a comparative analysis

of the classical SPI (K-SPI) and a dynamic SPI (D-SPI) method was conducted to determine how differences in implementation affect drought characteristics and overall analysis outcomes. The analysis utilized monthly precipitation data from the Antalya Basin (1969–2022) for 3-, 6- and 12-month time scales. Before these analyses, missing data were filled, data homogeneity was assessed, and the most suitable probability distribution functions were identified for each station and timescale. Drought durations and intensities were then estimated using both the classical and dynamic SPI approaches. Subsequently, spatiotemporal variations in drought characteristics were examined. Finally, trends in the raw climate data and the standardized drought indices were evaluated using the Mann-Kendall test, Sen's Slope estimator, and the Frequency-Innovative Trend Analysis (F-ITA) method. The results indicate that at short (SPI-3) and medium (SPI-6) time scales, the K-SPI and D-SPI approaches produce significantly different outcomes. In particular, the D-SPI method estimates longer drought durations than the K-SPI at these shorter time scales. However, as the time scale extends to a long (SPI-12) period, the differences between the two approaches become less pronounced. Additionally, the drought maps suggest that coastal regions are generally more vulnerable to drought conditions. These findings underscore that the choice of methodology in SPI calculations plays a pivotal role in drought analysis and modeling, substantially influencing the resulting drought characteristics. Based on the trend analyses, a statistically significant and basin-wide increasing trend was observed in the temperature series. In contrast, no consistent or statistically significant trends were identified in the precipitation series. However, analyses based on SPI indices revealed a notable increase in drought intensity, particularly in the southern part of the basin, at the SPI-6 and SPI-12 time scales. This study confirms that climate change-induced drought hazards have intensified in the Antalya Basin. It highlights the importance of continued climate change and drought research, particularly in water resources planning, water management, and agriculture.

Keywords: Drought, Antalya Basin, Standardized Precipitation Index (SPI), Climate Change, Trend Analysis.

1
GİRİŞ

İnsanoğlunun faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan ve atmosfere salınan sera gazları su buharı (H_2O), karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazot monoksit (N_2O) ve ozon (O_3), yeryüzünden yansıyan uzun dalga ışınımının atmosfer dışına kaçışını sınırlandırmakta ve bu durum küresel ölçekte sıcaklık artışlarına neden olmaktadır (IPCC, 2021). Bu gazların atmosferde birikmesiyle birlikte yeryüzünün içsel enerji akışı, atmosfer, biyosfer, litosfer ve kriyosfer sistemlerinde ısıl değişimlere yol açmakta ve bu süreç "küresel ısınma" olarak tanımlanmaktadır (Trenberth, 2011).

Küresel ısınmanın etkisiyle kutup bölgeleri ve yüksek rakımlı alanlardaki buzullar büyük hızla erimekte, bu da güneş ışınlarını yansıtan yüzeylerin azalmasına yol açmaktadır (Serreze & Barry, 2014). Diğer yandan, yükselen sıcaklıklar ve artan kuraklık eğilimleri orman yangınlarının sıklığını ve şiddetini artırmakta; bu durum, karbon yutakları olan orman ekosistemlerinde ciddi kayıplar meydana getirmektedir (Bowman vd., 2009). Söz konusu süreçler, iklim sisteminde pozitif geri besleme döngüleri oluşturarak ısınmanın daha da hızlanmasına neden olmaktadır (IPCC, 2023).

Küresel ısınma yalnızca sıcaklık artışıyla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda atmosferik dolaşım, nem taşınımı ve yağış rejimlerini etkileyerek küresel iklim sisteminde büyük ölçekli değişimlere neden olmaktadır (Trenberth, 2011). Bu gelişmeler, ekstrem hava olaylarının sıklığını ve şiddetini artırarak dünyanın neredeyse her bölgesinde çeşitli afet risklerini beraberinde getirmektedir (Trenberth vd., 2015). IPCC (2021) verilerine göre; sıcak hava dalgaları, yoğun yağışlar, uzun süreli kuraklıklar ve tropik siklonlar artık daha sık görülmekte ve etkileri her geçen gün daha yıkıcı hale gelmektedir.

İklim değişikliği, bu olayların yalnızca sıklığını değil; aynı zamanda coğrafi dağılımını, mevsimsel zamanlamasını, süresini ve alansal etkilerini de önemli ölçüde değiştirmektedir (Türkes, 2012). Ani gelişen bu ekstrem hava olayları zaman zaman sel, fırtına ve dolu gibi doğal afetlere dönüşürken; bunun aksine kuraklık olayları farklı bir karakter sergileyerek yavaş gelişen, etkisi uzun süren ve genellikle geç fark edilen bir afet türü olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle literatürde "sessiz afet" veya "ağır çekim afet" olarak da adlandırılmıştır (SYGM, 2018).

Kuraklık genel olarak yağışların ortalamanın altına düşmesiyle başlayan bir süreç olarak tanımlanmıştır. Bu süreç, öncelikle meteorolojik kuraklık ile başlayıp; ardından toprağın nem içeriğini kaybetmesiyle tarımsal kuraklığa ve nihayetinde yeraltı ve yüzey su kaynaklarını etkileyerek hidrolojik kuraklığa dönüşmektedir (Wilhite & Glantz, 1985). Kuraklık, bu çok katmanlı yapısıyla yalnızca fiziksel çevreyi değil, sosyoekonomik sistemleri de doğrudan etkilemektedir.

İklim değişikliğinin su döngüsü üzerindeki etkileri küresel ölçekte az çok belli ölçülerde hissedilmekle birlikte, özellikle orta enlemlerde yer alan ülkelerde bu etkiler daha belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir (IPCC, 2023; Trenberth, 2011).Türkiye'nin de bu kuşakta yer alması nedeniyle değişen iklim koşullarından güçlü şekilde etkilenmesi beklenmektedir. Yapılan araştırmalar, Türkiye'nin birçok bölgesinde sıcaklık değerlerinin yükseldiğini ve yağış desenlerinde belirgin dengesizliklerin oluştuğunu göstermektedir (Türkes, 2012; Isinkaralar vd., 2024). Bu değişimler, kuraklık olaylarının şiddetinde, süresinde ve tekrar sıklığında artışa neden olmakta; özellikle su kaynakları yönetimi ve tarımsal üretim süreçlerini tehdit etmektedir (Dabanlı vd., 2017; Gül & Kayaalp, 2024).

1.1 Literatür Özeti

Yapılan birçok araştırmada, kuraklığın olumsuz etkilerinden korunmak amacıyla yaşanmış tarihsel kuraklık olayları incelenmiş ve kuraklık özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu araştırmalarda sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri olan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) metodolojisinde, önce yağış verilerine uyan olasılık dağılım fonksiyonları belirlenmekte ve sonra bu dağılımlar referans alınarak her bir veri için hesap edilen olasılıklar kullanılarak standart normal dağılım yardımıyla, standartlaştırılmış kuraklık indis değerlerine geçiş

sağlanmaktadır (McKee vd., 1993; Zargar vd., 2011). SPI yöntemi kuraklık araştırmalarındaki yaygın kullanımı ve hesaplama kolaylığı nedeniyle öne çıkmaktadır (WMO, 2012; Guttman, 1999). Araştırmalarda SPI'nın hem kısa hem de uzun süreli kuraklıkları tespit etmede etkili olduğu gösterilmiştir (Vicente-Serrano vd., 2010; McKee vd., 1993).

Ancak, SPI hesaplamalarında kullanılan dağılım fonksiyonlarının doğru seçilmemesi durumunda analiz sonuçlarında hatalar ortaya çıkabilmektedir (Guttman, 1998). Gamma dağılım kabulünün yapılması ve dağılımın veriyle uyumlu olup olmadığının test edilmeden kullanılması sık rastlanan bir hatadır (Mishra & Singh, 2010; Şen & Şişman, 2024). Dağılım fonksiyonlarındaki sapmalar ve varsayımlar, elde edilen SPI değerlerinin istatistiksel anlamlılığını ve güvenirliliğini azaltmaktadır. Bu nedenle, kullanılacak olasılık dağılımının verilerle uyumluluğunun Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling veya Ki-kare gibi uygunluk testleriyle sınanması, kuraklık analizlerinin sağlıklı yürütülebilmesi açısından önemlidir (Vogel & Fennessey, 1993; Anderson & Darling, 1954; Kolmogorav, 1933; Şen & Şişman, 2024).

Kuraklık eğilim analizleri için kullanılan trend analiz yöntemleri ise iklim değişikliğinin etkilerini değerlendirmede önemli araçlardan biridir. Mann-Kendall (MK) ve Sen's Slope (SS) gibi klasik yöntemler uzun yıllardır kullanılmakta olup, istatistiksel olarak güvenilirlikleri test edilebilmektedir (Mann, 1945; Sen, 1968). Bunlarla birlikte, Şen (2012) tarafından geliştirilen Yenilikçi Trend Analizi (ITA) ve Abu Arra vd. (2025) tarafından önerilen F-ITA yaklaşımları, bütüncül olan ve olmayan eğilimlerin tanımlanması ve geometrik yorumlanabilme kabiliyetleriyle son yıllarda dikkat çekmektedir. Yapılan araştırmada, bu yeni yöntemlerin özellikle bütüncül olmayan eğilim serilerinde klasik testlere kıyasla trendleri daha hassas şekilde ortaya koydukları görülmektedir (Abu Arra vd., 2025). Ayrıca, SPI'nın SPEI gibi diğer indekslerle birlikte kullanıldığı durumlarda, indeksler arası korelasyon ve tutarlılık üzerine yoğunlaşan analizler de literatüre önemli katkı sağlamaktadır (Berhail & Katipoğlu, 2023; Nwayor & Robeson, 2024).

SPI'nın ulusal ve uluslararası uygulamalarına yönelik yapılan çalışmalarda, bu indeksin çeşitli iklim bölgelerinde ne ölçüde uyarlanabilir olduğuna dair bilgiler sunulmaktadır (Freitas vd., 2024; Alvarez vd., 2024). Özellikle küresel iklim

değişikliği senaryoları altında SPI değerlerinin gelecekte nasıl değişkenlik göstereceğine dair projeksiyon çalışmaları artarken; bu araştırmalar indeksin sadece mevcut iklim koşulları için değil, geleceğe yönelik öngörülerde de kullanıldığını göstermektedir (Peres vd., 2023).

Antalya Havzası gibi iklim değişikliğine oldukça hassas alanlarda yapılan çalışmalar, kuraklık ve trend analiz yöntemlerinin bir arada kullanılmasının, bölgesel kuraklık karakteristiklerinin belirlenmesi açısından fayda sağladığını ortaya koymaktadır (Tongal, 2019; Isinkaralar vd., 2024). Bu analizlerin tarım, su yönetimi ve çevresel planlama alanlarında karar destek sistemlerine entegre edilmesi literatürde önerilen yaklaşımlar arasındadır. (Taylan, 2024; Pulwarty & Sivakumar, 2014). Antalya Havzası'nda 3 ve 12 aylık SPI uygulamalarında kuraklık eğilimlerinin zamansal olarak farklılık gösterdiği raporlanmıştır (Assefa & Mahnamfar, 2023).

Kuraklık, yalnızca hidro-meteorolojik bir durum olmayıp aynı zamanda sosyoekonomik sistemleri de etkileyen çok boyutlu bir sorun olarak tanımlanmakta; bu yönüyle insan sağlığından ekonomik yapılara kadar geniş bir etki alanı bulunmaktadır (Serkendiz & Tatlı, 2023; Yang vd., 2023).

Sonuç olarak, kuraklık analizlerinde kullanılan yöntemlerin ve indekslerin doğru seçilmesi hem mevcut iklim koşullarını değerlendirmek hem de gelecekteki kuraklık risklerini öngörmek açısından önemlidir. Bu bağlamda SPI, RDI (Tsakiris vd., 2007), SDI (Nalbantis & Tsakiris, 2009) ve SPEI (Vicente-Serrano vd., 2010) gibi indekslerin kuraklık analizleri için kullanılması ve uygulama farklılıkların gözetilerek sınamaların çeşitlendirilmesi bilimsel literatürde açısından önemlidir. Bu tez çalışmasında Antalya Havzası'nın kuraklık değerlendirmesi ve trend analizleri, SPI'nın farklı uygulama şekilleri ile klasik ve yenilikçi eğilim metodolojileri kullanılarak, karşılaştırmalı şekilde incelenip yorumlanmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Küresel iklim değişikliğinin etkileri, özellikle yarı kurak ve kurak bölgelerde yağış rejimlerinde düzensizlikler ve sıcaklık artışları şeklinde kendini göstermektedir. Bu değişimlerin, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve tarımsal üretim

üzerindeki olası olumsuz etkileri bölgesel ölçekte detaylı analizleri gerektirir (IPCC, 2023; Vicente-Serrano vd., 2010). Türkiye'nin önemli havzalarından biri olan Antalya Havzası hem coğrafi konumu hem de iklimsel çeşitliliği nedeniyle, iklim değişikliği ve kuraklık araştırmaları için elverişli bir bölgedir.

Bu tez çalışmasının amacı, Antalya Havzası'nın uzun dönemli (1969–2022) meteorolojik veriler kullanılarak kuraklık durumunun incelenmesi, yağış ve sıcaklık verilerindeki eğilimlerin araştırılmasıdır. Bu kapsamda öncelikle, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi SPI hesapları klasik, tüm dönem veri setine tek bir dağılım fonksiyonu uygulaması ve dinamik yaklaşım, her bir ay için oluşturulan veri setlerine ayrı dağılım fonksiyonları, kullanılarak gerçekleştirilmiş olup bu iki yaklaşımdan elde edilen sonuçlar detaylı şekilde bu çalışmada karşılaştırılmıştır.

Tez çalışması kapsamında ayrıca, yağış, sıcaklık ve SPI kuraklık serileri eğilimleri Mann-Kendall (MK), Sen's Slope (SS) ve Frekans- Yenilikçi Trend Analizi (F-ITA) yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Trend analiz sonuçları için havza genelinde haritalar oluşturularak, herhangi bir bölgedeki eğilimlerin mekânsal durumu değerlendirilmiştir.

Son olarak, SPI klasik ve dinamik uygulama sonuçlarının kuraklık karakteristikleri (şiddet, süre, sıklık) üzerindeki etkileri irdelenmiş; literatürde yaygın olarak kabul gören yöntemsel varsayımların analiz sonuçları üzerindeki etkileri bilimsel açıdan tartışılmıştır.

1.3 Hipotez

Bu çalışmada, kuraklık analizinde yaygın olarak kullanılan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) yönteminin iki farklı hesaplama biçimi, ilgili istatistiksel varsayımların çıktılar üzerindeki etkileri ve iklim değişikliğinin etkisiyle Antalya Havzası'nda gözlemlenen sıcaklık, yağış ve kuraklık eğilim ve dinamikleri çok boyutlu olarak ele alınmıştır. Bu çerçevede, aşağıda yer alan hipotezler hem yöntemsel hem de uygulamalı düzeyde test edilmiştir:

1) Farklı SPI hesaplama yaklaşımları (klasik ve dinamik) sonucunda elde edilen kuraklık şiddeti, süresi ve sıklığı gibi kuraklık karakteristikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar ortaya çıkar.

   Bu hipotez, kuraklık analizi için inceleme periyodundaki tüm dönem verisine tek bir dağılım fonksiyonu uygulanarak elde edilen klasik SPI uygulama sonuçları ile her ay verisinin kendi içerisinde değerlendirildiği, ayrı dağılım fonksiyonlarının kullanılabildiği, dinamik SPI uygulama sonuçlarının karşılaştırılmasını amaçlamaktadır.

2) Antalya Havzası'nda yağış ve özellikle de sıcaklık verilerinde iklim değişikliğine işaret eden anlamlı eğilimler bulunmaktadır.

   Bu hipotez kapsamında, uzun dönemli meteorolojik gözlem serilerinde iklim değişikliğinin neden olduğu istatistiksel eğilimler; klasik Mann-Kendall (MK) ve Sen's Slope (SS) yaklaşımları ve son yıllarda sıklıkla kullanılan Yenilikçi trend analiz (ITA) ve yeni önerilen Frekans-ITA yöntemleriyle ortaya konulmuştur.

3) Meteorolojik, Hidrolojik ve kuraklık serilerindeki eğilimlerin tanımlanmasında kullanılan klasik ve yenilikçi yöntemler (MK, SS, ITA), verilerde görülen bütüncül eğilimlerin izlenmesinde zaman zaman birleşip, sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılıklara rastlanmazken, buna karşın iklim değişikliği ile ortaya çıkan parçalı eğilimler yenilikçi yöntemler ile klasik sonuçlara kıyasla ayrıntılı, istatistiksel olarak anlamlı ve belirgin farkları tanımlayabilir.

4) SPI kuraklık hesaplamalarında kullanılan olasılık dağılım fonksiyonunun veri setlerine uygun seçilememesi, doğrudan herhangi bir sınama yapmadan Gama CDF kabulünün yapılması, kuraklık değerlendirmelerinde hataları önemli ölçüde artırmaktadır.

   Bu hipotez ile farklı olasılık dağılım fonksiyonu tercihlerinin SPI değerlerinin güvenilirliği üzerindeki etkisinin nicel verilerle test edilmesi hedeflemektedir.

5) 2000 yılı sonrası dönemde Antalya Havzası'nda kuraklık olaylarının süresi ve şiddetinde anlamlı bir artış eğilimi gözlemlenmektedir.

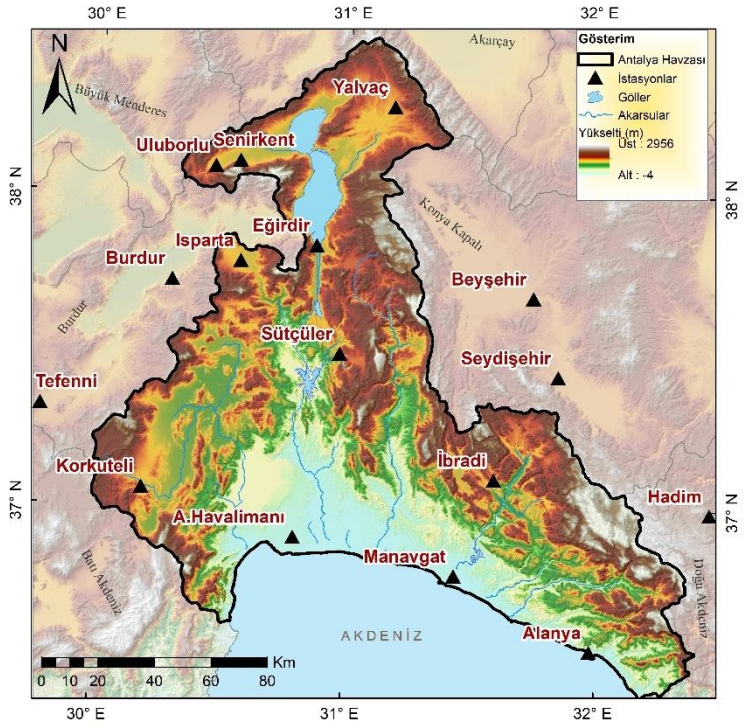
   Bu hipotez, son yıllarda kuraklık olaylarının daha uzun süreli ve yoğun hale geldiği varsayımına dayanmaktadır.

Bu hipotezlerin tez çalışması kapsamında test edilmesiyle elde edilen bulgular, özellikle kuraklık analiz yöntemlerine yönelik metodolojik bir perspektif sunmaktadır. Aynı zamanda tez kapsamında yukarıda verilen hipotezlerin sınanması Antalya Havzası gibi iklimsel açıdan hassas bölgelerde alınması gereken idari ve uyarlanabilir yönetim stratejileri için bilimsel bir temel oluştur. Özellikle iklim değişikliği nedeniyle son yıllarda artan hidrolojik belirsizlikler karşısında, hipotez sonuçlarının hem önceden tanımlı planlara dayanan yönetimsel yaklaşımlara hem de çevresel koşullara duyarlı esnek karar mekanizmalarına destek sağlaması beklenmektedir.

2
MATERYAL VE YÖNTEMLER

2.1 Çalışma Alanı

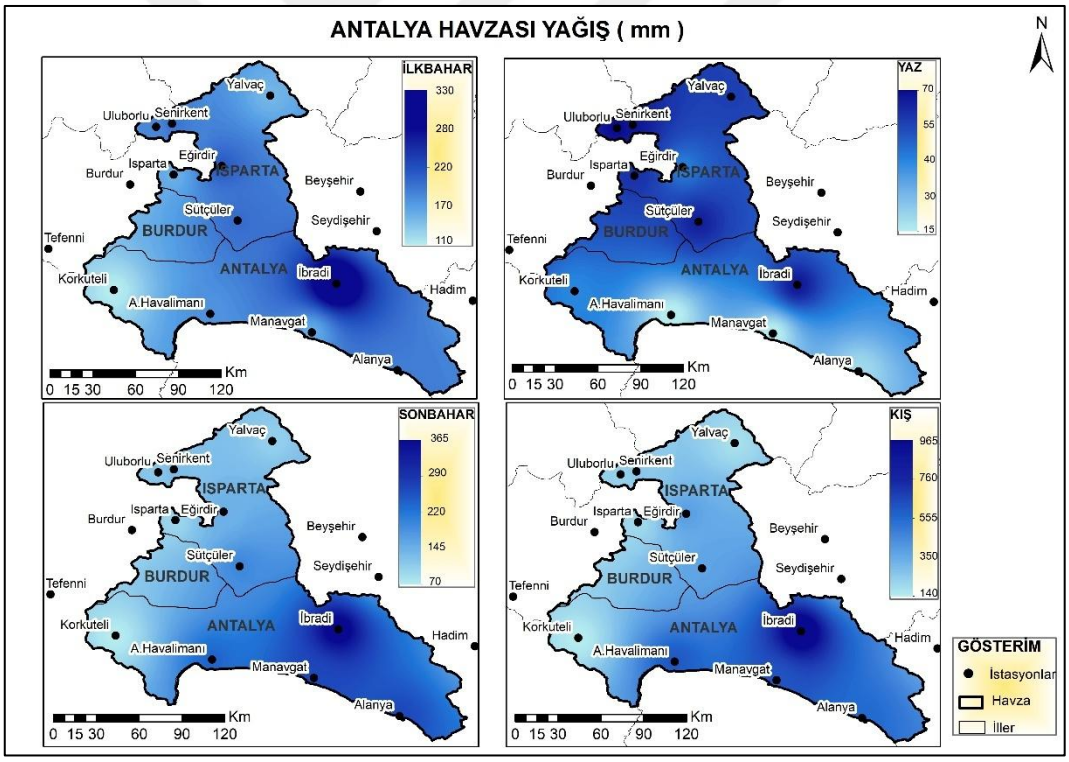
Bu tez çalışması için uygulama alanı olarak, Türkiye'nin güneyinde yer alan Antalya Havzası seçilmiştir. Havzanın büyük bir bölümü 36°–39° kuzey enlemleri ile 30°–32° doğu boylamları arasında yer almakta olup; batısında Batı Akdeniz Havzası, kuzeybatısında Burdur Kapalı Havzası, kuzeyinde Akarçay Havzası, kuzeydoğusunda Konya Kapalı Havzası ve doğusunda ise Doğu Akdeniz Havzası bulunur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Antalya Havza haritası

Şekil 2.1'den görüldüğü üzere havza güneyde deniz seviyesinden başlayarak kuzeydoğuda yaklaşık 3000 metre yüksekliğe ulaşır. Bu topografik durum, bölgenin mikroklima çeşitliliğini ve hidrolojik özelliklerini etkilemektedir. Antalya Havzası, ormanlık alanlar, göller, akarsular ve tarım alanları gibi çeşitli ekosistemleri barındırmakta ve havzanın bazı bölümlerinde uluslararası öneme sahip koruma alanları bulunmaktadır.

Havza sınırları içerisinde Antalya, Isparta ve Burdur illeri yer almakta olup, kıyı kesimlerinde Akdeniz iklimi, iç kesimlerde ise karasal iklim özellikleri etkisini göstermektedir. Bu iklimsel farklılık, kıyı ve iç kesimler arasında sıcaklık ve yağış desenlerinde belirgin değişimlere neden olmaktadır. Aşağıda Şekil 2.2'de görüldüğü üzere yağışlar kıyı bölgelerde genellikle sonbahar ve özellikle kış aylarında yoğunlaşırken, iç kesimlerde ilkbahar ve özellikle yaz aylarında daha fazladır.



Şekil 2.2 Antalya Havzasında 1969-2022 yılları arası görülen toplam yağışların mevsimlere göre dağılımı

Kuraklık analizleri kapsamında, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) havza içerisinde (11 ad.) ve komşu havzalardan (5 ad.), toplam 16 adet gözlem istasyonundan temin edilen 1969–2022 yıllarını kapsayan uzun dönemli aylık yağış

verileri kullanılmıştır. Sütçüler ve İbradi istasyonları veri aralığı 2005-2022'dir. Araştırma kapsamında kullanılan ilgili istasyonların konum bilgileri, yıllık toplam yağış miktarları ve standart sapmaları aşağıda Tablo 2.1'de sunulmaktadır.

Tablo 2.1 Meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem (N)	Boylam (E)	Ortalama Yağış (P) - mm	Standart Sapma (mm)
17240	Isparta	37.7848	30.568	513.8	38.8
17954	Manavgat	36.7895	31.441	1061.1	114.0
17882	Eğirdir	37.8377	30.872	791.2	69.7
17826	Senirkent	38.1047	30.5577	657.8	48.2
17300	A. Havalimanı	36.9063	30.799	1037.5	124.7
17926	Korkuteli	37.0565	30.191	369.6	31.4
17828	Yalvaç	38.283	31.1778	495.0	34.4
17864	Uluborlu	38.086	30.4582	586.8	41.0
17242	Beyşehir	37.6777	31.7463	484.7	36.7
17898	Seydişehir	37.4267	31.849	749.8	63.6
17928	Hadim	36.9893	32.4557	627.1	51.4
17892	Tefenni	37.3161	29.779223	457.9	33.7

Tablo 2.1 Meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler (devamı)

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem (N)	Boylam (E)	Ortalama Yağış (P) - mm	Standart Sapma (mm)
17310	Alanya	36.5507	31.9803	1037.3	105.3
17238	Burdur	37.721988	30.294	411.8	29.9
17927	İbradi	37.0968	31.5952	1730.8	164.0
17893	Sütçüler	37.4939	30.9721	830.1	64.9

2.2 Kullanılan Veriler

Bu çalışma kapsamında, Antalya Havzası'nda kuraklık analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla toplam 73 adet Meteoroloji Gözlem İstasyonu'na (MGİ) ait uzun dönemli yağış ve sıcaklık verileri incelenmiştir. Ancak bu istasyonlardan bazılarının belirli dönem işletildikten sonra kapatıldıkları, bazılarının ise yeni açılmış ve kısa süreli kayıtlara sahip oldukları görülmüştür. Bu, havza genelinde yüksek uzamsal çözünürlükte özellikle de uzun süreli ve sürekli veri setlerinin temin edilmesini zorlaştırarak, istasyonların çok büyük bir kısmında eksik ya da kısa süreli veri serilerini işaret eder.

Kuraklık analizlerinin sağlıklı biçimde yürütülebilmesi adına, veri uzunlukları ve bütünlüğü (süreklilikleri) de göz önünde bulundurularak iki farklı analiz dönemi belirlenmiştir: bu dönemler 1969–2022 ve 2005–2022'dir. Bu kapsamda, havza sınırları içinde yer alan ve belirlenen dönemler için yeterli ve güvenilir veri uzunluğuna sahip olan toplam 11 adet MGİ araştırma için seçilmiştir. Mekânsal temsiliyeti artırmak ve tüm havzayı en iyi şekilde temsil edecek bir model ortaya konulması amacıyla, havza sınırları dışında yer alan 5 adet MGİ de çalışmaya eklenmiştir. Böylelikle tez çalışmasında toplamda 16 istasyon kullanılarak,

havzanın mekânsal yapısını da dahi iyi temsil edecek şekilde, dengeli bir istasyon dağılımı oluşturulmuştur.

Seçilen bu 16 MGİ'ye ait yağış ve sıcaklık verileri düzenlenmiş, veri sürekliliği sağlamak amacıyla eksik veriler Climatol paketi yardımıyla tamamlanmıştır. Bu işlemler sonucunda, analizlerde kullanılmak üzere eksiksiz ve sürekliliği sağlanmış veri setleri elde edilmiştir. Veri tamamlama işleminin ardından, oluşturulan veri setlerine homojenlik testleri uygulanıp, zaman serilerinin kalite kontrolleri sınanarak istatistiksel tutarlılıkları değerlendirilmiştir. Homojenlik testlerinden sonra kuraklık veri setlerinin olasılık dağılımlarının belirlenmesi için uygunluk analizleri gerçekleştirilmiş, her bir istasyon ve her bir zaman ölçeği için kuraklık yağış veri setlerine en uygun olasılık dağılım fonksiyonları belirlenmiştir. Bu doğrultuda yapılan analizler ve elde edilen olasılık fonksiyonları, sonraki aşamalarda gerçekleştirilecek olan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) hesaplamaları için temel teşkil etmektedir.

2.2.1 Eksik Verilerin tamamlanması

Bu tez çalışmasında kuraklık analizleri için yağış zaman serilerindeki eksiklerin tamamlanmasında Climatol R paketi kullanılmıştır. Climatol, eksik verilerin tamamlanmasında, istasyonlar arasındaki zamansal ve uzamsal ilişkileri birlikte dikkate alan çözüme yönelik etkili bir yazılım aracıdır (Guijarro, 2018). Bu yazılım aracılığıyla, her istasyonun ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanarak zaman serileri normalize edilir. Böylelikle, eksik verilerin tahmin edilmesi için istasyonlar arasındaki karşılaştırmalar daha sağlıklı bir temelde teşkil edilebilir.

Eksik veriler, Climatol programının iteratif çoklu regresyon yöntemi kullanılarak tamamlanmıştır (Guijarro, 2023). Bu yöntemde, eksik gözlemlerin bulunduğu istasyonlar için yüksek korelasyona sahip en yakın referans istasyonlar belirlenmekte; başlangıç tahminleri yapılırken mevsimsel desenler ve uzun dönemli trendler dikkate alınmaktadır. Mevsimsel desen, meteorolojik zaman serilerinde yılın belirli dönemlerinde düzenli olarak tekrar eden artış veya azalışları ifade etmektedir. Örneğin, kış aylarında artan ve yaz aylarında azalan yağış değerleri, tipik bir mevsimsel desen örneğidir. İlk aşamada elde edilen tahmini değerler veri setine yeniden dâhil edilmekte; model her iterasyonda güncellenerek eksik veriler,

hata payı minimize edilene kadar yeniden hesaplanmaktadır. Böylece veri setinin istatistiksel bütünlüğü korunarak eksik gözlemler güvenilir biçimde giderilmektedir. Climatol programı, yalnızca eksik veri tamamlamakla kalmayıp, aynı zamanda zaman serilerinin homojenlik analizlerini gerçekleştirme kapasitesine de sahiptir (Venema vd., 2012).

2.2.2 Homojenlik Testleri

Bu tez çalışmasında kullanılan verilerin kalite kontrol sürecinde homojenlik testlerinden yararlanılmıştır. Verilerin yüksek kalitede olması, iklim değişikliği, kuraklık ve hidrolojik çalışmalarda güvenilir sonuçlar elde edilmesi açısından kritik öneme sahiptir (Katipoğlu & Reşat, 2020; Keskin vd., 2023). İklim, meteoroloji ve hidroloji alanlarında homojen olmayan verilerin kullanılması, analizlerde taraflı ve yanıltıcı sonuçların ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Bu nedenle, bu çalışmanın ilk adımında verilerin homojenliği değerlendirilmiştir. Değerlendirme için Standart Normal Homojenlik Testi (SNHT) (Alexandersson, 1986), Buishand (1982) ve Pettitt (1979) testleri kullanılmıştır. Kullanılan verilerde homojenlik, sıfır hipotezine (H_0) bağlı olarak hesaplanıp değerlendirilmektedir.

1. Pettitt testi

Verilerin dağılımından bağımsız olan ve seri içindeki sıralamalarla ilgilenen bir testtir. Bu testte, sıfır hipotezi zaman serisinin homojen olduğunu kabul ederken, karşıt hipotez ortalamaya göre bir süreksizlik olduğunu öne sürerek, verinin homojen olmadığını ifade eder. Pettitt Testi ile süreksizliğin olduğu zaman belirlenebilir. Pettitt Testi istatistiği, X_k, Y_i serisinin r_i sıralamaları kullanılarak 2.1 eşitliğiyle hesaplanmaktadır (Pettitt, 1979).

$$X_k = 2\sum_{i=1}^{k} r_i - k(n+1) \;\; k = 1, 2, \dots\dots, n. \tag{2.1}$$

Eğer E yılında bir süreksizlik var ise istatistik k=E yılında maksimum mutlak değere ulaşır.

$$X_E = max\,|X_k| \qquad 1 \le k \le n \tag{2.2}$$

X_E değerlerine literatürdeki ilgili tablolardan erişilebilir (Pettitt, 1979).

2. Buishand testi

Varsayım olarak, verilerin normal bir dağılım gösterdiği kabul edilir. Bu testte sıfır hipotezi, zaman serisinin homojen olduğunu varsayarken, karşıt hipotez ise ortalamada bir süreksizlik olduğunu ve verinin homojen olmadığını gösterir. Bu test, süreksizliğin gerçekleştiği zamana dair bilgi sağlayabilir. Testte düzeltilmiş kısmi toplamlar 2.3 eşitliği kullanılarak şu şekilde tanımlanmaktadır (Buishand, 1972).

$$s^* = 0 \; ve \; s_k^* = \sum_{i=1}^{k} (Y_i - \bar{Y}) \quad k = 1, 2, \dots\dots\dots, n. \tag{2.3}$$

Eğer seri homojen ise sistematik olarak ortalamadan sapmalar olmayacağından S_{k^*} değerleri sıfır etrafında salınım gösterir. Eğer K yılında bir süreksizlik var ise S_{k^*} değeri, k = K yılı yakınlarında minimum ya da maksimum değer alır. Süreksizliğin anlamlılık seviyesini test edebilmek için R istatistiği:

$$R = \frac{mak\; s_k^* - mins_k^*}{s} \quad 0 \le k \le n\; S \tag{2.4}$$

eşitliği ile bulunur.

Y_i: test edilen seriyi, i ise 1'den n'ye kadar ilgili yılları

$\bar{Y}$: serinin ortalamasını,

S: serinin standart sapmasını göstermektedir.

$R/\sqrt{n}$ değeri tablodan okunacak kritik değerden küçük ise serinin homojen olduğu kabul edilir.

3. Standart Normal Homojenlik Testi (SNHT)

Alexandersson (1986) tarafından geliştirilen Standart Normal Homojenlik Testi (SNHT), yağış serilerindeki süreksizlikleri tespit etmek için tasarlanmıştır. Süreksizlikler, bir zaman serisinin ortalamasında ani değişimleri ifade eder. Bu testte, sıfır hipotezi zaman serisinin homojen olduğunu varsayarken, karşıt hipotez bir süreksizlik olduğu anlamını taşır ve verinin homojen olmadığı kabul edilir.

SNHT, aynı zamanda süreksizliğin olduğu zamanı belirlemek için de kullanılır. Alexandersson, gözlem verilerinin ilk k yılının ortalaması ile son n-k yıllarının ortalamasını karşılaştırmak için bir T(k) serisi tanımlamış ve hesaplamalar için aşağıdaki denklemleri önermiştir.

$$T\,(k) = k\bar{z}_1^2 + (n-k)\bar{z}_2^2 \qquad k = 1, 2, \ldots\ldots, n. \tag{2.5}$$

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\frac{Y_i - \bar{Y}}{S} \quad ve\ \bar{z}_2 = \frac{1}{n-k}\sum_{i=k+1}^{n}\frac{Y_i - \bar{Y}}{S} \tag{2.6}$$

Y_i: test edilen seriyi, i ise 1'den n'ye kadar ilgili yılı ifade etmektedir.

$\bar{Y}$: serinin ortalamasını,

S ise serinin standart sapmasını gösterir.

Eğer k. yılda bir süreksizlik var ise, T(k) istatistiği k yılında maksimum değerini alır. Süreksizliğin istatistiksel anlamlılık testi için T_0 test istatistiği aşağıda 2.7 eşitliği ile tanımlanmıştır.

$$T_0 = \max T(k)\ 1 \leq k < n\ S \tag{2.7}$$

T_0 değerleri ilgili tablodan alınır.

Yukarıda verilen testlerden elde edilen sonuçlara göre, verilerin homojenliği aşağıda üç madde halinde belirtilen kriterler ölçüsünde şu şekilde sınıflandırılmıştır:

- Söz konusu üç testten en az ikisi H_0 hipotezini kabul ederse, veri kümesi "Homojen" olarak değerlendirilmiştir.
- Sadece bir test H_0'ı kabul ederse, veri kümesi "Şüpheli" olarak değerlendirilmiştir.
- Hiçbir test H_0'ı kabul etmezse, veri kümesi "Homojen değil" olarak değerlendirilmiştir.

2.2.3 Kuraklık Veri Setlerinin Teşkili ve Uygun Olasılık Dağılım Fonksiyonlarının Belirlenmesi

Bu çalışmada, Antalya ve komşu havzalarda bulunan toplam 16 meteoroloji gözlem istasyonuna ait 1969–2022 ve 2005-2022 yıllarına ilişkin yağış verileri kullanılarak kuraklık analizleri gerçekleştirilmiş ve olasılık dağılım fonksiyonu seçiminin Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Bu amaca yönelik hesapların yapılmasında ve veri setlerinin oluşturulmasında iki farklı yaklaşım dikkate alınmaktadır. İlk uygulamada veri setlerinin hazırlanması ve hesaplamalarda, her istasyon için, zaman serisi kesintisiz şekilde düşünülüp, ilgili kuraklık zaman ölçekleri referansında tek bir veri seti oluşturulmakta ve buna uygun bir olasılık dağılımı modeli seçilmektedir. İkinci uygulamada ise her bir ayın verileri kendi içerisinde gruplandırılmış, belirlenen n adet zaman ölçeği (örn: 1, 3, 6, 12,… vb.) dikkate alınarak her bir ay için ayrı ayrı kuraklık analiz veri setleri oluşturulmuş ve bu veri setlerine uygun toplamda n x 12 adet bağımsız olasılık dağılım modeli geliştirilmiştir. Böylelikle alternatif modellerin SPI değerleri üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir (McKee vd., 1993; Şen & Şişman, 2024).

SPI hesapları öncesindeki veri setlerine uygun olasılık dağılım fonksiyonlarının belirlenmesi, sonrasında ise kuraklık özelliklerine ilişkin doğru bilgilerin elde edilmesi yapılan araştırmanın en kritik adımlarını oluşturur. Kuraklık özellikleri, hesaplanan SPI değerlerine bağlı olarak belirlendiğinden ilk adımdaki çıktıların da uygun testler ile değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu konular arasında literatürde yeterince ele alınmamış önemli bir belirsizlik söz konusu olup, bu belirsizlik, SPI hesaplamalarında, seçilecek olasılık dağılım fonksiyonunun tüm zaman periyodu için oluşturulan veri setleri için mi, yoksa her ay için ayrı ayrı oluşturulan veri setleri için mi tanımlanacağıdır. Tüm zaman periyodu referans alındığında her bir zaman ölçeği için ilgili veri setlerine uygun tek bir olasılık dağılım fonksiyonu seçilerek kuraklık modelleri oluşturulurken, her bir ayın kendi içerisinde değerlendirilmesi durumunda birbirinden farklı her bir zaman ölçeği için 12 farklı olasılık dağılım fonksiyonu ve kuraklık modeli dikkate alınmaktadır. SPI hesaplamaları öncesi ilk adımda, her bir istasyonda gözlenen yağış verilerine ve her

bir zaman ölçeği için oluşturulan veri setlerine uygun olasılık dağılım fonksiyonlarının belirlenmesi gerekmektedir. Veri setleri ile olasılık dağılım fonksiyonları uyumunu değerlendirmek amacıyla Tablo 2.2'de verilen Kolmogorov–Smirnov (Kolmogorov, 1933; Massey , 1951), Anderson–Darling (Anderson & Darling, 1954) ve Ki-kare (Pearson, 1900) uygunluk testleri kullanılmıştır. Bu parametrik olmayan uygunluk testleri, gözlenen verilerin belirli teorik dağılımlara ne ölçüde uyum sağladığını istatistiksel olarak test etmek amacıyla geliştirilmiş ve kuraklık analiz uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Tablo 2.2 Uygunluk testleri

Uygunluk Testi	Test İstatistiği	Açıklama
Kolmogorov Smirnov	$D_n = \sup_x \lvert F_n(x) - F_0(x) \rvert$	$D_n > D_{n,1-\alpha}$ ise H_0 hipotezi reddedilir.
Anderson Darling	$A_n = n \int_{-\infty}^{\infty} \frac{[F_n(x) - F_0(x)]^2}{F_0(x)(1 - F_0(x))} dF_0(x)$	A_n değeri, kritik değerden büyükse $H_0: F(x) = F_0(x)$ hipotezi reddedilir.
Ki-Kare	$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$	$\chi_h^2 > \chi_{k-1,a}^2$ ise H_0 hipotezi reddedilir.

$F_n(x)$: $ampirik\ CDF, F_0(x)$: $teorik\ CDF,\ D_n$: $Kolmogorov–Smirnov\ istatistiği,$

A_n: $Anderson–Darling\ istatistiği.$

O_i: $gözlenen\ frekans, E_i$: $beklenen\ frekans, k$: $sınıf\ sayısı,$

$\chi_{k-1,a}^2$: $kritik\ kikare\ değeri, \alpha$: $anlamlılık\ düzeyi$

Olasılık dağılım fonksiyonları seçilirken, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) hesaplamaları için literatürde sıklıkla kullanılan, Gamma dağılımı öncelikli olarak değerlendirilmiştir. Gamma dağılımının uygun olmadığı istasyonlar ve zaman ölçekleri için bu araştırmada literatürde de sıklıkla tercih edilen, Generalized

Extreme Value (GEV) ve Weibull dağılımlarından uygun bulunanların kullanılmasına karar verilmiştir (Guttman, 1999; Stagge vd., 2015; Mishra & Singh, 2010).

Tablo 2.3 Kullanılan olasılık dağılım fonksiyonları

Olasılık Dağılımı Fonksiyonu	Denklem	Tanım Aralığı
Gamma	$f(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}T(\alpha)}x^{\alpha-1}e^{\frac{-x}{\beta}}$	$x \geq 0;\ \alpha, \beta\ > 0$
GEV	$f(x) = \frac{1}{\sigma}\left[1+\xi\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^{-\frac{1}{\xi}-1} e^{-\left[1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]^{-1/\xi}}$	$x:\ 1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) > 0$
Weibull	$f(x) = \frac{\gamma}{\alpha}\left(\frac{x\ -\ \mu}{\alpha}\right)^{\gamma-1} \exp\left(-\left(\frac{x\ -\ \mu}{\alpha}\right)^{\gamma}\right)$	$x \geq \mu;\ \alpha, \gamma\ > 0$

α: *Şekil Parametresi,* β: *Ölçek Parametresi,* $T(\alpha)$: *Gamma Fonsiyonu (Gamma)*

μ: *konum parametresi,* σ: *ölçek parametresi,* ξ: *şekil parametresi (GEV)*

μ: *konum parametresi,* α: *ölçek parametresi,* γ: *şekil parametresi (Weibull)*

2.3 İhtimali Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) ve Kuraklık Sınıfları

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI), kuraklık analizlerinde en çok kullanılan yöntemlerden birisidir. Hesaplarda sıklıkla aylık yağış verileri kullanılır. Bu çalışmada, kuraklık hesaplarında McKee vd. (1993) tarafından ortaya konulan tanım ve aşağıda verilen eşitlik referans alınmıştır. Yöntem kuraklık indeks değeri eksi bir değerinin (-1) altına düşünce kuraklığın başladığını ve tekrardan pozitif bir değere ulaşılmasıyla da kuraklığın sona erdiğini varsaymaktadır. Meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık analizleri için sırasıyla 3 aylık, 6 aylık ve 12 aylık zaman ölçekleri dikkate alınır. Aşağıda Tablo 2.4'te kuraklık sınıflar ve ilgili SPI değerleri verilmiştir. SPI hesapları konusunda literatürde olasılıksal standartlaştırma yerine hatalı olarak istatistiksel standartlaştırmanın yapıldığı çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Yöntemin doğru şekilde kullanımı Şen ve Şişman (2024) tarafından yapılan çalışmada ayrıntılı şekilde sunulmuştur.

Bu çalışmada, her bir istasyon ve zaman ölçeği için aylık toplam yağış verilerine uygulanan uygunluk testleri sonucunda, Gamma, Weibull ve GEV dağılımlarından veri karakteristiklerine en uygun olanlar belirlenmiş ve SPI hesaplamalarında bu dağılımlar esas alınmıştır. Olasılık dağılım fonksiyonlarının tanım aralıkları ve parametrik fonksiyonları Tablo 2.4'te verilmektedir. Uygun olasılık dağılım fonksiyonu belirlendikten sonra, gözlenen her bir yağış değeri için dağılım fonksiyonundan, kümülatif olasılığı P = f (x) hesaplanır. Elde edilen bu olasılık değerleri, standart normal dağılımın ters kümülatif fonksiyonu (ϕ^{-1}) aracılığıyla SPI değerine dönüştürülmüştür:

$$SPI = \phi^{-1}(P) \tag{2.8}$$

Bu işlemler sonucunda, seçilen dağılım fonksiyonuna göre elde edilen olasılık değerleri, standart normal dağılım değerine dönüştürülerek, yorumlanabilir, karşılaştırılabilir ve sınıflandırılabilir SPI değerlerine ulaşılır.

Tablo 2.4 SPI indeks değerlerine göre kuraklık sınıfları ve normal dağılım olasılıkları (McKee vd., 1993)

SPI değerleri	Kuraklık/Nemlilik sınıfları	Olasılık (%)	Kısaltma
2.00 ≤ SPI	Aşırı (çok şiddetli) nemli (yağışlı)	2.3 %	EW
1.50 ≤ SPI <2.00	Şiddetli nemli (yağışlı)	4.4 %	SW
1.00 ≤ SPI <1.50	Orta şiddetli nemli(yağışlı)	9.2 %	MW
-1.00 ≤ SPI <1.00	Normal ve Normale yakın yağışlı veya kurak	68.2 %	N

Tablo 2.4 SPI indeks değerlerine göre kuraklık sınıfları ve normal dağılım olasılıkları (McKee vd., 1993) (devamı)

SPI değerleri	Kuraklık/Nemlilik sınıfları	Olasılık (%)	Kısaltma
-1.50 ≤ SPI <-1.00	Orta şiddetli kurak	9.2 %	MD
-2.00 ≤ SPI < -1.50	Şiddetli kurak	4.4 %	SD
SPI<-2	Aşırı (çok şiddetli) kurak	2.3 %	ED

2.3.1 Klasik Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (K-SPI)

SPI'nin özgün çalışmasında (McKee vd., 1993) belirtildiği üzere, değerlendirilmek istenen zaman ölçeğine ve orijinal verilere en uygun olasılık dağılım fonksiyonu (PDF) belirlendikten sonra, bu dağılım modeli referans alınarak orijinal veri setlerinden standart normal dağılıma sahip SPI değerlerine geçiş, olasılıksal standartlaştırma süreci aracılığıyla sağlanmaktadır. Klasik SPI yaklaşımında, PDF'nin elde edilmesinde tüm aylar için tek bir model kullanılmaktadır. Örneğin, 1969-2022 dönemine ait verilerde hem uygun dağılım fonksiyonunun seçiminde hem de standart normal dağılıma dönüşüm işleminde ilgili hesap yapılan zaman ölçeği için tüm dönem boyunca tek bir dağılım fonksiyonu referans olarak alınmıştır. Elde edilecek SPI değerleri ve karşılık gelen kuraklık sınıflamaları Tablo 2.4'te sunulmaktadır. Literatürde, doğru yöntem olan olasılıksal standartlaştırma yerine, yanlış değerlendirmelere neden olan istatistiksel standartlaştırma yönteminin kullanıldığı pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu bağlamda, Şen ve Şişman (2024) tarafından yayımlanan yöntemsel açıklamalar ve uygulama örnekleri, konuyla ilgili literatürdeki kavramsal karışıklığın giderilmesi açısından önemli bir referans niteliği taşımaktadır.

2.3.2 Dinamik Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (D-SPI)

Dinamik SPI uygulaması, klasik SPI uygulamasından farklı olarak, aylık veya mevsimsel bazda yağışları kendi içerisinde değerlendirerek, bir model uygulaması yapılmasını önermektedir. Bu uygulamada her bir ayın veya mevsimin SPI hesabı, yalnızca ilgili aya veya mevsime ait yağış verileri kullanılarak belirlenmekte olup farklı ayların veya mevsim verileri ilgili ay veya mevsim hesaplarında dikkate alınmamaktadır. Bu doğrultuda, ocak ayından başlayarak aralık ayına kadar, her biri bağımsız olarak değerlendirilen, 12 veya 4 farklı model oluşturulmaktadır. Dinamik SPI hesaplama sürecinde, klasik SPI yöntemine ait adımlar korunmuş, ancak her ayın veya mevsimin ayrı bir model çerçevesinde analiz edildiği bir yaklaşım benimsenmiştir.

2.4 Kuraklık Tanımları ve Özellikleri

Kuraklık, yalnızca yağış eksikliğiyle sınırlı olmayan; aynı zamanda hidrolojik döngü, tarımsal üretim süreçleri ve sosyoekonomik sistemler üzerinde çok yönlü etkileri olan karmaşık bir doğa olayıdır. Bu çok boyutlu yapısı nedeniyle, farklı disiplinlerde farklı şekillerde tanımlanmakta ve sınıflandırılmaktadır (Wilhite & Glantz, 1985; Mishra & Singh, 2010).

Literatürde yaygın biçimde kabul gören dört temel kuraklık türü aşağıda kısaca özetlenmiştir:

Meteorolojik Kuraklık: Belirli bir bölgedeki kısa vadeli yağış miktarının, uzun dönem ortalamalarına kıyasla anlamlı şekilde azalmasıyla tanımlanır. Genellikle birkaç haftadan birkaç aya kadar sürebilir ve diğer kuraklık türlerinin ilk aşamasını oluşturur (Wilhite & Glantz, 1985).

Tarımsal Kuraklık: Toprak neminin, bitkisel büyüme ve gelişme için gerekli düzeyin altına düşmesiyle ortaya çıkar. Bu tür kuraklık, yalnızca yağış miktarına değil, aynı zamanda buharlaşma, toprak özellikleri ve bitki türlerine de bağlıdır (FAO, 2019).

Hidrolojik Kuraklık: Akarsular, barajlar, göller ve yeraltı su seviyelerinde meydana gelen azalmaları kapsar. Genellikle meteorolojik kuraklıktan sonra ortaya çıkar ve daha uzun sürelidir (Tallaksen & Van Lanen, 2004).

Sosyoekonomik Kuraklık: Su arzındaki yetersizliğin ekonomik üretim ve toplumsal yaşam üzerindeki olumsuz etkileriyle tanımlanır. Bu tür, diğer kuraklık türlerinin sonuçlarını yansıtan nihai aşama olarak kabul edilir (Mishra & Singh, 2010).

Kuraklık olaylarının sadece varlığını belirlemek yeterli değildir; bu olayların süresi, şiddeti ve etki alanı gibi karakteristiklerinin de nicel olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında kuraklık özelliklerinin hesaplanmasında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) yöntemi temel alınmıştır. SPI, McKee vd. (1993) tarafından geliştirilmiş olup, kuraklık olayını SPI $\leq$ -1 koşulunun ortaya çıktığı zamanda başlatmakta ve SPI değeri yeniden pozitif olunca, 0'ın üzerine çıktığında, sonlandırmaktadır.

Kuraklık değerlendirmelerinde kullanılan temel kuraklık özellikleri şu şekilde tanımlanmıştır:

Kuraklık Süresi (D): Bir kuraklık olayının başlangıcından bitişine kadar geçen zaman dilimidir. Bu çalışmada, SPI'nın -1 değerinin altına düştüğü ay başlangıç, 0 veya üzeri değere çıktığı ay ise bitiş olarak kabul edilmiştir (McKee vd., 1993).

Kuraklık Genliği (M): Kurak süre boyunca elde edilen negatif SPI değerlerinin toplamıdır (Sırdaş & Şen, 2010). Bu değerler, her bir kuraklık olayındaki su açığının büyüklüğü ile doğrudan ilişkilidir (Mishra & Singh, 2010).

Kuraklık Şiddeti (I): Kuraklık genliği ile kuraklık süresinin oranıdır. Kuraklık olayı etkisinin zaman içindeki yoğunluğunu gösterir ve bölgesel karşılaştırmalarda sıkça kullanılır (Keyantash & Dracup, 2002).

Tüm bu karakteristikler, araştırma kapsamındaki her bir meteoroloji istasyonu için ayrı ayrı hesaplanmış; ardından ortalamaları alınarak havza genelinde karşılaştırmalı mekânsal analizler gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım, yalnızca bireysel kuraklık olaylarının değil, aynı zamanda bölgesel kuraklık eğilimlerinin değerlendirilmesine de olanak sağlamaktadır (Yevjevich, 1967; Zargar vd., 2011).

2.5 İstatistiksel Metrikler

Bu araştırmadaki, klasik ve dinamik SPI hesap uygulama sonuçlarının her bir zaman ölçeğinde karşılaştırılabilmesi amacıyla çeşitli istatistiksel metriklerden yararlanılmıştır. Her biri belli bir anlam taşıyan ve hesaplama şekline sahip olan bu metrikler şunlardır: Belirleme Katsayısı (R^2), Pearson Korelasyon Katsayısı (CC), Ortalama Kare Hata (MSE), Kök Ortalama Kare Hata (RMSE), Hanna-Heinold (HH) katsayısı, Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve Ortalama Sapma Hatası (MBE).

Pearson Korelasyon Katsayısı (CC), klasik K-SPI ile dinamik D-SPI değerleri arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve gücünü ortaya koyar. Katsayı -1 ile 1 arasında değer alır; ±1'e yakın değerler güçlü bir ilişkiyi, 0'a yakın değerler ise zayıf veya ilişkisiz bir durumu ifade eder. RMSE, hesaplanan hata değerlerinin karelerinin ortalamasının karekökü alınarak elde edilir ve özellikle büyük hatalara daha fazla ağırlık verdiği için model doğruluğunun ölçümünde hassas bir göstergedir. HH katsayısı da benzer şekilde model uyumunu değerlendirmede sıkça kullanılmaktadır. Ortalama Sapma Hatası (MBE), Klasik ve Dinamik SPI serileri arasındaki sistematik farkı belirtir. Pozitif MBE, klasik SPI'nın dinamik SPI'ya göre daha yüksek değerler üretme eğiliminde olduğunu; negatif MBE ise tam tersini ifade eder. Ortalama Mutlak Hata (MAE) ise hata büyüklüklerini mutlak değerler üzerinden ele alarak ortalama bir sapma düzeyi sunar. RMSE ile kıyaslandığında büyük hatalara karşı daha az duyarlıdır ve modelin genel hata düzeyini yön bağımsız biçimde değerlendirir.

Söz konusu istatistiksel metrikler (göstergeler) aracılığıyla, klasik ve dinamik SPI uygulamalarının farklı zaman ölçeklerindeki hesaplama sonuçları arasındaki benzerlikler ve farklılıklar analiz edilmiştir. Bu ölçütler model uygulamaları arasındaki tutarlılığı değerlendirmek açısından önemli bulgular sağlamaktadır. Aşağıda Tablo 2.5'te söz konusu istatistiksel metriklerin denklemleri ve değer aralıkları verilmektedir.

Tablo 2.5 İstatistiksel metrikler

İstatistiksel Metrikler	Denklemler	Değer Aralıkları	İdeal Değer
Korelasyon Katsayısı (CC)	$CC = \frac{\sum_{i=1}^{n}(K_i - \bar{K})(D_i - \bar{D})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(K_i - \bar{K})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(D_i - \bar{D})^2}}$	(-1) – (1)	1
Belirleme Katsayısı (R2)	$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(K_i - K)(D_i - \bar{D})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(K_i - \bar{K})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(D_i - \bar{D})^2}}\right]^2$	(0) – (1)	1
Ort. Kare Hata (MSE)	$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(D_i - K_i)^2$	(0) – (∞)	0
Kök Ort. Kare Hata (RMSE)	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(D_i - K_i)^2}$	(0) – (∞)	0
Hanna ve Heinold İstatistiği(HH)	$HH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(D_i - K_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} D_i.K_i}}$	(0) – (∞)	0
Ort. Mutlak Hata (MAE)	$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\lvert D_i - K_i\rvert$	(0) – (∞)	0
Ort. Sapma Hatası (MBE)	$MBE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(D_i - K_i)$	(-∞) – (∞)	0

K= Klasik SPI, D= Dinamik SPI, n= Ay/Sayı örneklem büyüklüğü, $\bar{K}$= Klasik SPI ortalama değeri , $\bar{D}$= Dinamik SPI ortalama değeri.

2.6 Yenilikçi Kuraklık Sınıflandırma Matrisi (IDCM)

Bu araştırmada, klasik ve dinamik SPI uygulama sonuçlarının karşılaştırılıp değerlendirilmesinde kullanılmak üzere istatistiksel metriklerin yanında Yenilikçi Kuraklık Sınıflandırma Matrisi (IDCM) de tercih edilmiştir. Söz konusu matris,

kuraklık analizlerinde benzer veya farklı indekslerin, uzamsal ve zamansal karşılaştırılmasını, belli varsayımlara ve istatistiksel metrikler ile sunulan tek bir değere bağlı kalmadan, belirlenen eş kuraklık sınıf aralıklarında sistematik bir yapı içerisinde inceleyip değerlendirmek amacıyla Abu Arra ve Şişman (2024) tarafından önerilmiştir.

IDCM yapısında, matrisin dikey ekseninde klasik SPI'ya dayalı kuraklık sınıflamaları, yatay ekseninde ise dinamik SPI'ya karşılık gelen sınıflar yer alır. Bu yapı, her iki uygulama şekline göre belirlenen kuraklık olaylarının eş zamanlı incelenip değerlendirilmesini ve uyum düzeylerinin sayısal olarak analizini mümkün kılmaktadır.

Yöntemin uygulama detayları ve hesaplama mantığına ilişkin kapsamlı açıklamalara ilgili özgün yayında ayrıntılı şekilde yer verilmiştir. Şekil 2.3'te, IDCM yaklaşımının genel işleyişini ve karşılaştırma yapısını özetleyen bir şema sunulmaktadır.

SPI	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW								
	SW								
	MW								
	N								
	MD								
	SD								
	ED								
	Toplam								

Şekil 2.3 Yenilikçi kuraklık sınıflandırma matrisi (IDCM) (Abu Arra ve Şişman, 2024)

2.7 Kuraklık Haritalarının Hazırlanması, Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW)

Bu tez çalışmasında, kuraklık indekslerinin ve özelliklerinin mekânsal düzeyde dağılımı, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW – Inverse Distance Weighted) enterpolasyon yöntemi ile analiz edilmiştir. ArcMap yazılımı kullanılarak uygulamaları yapılan bu yöntem, ölçüm istasyonu bulunmayan alanlardaki veri tahminleri için de sıkça

tercih edilmekte olup, kuraklık modellemelerinde de kullanılabilirliği literatürde incelenip değerlendirilmiştir (Akca vd., 2023).

IDW yaklaşımında, bilinmeyen bir noktadaki değer, çevresindeki bilinen noktalara olan uzaklıklara göre ağırlıklandırarak tahmin edilir. Bu yöntemde enterpolasyon yapılacak noktaya yakın mesafelerdeki verilerin etkisi daha yüksek kabul edilirken, uzak konumların etkisi daha sınırlıdır (Shepard, 1968). Böylece, uzamsal değişkenliğin yerel yapısı korunarak, eksik veri bölgelerinde anlamlı mekânsal desenler üretilebilmektedir.

$$Z_p = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\frac{z_i}{d_i^p})}{\sum_{i=1}^{n}(\frac{1}{d_i^p})} \qquad i = 1, 2, \ldots\ldots, n \tag{2.9}$$

Tahmin edilmek istenen Z_p değeri, çevresinde bulunan değerleri bilinen komşu gözlem noktalarının verilerine bağlı olarak hesaplanır. Bu yöntemde, her bir gözlem noktasının tahmin yapılacak konuma olan mesafesi temel alınarak bir ağırlık değeri belirlenir. Mesafeye dayalı bu ağırlıklandırma yaklaşımında, tahmin noktasıyla daha yakın konumda bulunan gözlemler, uzak olanlara kıyasla daha fazla etkiye sahiptir. Kuvvet katsayısı (p) arttıkça, uzak noktaların katkısı daha da azalır ve elde edilen tahmin değeri, büyük ölçüde yakın çevredeki gözlemlere dayanır. Böylece, mekânsal süreklilik ilkesine uygun şekilde, her bir gözlemin katkısı uzaklıkla ters orantılı olarak belirlenmiş olur (Taylan & Damçayırı, 2016).

Yöntemin kuraklık analizlerinde kullanımına ilişkin kapsamlı değerlendirmelere Akca vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada yer verilmiştir. IDW, özellikle sınırlı sayıda istasyondan elde edilen verilerle gerçekleştirilen bölgesel analizlerde, güvenilir tahminler sunması bakımından avantaj sağlar.

2.8 Kuraklık Trend Analizleri

2.8.1 Mann-Kendall (MK) Testi

Zaman serilerindeki eğilimlerin varlığını ve yönünü değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş Mann-Kendall (MK) testi, parametrik olmayan yapısıyla, verilerin

belirli bir dağılıma uymasını gerektirmeden, artan ya da azalan yönlü bütüncül trendleri tespit etmeye olanak tanır. Bu test ilk kez Mann (1945) tarafından önerilmiş, daha sonra Kendall (1975) tarafından istatistiksel olarak geliştirilmiştir (Mann, 1945; Kendall, 1975). Geçmişten günümüze iklim, hidroloji ve çevre bilimlerinde eğilim analizlerinde yaygın şekilde kullanılmaktadır (Hamed & Ramachandra Rao, 1998; Rezaee vd., 2023).

MK testi, zaman serisindeki her bir değerin kendisinden sonraki tüm değerlerle karşılaştırılması esasına dayanır. Eğilim yönü, karşılaştırılan bu iki değerler arasındaki farkların işaretleri esas alınarak belirlenmektedir. Bu işlemler sonucunda elde edilen S istatistiği, eğilimin yönünü ve gücünü tanımlar. Pozitif bir S değeri artan bir eğilime, negatif değer ise azalan bir eğilime işaret eder. S aşağıdaki 2.10 numaralı eşitlik ile hesaplanır:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sgn(x_j - x_k) \tag{2.10}$$

Burada x_j ve x_k sırasıyla j. ve k. zaman adımındaki gözlemleri ifade eder;

sgn fonksiyonu $(x_j - xk)>0$ olduğunda +1, $(x_j - xk)=0$ olduğunda ve $(x_j - xk)<0$ olduğunda -1 şeklinde tanımlanır (Yue & Wang, 2004).

Veriler arasında tekrar eden (eşit) değerler varsa, S istatistiğinin varyansı şu şekilde hesaplanır:

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \tag{2.11}$$

Formüldeki; n toplam veri sayısını, m aynı değere sahip grupların sayısını ve t_i ise grup içindeki gözlem sayısını ifade eder (Kendall, 1975).

S istatistiğinin anlamlılığı, Z dönüşümü ile standart normal dağılıma taşınarak değerlendirilir:

$$\mathrm{Z} = \begin{cases} \dfrac{\mathrm{S}-1}{\sqrt{\mathrm{Var(S)}}}; \mathrm{S} > 0 \\ 0; \ \mathrm{S} = 0 \\ \dfrac{\mathrm{S}+1}{\sqrt{\mathrm{Var(S)}}}; \mathrm{S} < 0 \end{cases} \tag{2.12}$$

Hesaplanan Z değeri, belirlenen anlamlılık düzeyine göre standart normal dağılım tablosundaki kritik değerlerle karşılaştırılır. Belirli bir anlamlılık düzeyi (α) için, eğer hesaplanan $|Z| \leq Z(\alpha/2)$ ise sıfır hipotezi kabul edilir ve seride anlamlı bir eğilim bulunmadığı sonucuna varılır. Bu çalışmada eğilim analizleri için $\alpha = 0.05$ ve $\alpha = 0.10$ düzeyleri referans alınmıştır. Buna göre:

- $\alpha = 0.05$ için, eğer $|Z|>1.96$ ise sıfır hipotezi reddedilir ve seride anlamlı bir eğilim olduğu kabul edilir.
- $\alpha = 0.10$ için ise $|Z|>1.645$ koşulu sağlandığında veride istatistiksel olarak anlamlı bir eğilimden söz edilebilir.

2.8.2 Sen's Slope (SS) Metodu

Sen's Slope (SS) eğilim büyüklüğünü belirlemek amacıyla, doğrusal eğilimlerin tespitinde, kullanılan parametrik olmayan bir eğim tahmin yöntemidir. Yöntem herhangi bir dağılım varsayımı gerektirmemekte olup normal dağılmayan ve aykırı değerlere sahip veri setleri içinden kullanılabilir. İklim ve hidroloji disiplinlerindeki araştırmalarda sıklıkla tercih edilmektedir. İlk olarak Theil (1950) tarafından ortaya konan bu yaklaşım, Sen (1968) tarafından sistematikleştirilerek günümüzdeki halini almıştır (Theil, 1950; Sen, 1968).

$$SS_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \tag{2.13}$$

Burada x_j ve x_k zaman veri setinde yer alan j. ve k. sıradaki gözlem veya hesap değerlerini (yağış, sıcaklık, SPI gibi) ifade eder. Sen's Slope (SS) metodolojisinde, $j>k$ koşulunu sağlayan her bir veri çifti için eğim değerleri ($i=1,2,\ldots,n$) hesaplanır (Sen, 1968).

Tanımlanan koşullar için elde edilen tüm eğim değerleri küçükten büyüğe sıralanır ve bu sıralı değerlerin medyanı, SS değeri olarak kabul edilir. Medyan değeri hesabı aşağıda 2.14 numaralı eşitlik ile verilmiştir:

$$SS_{med} = \begin{cases} SS_{[(n+1)/2],} & \text{, Eğer n tekse} \\ \dfrac{SS_{\left[\frac{n}{2}\right]} + SS_{\left[\frac{n+2}{2}\right]}}{2} & \text{, Eğer n çiftse} \end{cases} \tag{2.14}$$

Medyan değerinin uç değerlere karşı duyarlılığının düşük olması, Sen's Slope yöntemini özellikle ekstrem değerlere sahip çevresel zaman serilerinde güvenilir kılmaktadır. Bu sayede, serideki genel eğilim yönü ve büyüklüğü, aşırı sapmalardan etkilenmeden temsil edilebilmektedir (Sen, 1968). Doğrusal olmayan yapıya sahip verilerde ya da normal dağılım varsayımını karşılamayan gözlem serilerinde, klasik parametrik yöntemler, genellikle sapmalara karşı hassasiyet gösterirken, Sen's Slope tahminleri daha güvenilir sonuçlar sunmaktadır (Yue & Pilon, 2004; Gilbert, 1987).

2.8.3 Yenilikçi Trend Analizi (ITA)

Hidrometeorolojik zaman serilerinin ve kuraklık indislerinin kullanıldığı eğilim belirlemeye yönelik analizlerde, literatürde hem klasik hem de yenilikçi yöntemler sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yöntemler içerisinde, Şen (2012) tarafından geliştirilen Yenilikçi Trend Analizi (Innovative Trend Analysis, ITA) metodolojisi, özellikle son on yılda önemli ölçüde öne çıkmaktadır. Klasik yöntemlerle karşılaştırıldığında, ITA yaklaşımı monoton ve bunun yanında monoton olmayan eğilimleri de kolaylıkla ayırt edebilme kapasitesine sahiptir. Yöntemin sıklıkla kullanılmasının temel nedenleri; basit uygulama yapısına sahip olması, görselleştirme özelliği ve verimliliğidir.

Mann-Kendall ya da Spearman's Rho gibi geleneksel yöntemlerden farklı olarak, ITA yöntemi zaman serisini iki periyoda ayırarak eğilimleri en kapsamlı şekilde değerlendirme olanağı sağlar. ITA herhangi bir varsayıma bağlı olmadan aşağıda Şekil 2.4'te verilen beş farklı eğilim desenini tanımlayabilmektedir.

ITA yönteminde, zaman serisi iki eşit parçaya ayrılarak analiz sürecine başlanır. Zaman serisi $X = x_1, x_2, \dots \dots \dots x_n$ olmak üzere, sıralanmış alt gruplar aşağıdaki gibi ifade edilir:

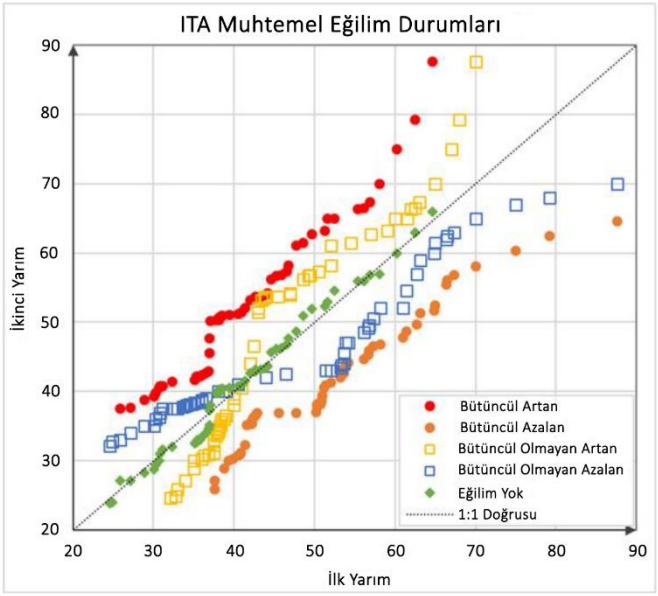
$$X_1 = \left\{x_1^*, x_2^*, \dots, x_{n/2}^*\right\} \tag{2.15}$$

$$X_2 = \left\{x_{n/2+1}^*, x_{n/2+2}^*, \dots, x_n^*\right\} \tag{2.16}$$

Bu iki alt grubun verileri, küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanarak iki serinin elemanları karşılıklı olarak sırayla eşleştirilir. Eşleştirilen seri

elemanları kullanılarak, ITA grafikleri üzerinde ilk yarım yatay eksende ikinci yarım düşey eksende gösterilerek, eğilim desenlerinin tanımlandığı saçılım grafikleri oluşturulur. Noktaların bu grafiklerdeki saçılımı, serideki eğilimlerin varlığını, yönünü ve büyüklüğünü yansıtmaktadır. Noktalar 1:1 referans doğrusunun tam olarak üzerinde olur ise herhangi bir trend yoktur. Saçılım noktaları 1:1 doğrusunun üstünde(altında) ise artan(azalan) eğilim vardır.

Negatif değerlere sahip kuraklık indislerine göre eğilim analizlerinde, grafikler yorumlanırken dikkat edilmelidir. Bu grafiklerde saçılım noktalarının 1:1 doğrusunun altında kalması kuraklık için artış eğilimini, üstünde olması ise azalma eğilimini işaret etmektedir.



Şekil 2.4 ITA yöntemine göre eğilim desenleri (Dabanlı vd., 2016)

2.8.4 Frekans- Yenilikçi Trend Analizi (F-ITA)

Bütüncül ve bütüncül olmayan eğilimlerin ve bu eğilimlere bağlı değişen frekansların daha ayrıntılı biçimde incelenmesi amacıyla geliştirilen F-ITA yöntemi, her türlü zaman serisinde sınıf temelli değişimlerin frekans düzeyinde değerlendirilmesine de olanak tanımaktadır (Abu Arra vd., 2024; 2025a; 2025b). Bu yöntem, klasik ITA yaklaşımının sağladığı görsel avantajları korurken, ele alınan zaman serilerinin her bir sınıfının zaman içerisindeki eğilimini ve frekanslarını objektif olarak tanımlamakta ve sayısal olarak da değerlendirmektedir.

F-ITA metodolojisi, zaman serisinin erken (ilk yarım) ve geç (ikinci yarım) dönemlerindeki, bu tez çalışması için ele alınan yağış, sıcaklık ve kuraklık olaylarının her bir sınıfındaki, tekrar sayısını (frekansını) hesaplar ve bunları ITA trend grafiği ile uyumlandırılmış şekilde sunar. Bu yapı sayesinde yalnızca eğilim yönü ve büyüklükleri değil, aynı zamanda sınıflar arasında zamanla oluşan yapısal kaymalar ve frekans değişimleri izlenip yorumlanabilir. Analizler klasik eğilim yöntemlerinin ve büyüklüklerinin ötesinde, eğilimlere bağlı frekans düzeyindeki değişimleri de açık biçimde ortaya koyarak, trend araştırmaları konusunda kapsamlı bir değerlendirme imkânı sunmaktadır.

Bu kapsamda, F-ITA metodolojisi ilk bakışta ITA yöntemine aşağıdaki katkıları sağlamaktadır:

- Zaman serileri, önceden tanımlanmış objektif kategorik sınıflara ayrılabilmektedir. Örneğin, kuraklık eğilim analizleri için SPI sınıflandırmasına göre "aşırı kurak (ED)", "şiddetli kurak (SD)", "orta kurak (MD)", "normal (N)", "orta nemli (MW)", "şiddetli nemli (SW)" ve "aşırı nemli (EW)" şeklinde yedi ana sınıf kullanılabilir. Bu sınıflar temelinde, eğilimlerin yanı sıra zaman serisinin her bir yarısı için tekrar (frekans) sayıları hesaplanıp değişimleri değerlendirilebilmektedir.
- Zaman serisinin ilk ve ikinci yarıları ayrı ayrı analiz edilerek, her bir sınıfın frekansı karşılaştırılabilir. Bu karşılaştırmalar sayesinde, belirli bir sınıfta artma ya da azalma olup olmadığı; yani sınıf geçişleri ve frekans değişimleri ortaya konur.
- Elde edilen alt sınıf frekansları, eş zamanlı olarak oluşturulan ITA grafikleriyle birlikte değerlendirilir. Bu şekilde sadece yönsel eğilim değil, aynı zamanda eğilimle bağlantılı olarak hangi sınıfların öne çıktığı da görsel ve analitik olarak yorumlanabilir.
- Kuraklık, yağış veya sıcaklık olaylarında, belirli bir sınıfın ilk döneme kıyasla ikinci dönemde daha sık ya da daha az görülmesi, iklim değişikliğinin bir göstergesi olarak ele alınabilir. Özellikle kuraklık sınıflarındaki frekans değişimleri, iklim davranışında yapısal kaymaların somut verilerle desteklenmesine olanak sağlar.

- ITA yönteminin yön ve büyüklük odaklı yapısı, F-ITA'da frekans analizleriyle tamamlanmakta; böylece sadece eğilimin yönü değil, bu eğilimin hangi şiddet aralıklarında ne derece etkili olduğu ortaya konmaktadır.
- Bu yönleriyle F-ITA, özellikle kuraklık gibi sınıfsal ayrım gerektiren olayların zamansal analizinde, klasik ITA yöntemine kıyasla, güçlü bir katkı sunmakta; değişimlerin yalnızca yönünü değil, hangi sınıflarda yoğunlaştığını da ortaya koyarak yorumlanabilmeyi derinleştirmektedir.

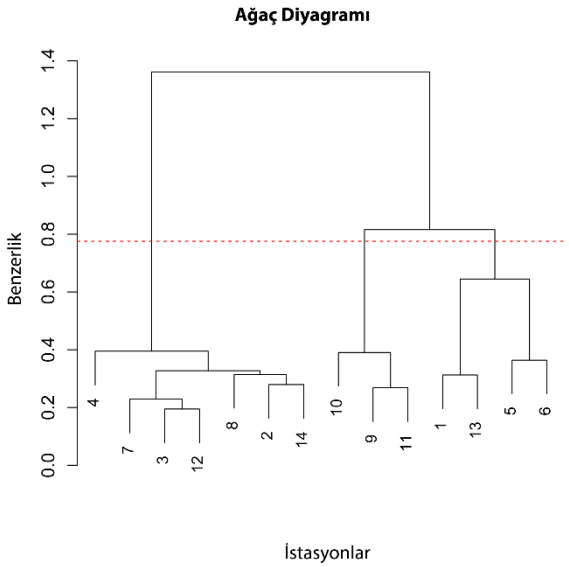
3
BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Eksik Verilerin Tamamlanması ve Homojenlik Analizleri

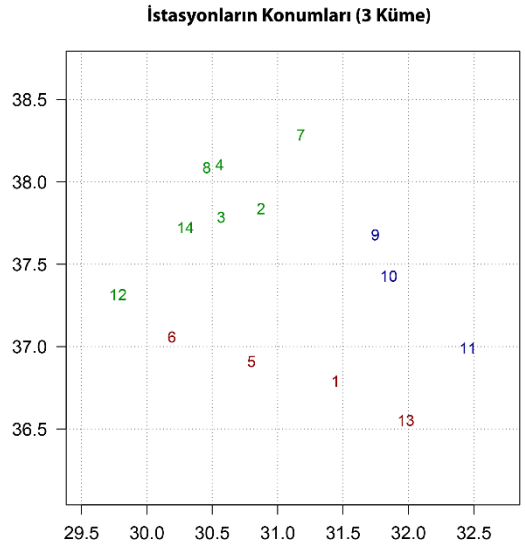
3.1.1 Eksik Verilerin Tamamlanması

Eksik verilerin tamamlanmasında, istasyonlar arasındaki iklimsel benzerlikleri esas alan ve çoklu istasyon korelasyonlarına dayalı yöntemleri kullanan Climatol (Guijarro, 2023) paketi tercih edilmiştir. Bu kapsamda hem iklimsel hem de mekânsal benzerlik düzeyleri, hiyerarşik kümeleme ve coğrafi konuma dayalı küme haritaları aracılığıyla belirlenmiştir.

Aşağıda Şekil 3.1'de verilen Ağaç diyagramı (Dendrogram), Antalya Havzası'ndaki uygulama için seçilen istasyonların benzerlik düzeylerine göre gruplandırılmasını göstermektedir. Manavgat (1) istasyonuyla en iyi korelasyona sahip olan istasyon Alanya (13) istasyonudur. Antalya Havalimanı (5) ve Korkuteli (6) istasyonlarının ve Seydişehir (10), Beyşehir (9) ve Hadim'in (11) birlikte kümelendiği görülmektedir. Bu durum, Climatol algoritmasının eksik verileri tamamlamada aralarında yüksek korelasyona sahip bu istasyonları referans olarak kullandığını göstermektedir. Şekil 3.2'de ise istasyonların coğrafi dağılıma bağlı kümeleri sunulmaktadır. Mekânsal yapı ağaç diyagramı sonuçlarıyla örtüşmektedir.



Şekil 3.1 İstasyonlar için Ağaç Diyagramı analizi



Şekil 3.2 İstasyonların mekansal dağılımına göre kümelenme sonuçları

3.1.2 Homojenlik Analizleri

Çalışma alanında 1969-2022 yılları arasında verisi bulunan 14 meteoroloji istasyonu ile bunlara ilave Sütçüler ve İbradi istasyonlarında ölçülen aylık yağış ve sıcaklık verilerinin homojenlik analiz sonuçları aşağıda Tablo 3.1 Yağış ve sıcaklık verileri homojenlik testleri sonuçlarıde verilmiştir. Analizler için kullanılan testlerin her biri, zaman serisindeki ani değişimleri veya trend kırılmalarını farklı

duyarlılıkta algılayıp değerlendirmektedir. Bu nedenle homojenlik sınıflandırmasında test sonuçları çoğunluk esasına göre değerlendirilmiştir. Üç yöntemden ikisi veya üçü H_0'ı reddetmiyorsa veri homojen, sadece bir test H_0'ı reddetmiyorsa şüpheli ve tüm testler H_0'ı reddediyorsa homojen değil şeklinde değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, çalışmaya dâhil edilen tüm istasyonların yağış verileri, üç testin en az ikisinde H_0 hipotezini reddetmemiş olup, bu nedenle yağış verileri için homojenliğin tamamen reddedildiği bir istasyon bulunmamıştır. Özellikle Eğirdir, Senirkent, Yalvaç, Hadim, Tefenni ve Beyşehir istasyonlarında p için yüksek değerler hesap edilmiştir. A. Havalimanı ve Korkuteli istasyonlarında ise SNHT hesap sonuçlarına göre düşük p değerlerinin elde edildiği görülmekte olup yukarıda varsayılan sınıflandırma kriterine göre, test sonuçları homojen kabul edilmiştir. Bu sonuçlar, yağış rejiminin yapısal tutarlılık gösterdiğini, dışsal etkilerden sınırlı düzeyde etkilendiğini gösterir.

Sıcaklık verilerine yönelik testlerde de genelde homojenlik sağlanmış olup sadece bir istasyon şüpheli ve bir istasyonda da test sonuçlarına göre homojenliğin sağlanmadığı görülmektedir. Manavgat istasyonunda yalnızca SNHT testi H_0'ı reddetmemiş, diğer iki test anlamlı kırılma göstermiştir. Bu durum veri homojenliği açısından şüpheli şeklinde değerlendirilmiştir. Alanya istasyonunda ise, p değerleri üç testte de düşük (<0.05) çıkmış ve homojenliği bozan unsurların bulunabileceği düşünülmüştür. Ancak istasyonla ilgili veriler ve metaveri kayıtları incelendiğinde Alanya istasyonu sıcaklık verilerinin de eğilim analizleri için bu araştırma kapsamında, kullanılmasının uygun olduğu mütalaa edilmiştir. İlgili homojenlik testlerinin her biri için istasyonlara ait p değerleri ve homojenlik değerlendirme sonuçları aşağıda Tablo 3.1'de özetlenmektedir.

Tablo 3.1 Yağış ve sıcaklık verileri homojenlik testleri sonuçları

Değişken	Yağış				Sıcaklık			
İstasyon	Pettitt	SNHT	Buishand	Sonuç	Pettitt	SNHT	Buishand	Sonuç
Manavgat	0.70	0.51	0.76	Homojen	**0.03**	0.16	**0.04**	Şüpheli
Eğirdir	0.80	0.46	0.56	Homojen	0.77	0.80	0.67	Homojen
Isparta	0.19	**0.001**	0.68	Homojen	0.21	0.41	0.12	Homojen
Senirkent	0.23	0.28	0.89	Homojen	0.70	0.76	0.68	Homojen
A.Havalimani	0.46	**0.00**	0.13	Homojen	0.07	0.30	0.08	Homojen
Korkuteli	0.60	**0.01**	0.50	Homojen	0.54	0.63	0.34	Homojen
Yalvaç	0.26	0.37	0.44	Homojen	0.36	0.42	0.23	Homojen
Uluborlu	0.60	**0.03**	0.49	Homojen	0.89	0.67	0.47	Homojen
Beyşehir	0.10	0.56	0.65	Homojen	0.75	0.87	0.65	Homojen
Seydişehir	0.18	0.96	0.86	Homojen	0.68	0.79	0.32	Homojen
Hadim	0.86	0.43	0.14	Homojen	0.27	0.45	0.13	Homojen
Tefenni	0.16	0.71	0.87	Homojen	0.96	0.75	0.56	Homojen
Alanya	0.86	0.47	0.16	Homojen	**< 0.0001**	**< 0.0001**	**< 0.0001**	Homojen Değil
Burdur	0.17	**0.01**	0.71	Homojen	0.54	0.65	0.31	Homojen
Sütçüler	0.918	0.731	0.632	Homojen	0.171	0.438	0.936	Homojen
İbradi	0.935	0.431	0.331	Homojen	**0.013**	0.579	0.995	Homojen

3.2 Kuraklık Veri Setleri İçin Uygun Olasılık Dağılım Fonksiyonları Model seçimi

Klasik ve dinamik SPI hesaplamaları için hazırlanan veri setlerinin olasılık dağılım fonksiyonları, bu bölümde uygunluk testleri yardımıyla belirlenerek değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Klasik SPI analiz ve hesaplamalarında ilk olarak, her bir istasyon için tüm aylara ait veriler birlikte ele alınarak SPI-3, SPI-6, ve SPI-12 zaman ölçekleri için hazırlanan her bir veri setinin Gamma dağılım fonksiyonuna uygun olup olmadığı test edilmiştir. Kolmogorov–Smirnov, Anderson–Darling ve Ki-kare uyum test sonuçları, Gamma dağılımının genel olarak veri setlerini temsil ettiğini göstermektedir. Eğirdir, Isparta, Senirkent ve Sütçüler örnek istasyonlarında Gamma dağılım fonksiyonu tüm testlerde ve tüm zaman ölçeklerinde başarılı bulunurken; Manavgat, Alanya ve Yalvaç istasyonlarında Ki-Kare test sonuçlarına göre kısmi sapmalar tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, uzun dönemli kuraklık analizlerinde Gamma dağılımının her istasyon için kullanılamayacağını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, Gamma dağılımının kullanılamayacağı istasyon ve zaman ölçekleri için SPI hesaplamalarında, alternatif olarak GEV (Generalized Extreme Value) ve Weibull dağılımlarından uygun bulunanın kullanılmasına karar verilmiştir. Böylelikle olasılık dağılım fonksiyonlarının seçimi, her bir istasyon için oluşturulan veri setlerinin özelliklerine göre belirlenmiş ve kuraklık analizleri bu doğrultuda model hataları azaltılarak standardize edilmiştir.

Dinamik SPI yöntemi uygulamasında ise istasyonların yıl içerisindeki her bir ayı ayrı ayrı değerlendirilmektedir. SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 zaman ölçekleri referans alınarak veri setlerinin modellemesine yönelik yapılan analizlerde, Gamma veya uygun olasılık dağılım fonksiyonlarının seçiminde Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-kare uyum testleri kullanılmıştır. Hadim, Beyşehir, Burdur, Korkuteli, Eğirdir ve Isparta istasyonlarında Gamma dağılımı tüm aylar için test sonuçlarına göre istatistiksel olarak kabul edilmiştir. Buna karşın Manavgat, Alanya ve Yalvaç istasyonlarında yalnızca belirli aylarda ve tek bir testte

reddetme durumları görülmüş; ancak hataların modellerin genel geçerliliğini etkileyecek düzeyde olmadığı değerlendirilmiştir. Diğer taraftan İbradı ve Sütçüler istasyonlarının da Gamma dağılımını tüm aylar ve zaman ölçeklerinde başarılı biçimde temsil ettiği görülmektedir.

Bu sonuçlar, Gamma dağılımının Antalya Havzası'ndaki, farklı iklim, konum ve topografik özelliklere sahip istasyonlarda görülen yağışlar kullanılarak oluşturulan, belirli zaman ölçeklerine ait kuraklık veri setlerini iyi temsil ettiğini göstermektedir. Dolayısıyla bu araştırma için Gamma dağılımı genel olarak, mekânsal ve zamansal veri setleri üzerinde, güvenle kullanılabilecek bir dağılım modeli olarak değerlendirilmiştir.

Klasik ve dinamik SPI analizlerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi, olasılık dağılım fonksiyonu seçiminin zamansal ölçek düzeyine duyarlı olduğunu da ortaya koymuştur. Klasik SPI yönteminde, tüm aylık verilerin birlikte analiz edilmesi nedeniyle, uzun dönem eğilimler etkili olurken; aylık ve mevsimsel dalgalanmaları yansıtma konusunda yeterli etkiyi gösterip gösteremediği bilinmemektedir. Buna karşın dinamik SPI yöntemi, her ayın kendine özgü yağış karakteristiklerini dikkate alarak kuraklık konusunda daha hassas sonuçlar üretilmesini sağlamış; özellikle kısa dönemli ve mevsimsel kuraklıkların analizinde önemli avantajlar ortaya koymuştur. Bu nedenle, olasılık dağılım fonksiyonlarının seçiminde yalnızca tümden genel eğilimlere değil, ay bazlı ve istasyonlar özelinde yapılan değerlendirmelere dayalı esnek ve çok kriterli yaklaşımların benimsenmesi de tavsiye edilmektedir.

Yapılan karşılaştırmalı analizler sonucunda, kullanılan dağılım fonksiyonunun seçiminden kaynaklı olarak SPI değerlerinde ve bu değerlere bağlı kuraklık sınıflarında anlamlı değişikliklerin ortaya çıktığı belirlenmiştir. Özellikle Manavgat (2007/Ekim, SPI-24), Yalvaç (2005/Mart, SPI-24) ve Alanya (2008/Kasım, SPI-24 ve 2008/Ağustos, SPI-3) istasyonlarında Gamma, GEV ve Weibull dağılımlarına göre yapılan SPI hesap sonuçları arasındaki farkın yalnızca sayısal düzeyle sınırlı kalmadığı; aynı zamanda önemli kuraklık sınıfı geçişlerinin olduğu görülmektedir.

Manavgat istasyonu kuraklık analiz sonuçları 2007 yılı Ekim ayı SPI-24 değerini ve kuraklık sınıfını Gamma dağılımına göre "Aşırı Kurak- ED" olarak tanımlarken,

GEV dağılımına göre sonuç "şiddetli kurak-SD" olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, Yalvaç istasyonunda 2005 yılı Mart ayı Gamma dağılımı sonucuna göre "Şiddetli kurak-SD" olarak görülürken, GEV dağılımıyla yapılan hesaplamada kuraklık sınıfı "normal-N" olarak değerlendirilmektedir. Alanya istasyonunda ise 2008 yılının Kasım ayı SPI-24 için Gamma dağılımına göre "Aşırı kurak-ED" iken, GEV dağılım sonucu "Şiddetli kurak-SD" sınıfındadır. Aynı şekilde, Alanya'da 2008 yılı ağustos ayı, SPI-3 değeri referans alındığında, Weibull dağılımına göre "Aşırı kurak-ED", Gamma dağılımına göre ise "Şiddetli kurak-SD" sınıfındadır.

Aşağıda Tablo 3.2'de verilen bu örnekler, özellikle uç değerlerin görüldüğü dönemlerde olasılık dağılım fonksiyonu seçiminin, kuraklık sınıflandırmasını doğrudan etkileyebildiğini göstermektedir. Bu değerlendirmeler sadece istatistiksel uyumun yeterli bir ölçüt olmadığını, metodolojik kararların da çıktılar üzerindeki etkilerinin dikkate alınmasının önemini göstermektedir. Kuraklık sınıfı geçişlerinin oluşması, olasılık dağılım model seçiminin yalnızca teknik bir tercih olarak görülmemesi gerektiğini, aynı zamanda yorumlama ve karar destek süreçlerinde belirleyici bir unsur olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, kuraklık analizlerinde olasılık dağılım fonksiyonu seçiminde hem istatistiksel hem de uygulama sonuçlarına ve bunların etkilerine dayalı çok yönlü bir değerlendirme yapılmasının gerekliliği ortadadır.

Tablo 3.2 Farklı olasılık dağılımlarına göre SPI analizleri ve kuraklık sınıfı geçişleri

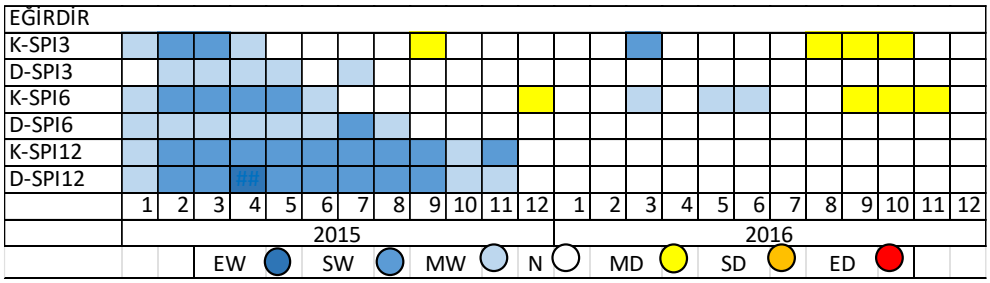
İstasyon	Yıl	Ay	SPI Ölçeği	Gamma-SPI	GEV-SPI	Weibull-SPI	Maks. Fark	Sınıf Geçişi
Manavgat	2007	Ekim	SPI-24	-2.55	-1.70	-	0.85	ED→SD
Yalvaç	2005	Mart	SPI-24	-1.62	-0.76	-	0.86	SD→N
Alanya	2008	Kasım	SPI-24	-2.69	-1.57	-	1.12	ED→ SD
Alanya	2008	Ağustos	SPI-3	-1.93	-	-2.56	0.63	SD→ ED

3.3 İhtimali Klasik ve Dinamik Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (K-SPI ve D-SPI) Analiz Sonuçları

Bu bölümde, klasik ve dinamik SPI uygulamalarına dayalı kuraklık analiz sonuçları, Eğirdir meteoroloji istasyonu özelinde aşağıda karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları 2015–2022 yılları arasındaki her bir yılın aylık kuraklık durumunu, SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 zaman ölçeklerinde klasik (K-SPI) ve dinamik (D-SPI) uygulama sonuçlarıyla birlikte, gösteren ısı haritaları (heatmap) biçiminde hazırlanmıştır.

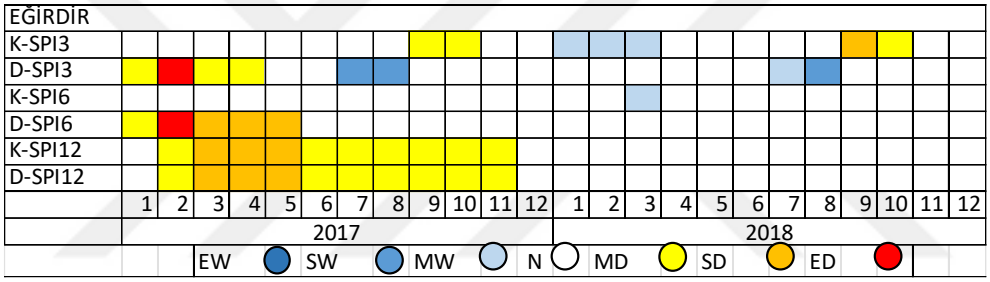
Hazırlanan görsellerin yatay ekseninde ilgili yıllar ve aylar (Ocak–Aralık), dikey ekseninde ise seçilen her bir SPI zaman ölçeğine karşılık gelen klasik ve dinamik uygulama sonuçları verilmektedir. Bu yapı sayesinde yıl içindeki aylık ve mevsimsel kuraklık değişimleriyle uygulamalara bağlı olarak elde edilen kuraklık sonuçları arasındaki benzerlikler ve farklılıklar eş zamanlı olarak değerlendirilebilmektedir.

Aşağıda Şekil 3.3'te yer alan 2015–2016 dönemine ait SPI analiz sonuçları incelendiğinde, SPI-3 zaman ölçeğine göre K-SPI ve D-SPI sonuçları arasında özellikle yaz aylarında dikkat çeken farklar göze çarpmaktadır. Örneğin Temmuz 2015 döneminde klasik SPI hafif kuraklık sınıfına işaret ederken, dinamik SPI aynı dönemi daha nemli sınıfta değerlendirmiştir. SPI-6 sonuçlarında da uygulamalar arası benzerlikler ve farklar görülmekte olup, 2015'in ilk aylarında klasik analiz sonuçları daha nemli tespitlerde bulunurken, 2016'nın sonuna doğru klasik uygulama daha kurak değerlendirmesinde bulunmakta, D-SPI yöntemi herhangi bir kuraklık tespit edememiştir. SPI-12 analiz sonuçları, SPI 3 ve SPI 6'nın aksine, iki uygulama için de büyük oranda örtüşmektedir.



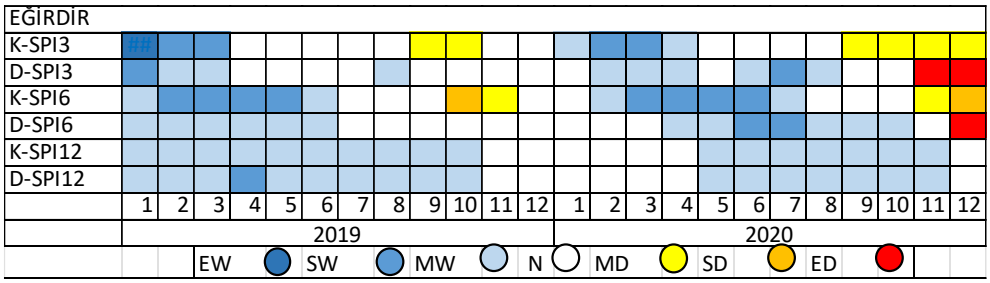
Şekil 3.3 Eğirdir istasyonu 2015–2016 yılları klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları

Aşağıda Şekil 3.4'te yer verilen 2017–2018 dönemine ait analiz sonuçlarına göre dinamik SPI yöntemi, klasik SPI'ya kıyasla 2017 bahar aylarında daha kurak sınıflandırmalara sahiptir. SPI-12 zaman ölçeğinde uygulama sonuçları arasındaki fark azalmaktadır.



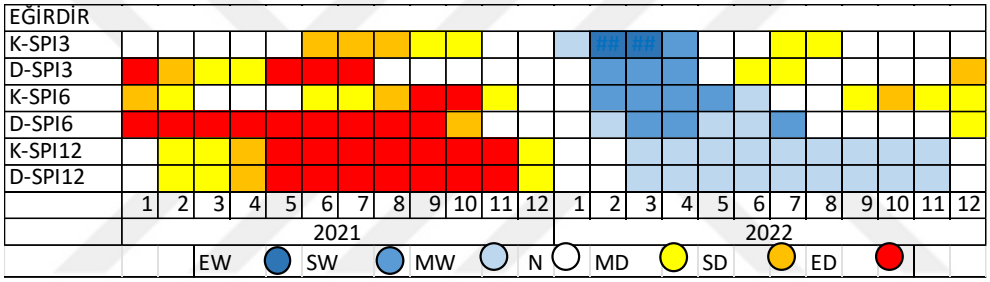
Şekil 3.4 Eğirdir istasyonu 2017–2018 yılları klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları

Şekil 3.5'te verilen 2019–2020 dönemi analiz sonuçları incelendiğinde, Ağustos, Eylül ve Ekim 2019 SPI-3 ölçeğindeki gibi, bazı aylarda uygulama sonuçları arasındaki belirgin sapmalar dikkat çekmektedir. Bu dönemde K-SPI normal ve orta şiddetli kurak sınıflarını işaret ederken, D-SPI uygulama sonucu orta şiddetli yağışlı (MW) ve normal sınıf durumlarını gösterir. Bir diğer örnekte 2020 Kasım ve Aralık ayları D-SPI-3'e göre aşırı kurak (ED) görünürken, K-SPI-3 orta şiddetli (MD) kuraklık yaşandığını göstermektedir. Bu farklar, kısa zaman ölçekli kuraklık değerlendirmelerinde uygulamaya bağlı olarak sonuçların belirgin şekilde değişebileceğini göstermektedir.



Şekil 3.5 Eğirdir istasyonu 2019–2020 yılları klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları

Son olarak Şekil 3.6'da sunulan 2021–2022 kuraklık analiz sonuçlarına göre, SPI-12 zaman ölçeğinde iki uygulama sonucu benzerdir. Ancak SPI-3 ölçeğindeki dönemsel ayrışmalar burada da göze çarpmaktadır. Özellikle 2021 yılında pek çok ayda D-SPI uygulaması daha kurak sınıflandırmaları gösterirken, klasik uygulama kuraklık açısından daha ılımlı değerlendirmelere sahiptir.



Şekil 3.6 Eğirdir istasyonu 2021–2022 yılları klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları

Yapılan analizler genelde, kısa ve orta süreli zaman ölçeklerinde (SPI-3 ve SPI-6 için) klasik ve dinamik SPI uygulama sonuçları arasındaki farkların daha belirgin olduğunu; uzun süreli, bu araştırmada dikkate alınan SPI-12 değerlendirmesine göre ise sonuçların birbiri ile benzerliklerinin yüksek olduğu görülmektedir.

Eğirdir istasyonuna ait yukarıda verilen bu örnek inceleme, olasılık temelli SPI hesaplamalarında uygulama şekline ait seçimlerin analiz sonuçlarını doğrudan etkileyebileceğini göstermektedir. Bu tez çalışmasına dâhil edilen diğer 15 meteoroloji istasyonu için klasik ve dinamik kuraklık analiz sonuçları tezin sonunda ekler bölümünde ayrıca sunulmuştur.

3.4 Kuraklık Özelliklerinin Zamansal ve Mekansal İncelemesi

3.4.1 Kuraklık Süresi ve Kuraklık Şiddeti Haritaları

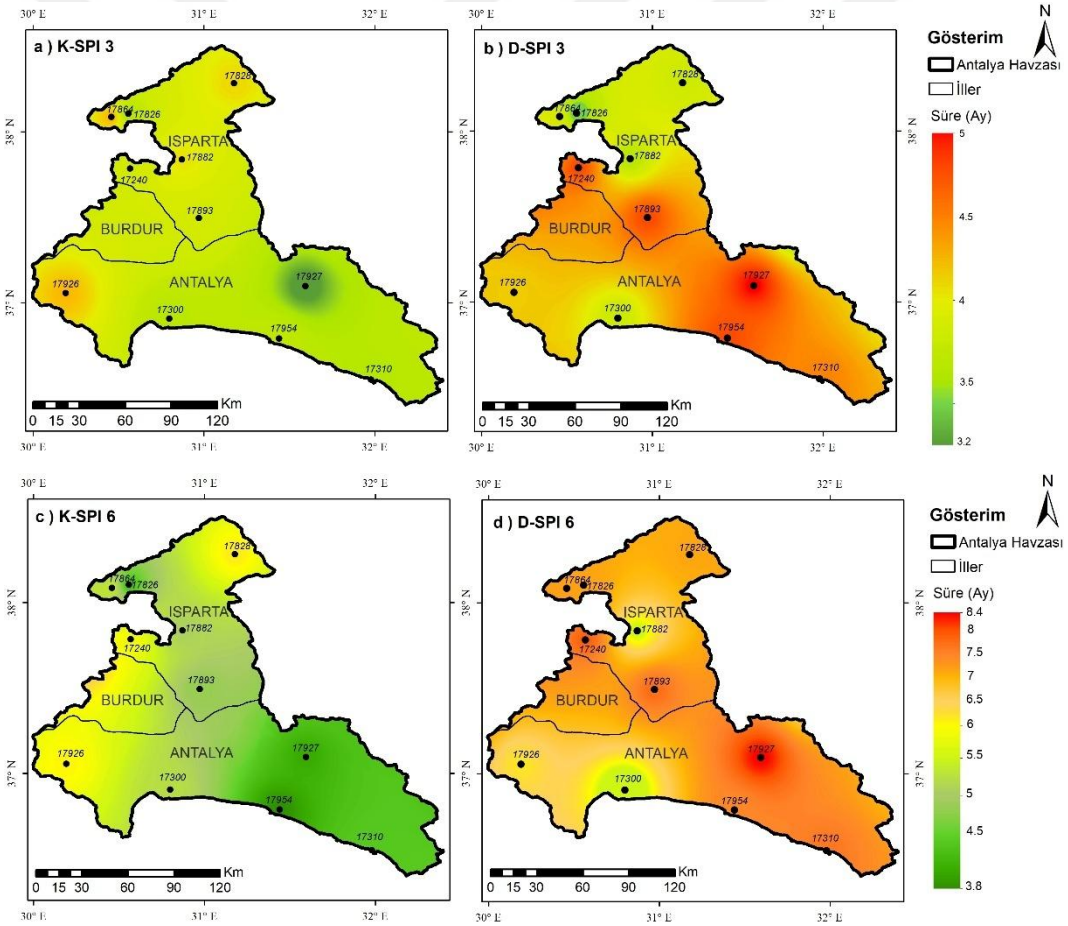
Antalya Havzası'nda ve yakın çevresinde yer alan, uzun yıllar gözlem verisine sahip, 16 istasyonun klasik ve dinamik SPI analizlerine dayanarak hazırlanan, ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon (IDW) yöntemi kullanılarak elde edilen, aşağıda verilen kuraklık süresi ve kuraklık şiddeti haritaları, kuraklık özelliklerinin bölgesel dağılımını ortaya koymaktadır. 1969–2022 yılları arasındaki dönemi kapsayan bu tez çalışmasındaki değerlendirmelerde, SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 zaman ölçekleri için sunulan ortalama kuraklık süresi haritaları ayrı ayrı incelenerek yorumlanmıştır.

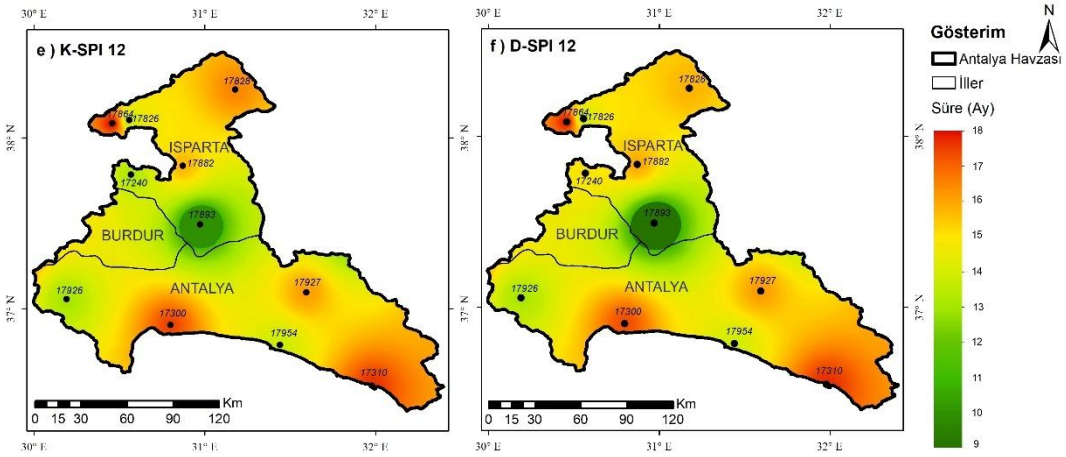
SPI-3 zaman ölçeğine ait aşağıda verilen klasik (Şekil 3.7a) ve dinamik (Şekil 3.7b) model sonuçları karşılaştırıldığında, dinamik yaklaşımın havza genelinde daha uzun ortalama kuraklık süreleri öngördüğü görülmektedir. İbradi, Burdur, Isparta, Manavgat, Alanya ve Sütçüler istasyonlarında dinamik modele göre ortalama kuraklık süreleri 4.5–5 ay arasında değişmekte iken, klasik model bu istasyonlar için ortalama 3.9 ay kuraklık süresi öngörmektedir. Diğer istasyonlar için model uygulama sonuçları birbirine daha yakındır. Dinamik analizler özellikle havzanın güneydoğusunda daha uzun süreli kuraklık olayları yaşandığını göstermekte olup, söz konusu uygulama bu bölgede mevsimsel varyasyonlara karşı daha hassas bir yapı olduğunu işaret etmektedir. Kuzeyde 3.5 ay olan ortalama kuraklık süresi, güneyde 5 aya kadar uzayarak belirgin bir kuzey-güney farkı ortaya çıkmaktadır.

SPI-6 zaman ölçeğine ilişkin klasik (Şekil 3.7c) ve dinamik (Şekil 3.7d) analizler arasındaki fark ise çok daha dikkat çekicidir. Klasik SPI-6 çözümünde ortalama kuraklık süreleri 3.8–7.4 ay aralığında hesaplanırken, dinamik SPI-6 analizinde bu süreler 5.3–8.4 aya kadar çıkmaktadır. Özellikle Manavgat, Senirkent, Alanya, İbradi, Beyşehir ve Tefenni istasyonlarında klasik model kuraklık süreleri sırasıyla 3.8; 4.2; 4.4; 4.0; 4.8 ve 5.6 ay olup, dinamik model sonuçları ise bu istasyonlar için sırasıyla 7.5; 7.2; 7.6; 8.4; 8.1 ve 8.0 ay olarak hesaplanmıştır. Dinamik analiz sonuçlarının klasik çözümlere kıyasla oldukça yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu farklar, dinamik yaklaşımın konuma bağlı daha uzun süreli kuraklık dönemleri öngörüsünde bulunduğunu ortaya koymaktadır. Alanya, Senirkent ve Sütçüler istasyonlarında da dinamik model klasik modele kıyasla 3

aya kadar daha uzun kuraklık süreleri gösterir. Yalvaç ve Uluborlu istasyonlarında bu fark 1-2 aya kadar azalmıştır.

SPI-12 zaman ölçeğine ait klasik (Şekil 3.7e) ve dinamik (Şekil 3.7f) model sonuçları genel anlamda yer yer benzer veya yakın uzamsal desenler sunmuş olsa bile, belirli bölgelerde dinamik analiz sonuçlarının daha uzun ortalama kuraklık süreleri öngördüğü görülmektedir. Özellikle Isparta, Seydişehir ve Sütçüler çevresi, dinamik model sonuçlarına göre, uzun süreli kuraklıklar açısından daha hassas bölgelerdir. Örneğin, Isparta' da klasik analiz sonuçlarına göre ortalama kuraklık süresi 13.4 ay iken, dinamik model ortalama kuraklık süresini 15.2 ay olarak vermektedir. Buna karşılık, Senirkent, Korkuteli ve Uluborlu istasyonlarında klasik ve dinamik model sonuçları arasındaki fark minimal düzeydedir.





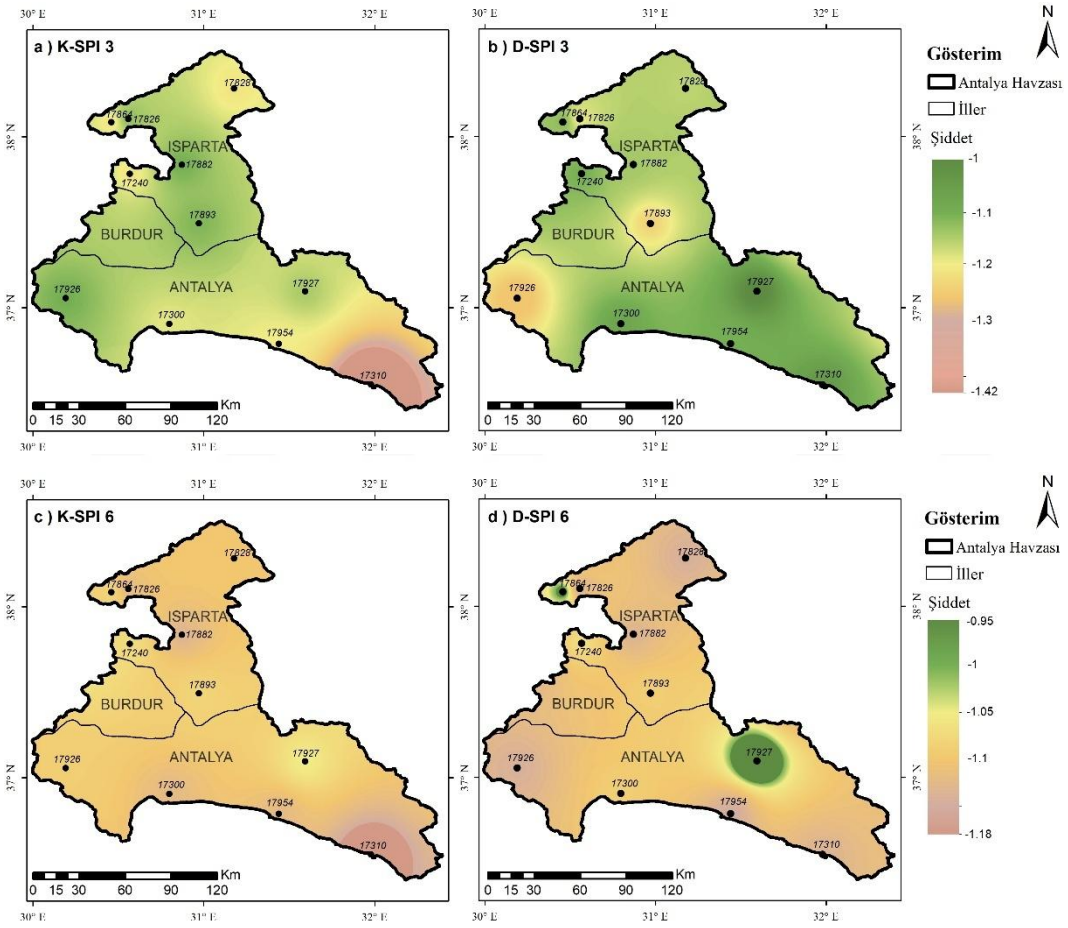
Şekil 3.7 Antalya Havzası için ortalama kuraklık süresi haritaları
a) K-SPI 3, b) D-SPI 3, c) K-SPI 6, d) D-SPI 6, e) K-SPI 12, f) D-SPI 12.

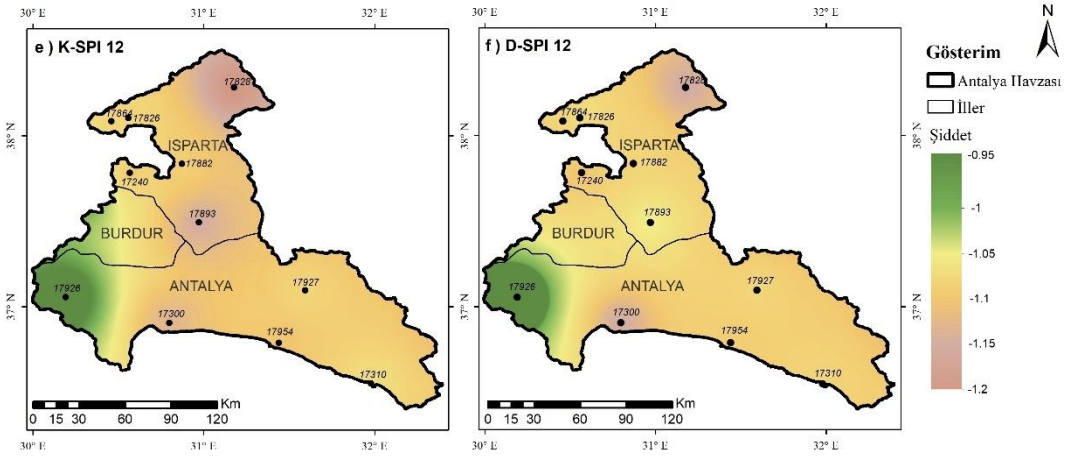
Havzada uzun yıllar boyunca yaşanan kuraklık olaylarının ortalama şiddetlerine bakıldığında, klasik ve dinamik modeller arasında genelde belirgin bir farklılığın olmadığı görülmektedir. SPI-3 zaman ölçeğinde Şekil 3.8a ve Şekil 3.8b'de verilen klasik ve dinamik kuraklık şiddet haritaları incelendiğinde, havza genelinde klasik model şiddet değerleri -1.1 ile -1.2 arasında değişirken, dinamik model şiddet değerleri -1.0 ile -1.3 arasında değişmektedir. Klasik ve dinamik kuraklık şiddeti model değerlendirmeleri açısından en belirgin fark havzanın güney doğusunda bulunan Alanya istasyonunda ortaya çıkmıştır. Alanya istasyonunda klasik uygulamaya göre kuraklık şiddeti -1.4 olarak hesaplanırken, dinamik modelde kuraklık şiddeti -1.1'dir. Bir diğer fark, havzanın güney batısındaki Korkuteli istasyonundadır. Burada dinamik model sonuçlarının daha kritik olduğu, klasik modele göre kuraklık şiddeti -1.1 olarak hesap edilirken, dinamik model sonucu -1.2'dir.

SPI-6 zaman ölçeği için elde edilen klasik (Şekil 3.8c) ve dinamik (Şekil 3.8d) kuraklık şiddet haritaları incelendiğinde, her iki model sonucunun genelde birbirini desteklediği görülmektedir. Havza genelinde uzun yıllar ortalama kuraklık şiddeti; klasik modelde -1.0 ile -1.2 arasında iken, dinamik modelde -1.0 ile -1.2 arasındadır. Klasik model sonuçlarına göre havzanın güney doğusu, Alanya istasyonu ve çevresi, uzun yıllar ortalama kuraklık şiddeti açısından, -1.2 birim ile en hassas bölge olarak görünürken, dinamik modelde -1.2 ile Manavgat ve çevresidir. İbradi istasyonunda dinamik model sonucunda ortalama kuraklık şiddeti

-0.95 iken, klasik modelde -1.05'tir. Korkuteli istasyonunda ise klasik ve dinamik model sonucunda ortalama şiddet sırasıyla -1.09 ve -1.15'tir.

SPI-12 zaman ölçeğindeki Şekil 3.8e ve Şekil 3.8f'de verilen kuraklık şiddet haritaları incelendiğinde, klasik ve dinamik model sonuçları arasında havza genelinde çok fazla değişim yoktur. Genel olarak iki model arasında Burdur, Sütçüler ve Yalvaç istasyonları yakın çevresinde farklılıklar görülmektedir. SPI-12 zaman ölçeğine göre, kuraklık şiddeti açısından en hassas kuzeyde Yalvaç istasyonu ve çevresiyken, havzanın güney batısında bulunan Korkuteli ve çevresinde kuraklık şiddeti nispeten daha azdır.





Şekil 3.8 Antalya Havzası için ortalama kuraklık şiddeti haritaları
a) K-SPI 3, b) D-SPI 3, c) K-SPI 6, d) D-SPI 6, e) K-SPI 12, f) D-SPI 12.

Yukarıda verilen ortalama kuraklık şiddet haritalarına göre, kısa ve orta vadeli zaman ölçeklerinde (SPI-3 ve SPI-6) klasik ve dinamik model sonuçları arasında yer yer belirgin farklılıklar gözlemlenirken, uzun vadeli zaman ölçeğinde (SPI-12) her iki model sonucunun büyük ölçüde birbiriyle örtüştüğü görülmektedir. Zaman ölçeğindeki artışa paralel, kuraklık şiddeti mekânsal dağılımı daha dengeli hale gelmekte ve modeller arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı olmaktan çıkmaktadır. Dolayısıyla, kuraklık analizlerinde klasik ve dinamik uygulamalar için zaman ölçeğinin etkisi önemli olup, kuraklık yönetimi, erken uyarı sistemleri, tarım ve su kaynakları planlamasında, bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

3.4.2 Klasik ve Dinamik SPI Uygulamaları Zaman Serilerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, Antalya Havzası'nda bulunan Isparta ve Senirkent MGM istasyonları üzerinden elde edilen klasik (K-SPI) ve dinamik (D-SPI) SPI analiz sonuçlarının zamansal değişimleri karşılaştırılmıştır. Analizlerde 1969–2022 dönemi için SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 zaman ölçekleri dikkate alınmıştır.

Isparta istasyonu için oluşturulan SPI-3 zaman serisi grafiği incelendiğinde, D-SPI 3 değerlerinin K-SPI 3'e kıyasla dönemsel olarak daha düşük değerlere sahip olduğu ve bundan dolayı kuraklık olayları şiddetinin dinamik modelde genel olarak daha kritik sınıflarda tanımlandığı görülmektedir. Sunulan zaman serisi yakından incelendiğinde, örnek olarak 2016 yılı içerisinde, K-SPI3 değerleri -1.34 ile 0.52 değerleri arasında değişirken, D-SPI3 değerleri -2.85 ile +0.88 arasında

değişmektedir. Bu farklılık, seçilen dönem kuraklık olayının model tercihlerine bağlı olarak farklı sınıflarda tanımlanıp değerlendirilebildiğini göstermektedir (Şekil 3.9a).

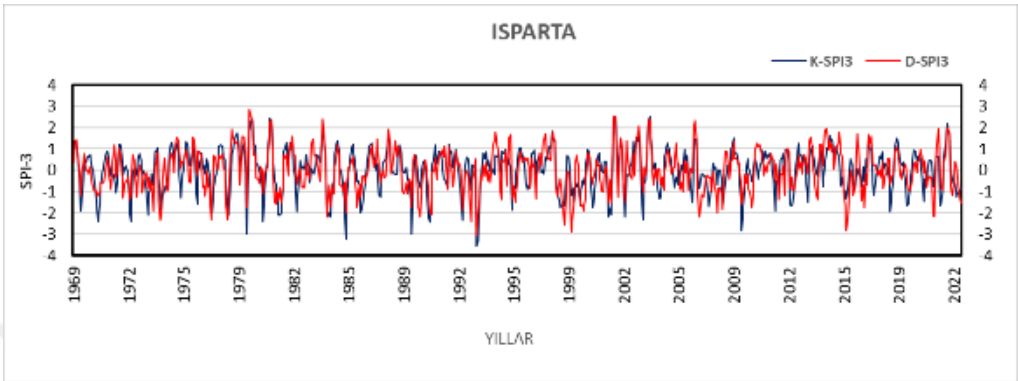
Şekil 3.9b'de Isparta İstasyonu için verilen SPI-6 zaman serileri incelendiğinde, her iki model sonuçları genel trend açısından yakın bir yapıda olmasına karşın, D-SPI 6 modelinin kuraklık olayları şiddetini daha yüksek değerlerle temsil ettiği dönemler tespit edilmektedir. Bu sonuçlar kısa (SPI 3) ve orta vadeli (SPI 6) izlemelerde dinamik uygulamanın zaman zaman kuraklık olaylarını daha hassas tanımladığının işaretidir. Şekil 3.9c'de görüldüğü üzere Isparta İstasyonu için SPI-12 zaman serilerinin her iki modelde oldukça yakın neredeyse benzer sonuçlara sahip olduğu görülmektedir.

Senirkent istasyonuna ait SPI-3 sonuçları Şekil 3.9d'de gösterilmiştir. Bazı yıllarda D-SPI 3 ile K-SPI 3 değerleri arasında belirgin farkların olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin; 1973 yılında D-SPI 3 değerleri -3.98 ile +0.15 aralığında değişkenlik gösterirken, aynı yıl K-SPI 3 sonuçları -2.32 ile +0.24 aralığındadır. Benzer şekilde, 2016 yılının Eylül ayında K-SPI 3 değeri -0.2 iken, D-SPI 3 değeri +1.72 hesaplanmış ve bu fark, kuraklık sınıfında önemli seviyede bir değişikliğe neden olmuştur.

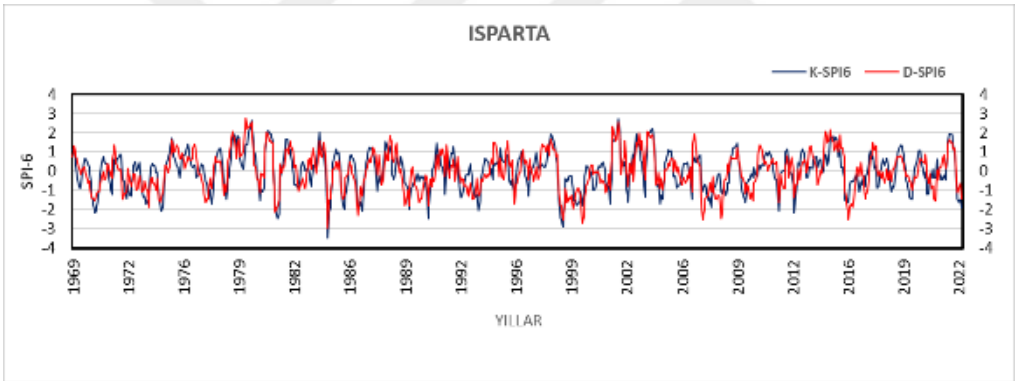
Şekil 3.9e'deki SPI-6 zaman ölçeği zaman serisine göre, D-SPI ve K-SPI model sonuçlarının büyük ölçüde uyumlu olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, bazı yıllarda iki model (uygulaması) arasında kuraklık sınıfını değiştirecek düzeyde farklılıklar söz konusudur. 2008 yılının Mayıs ayında K-SPI 6 değeri -0.51 hesaplanırken, D-SPI 6 değerinin -1.66 olduğu görülmektedir. Aynı yılın Eylül ayında ise K-SPI6 değeri -1.75 iken, D-SPI değeri -1.10 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.9f' de verilen SPI-12 zaman ölçeğine ait zaman serisi grafiği incelendiğinde, klasik ve dinamik SPI modelleri arasında belirgin bir farkın bulunmadığı, iki modelin benzer sonuçlara sahip olduğu görülmektedir.

Isparta ve Senirkent istasyonları özelinde yapılan kısa ve orta vadeli analizlerde, D-SPI yöntemiyle elde edilen sonuçlar, kuraklık şiddetinin ardışık aylar arasında zaman zaman ani değişkenlikler gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bir ay pozitif değerle nemli koşullar gözlenirken, takip eden ayda indeks değerinin ani şekilde

eksi yönde şiddetli kuraklık sınıfına geçiş yaptığı görülebilmektedir. Örneğin; Senirkent istasyonunda, D-SPI 3 değeri 1981 yılının Kasım ayında -2.14 iken, Aralık ayında ise +1.18 olarak hesaplanmıştır. Antalya Havzası ve yakın çevresinde seçilen istasyonlara ait kuraklık analiz sonuçları zaman serileri ayrıca ayrıntılı şekilde ekler bölümünde sunulmuştur.



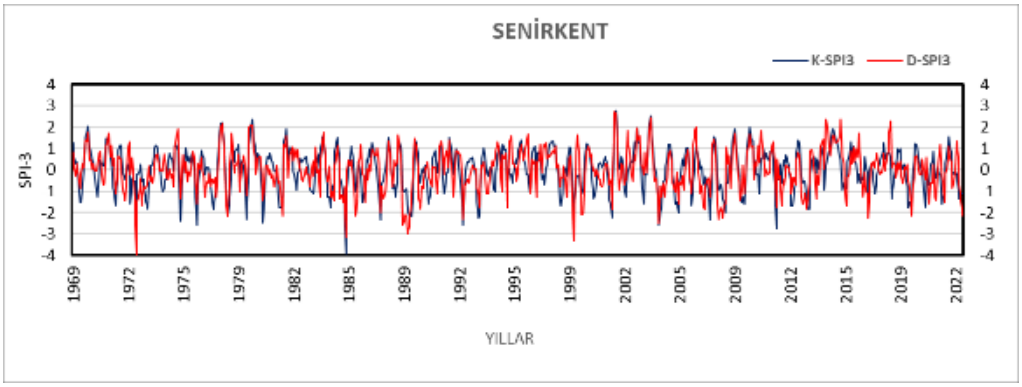
(a)



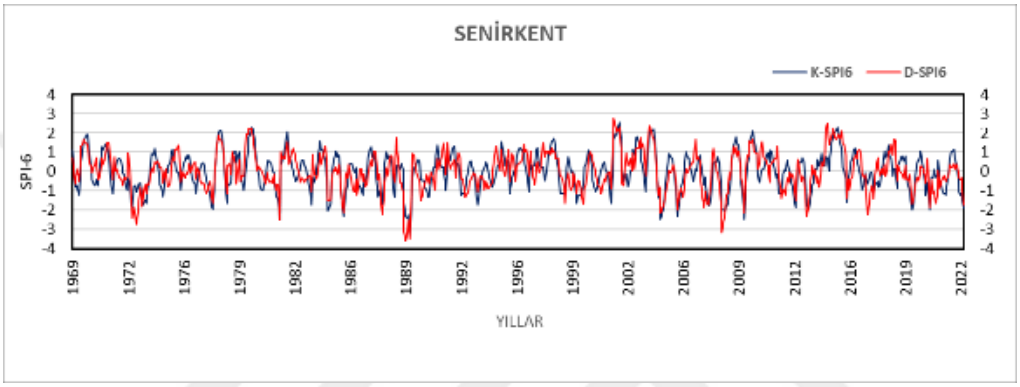
(b)



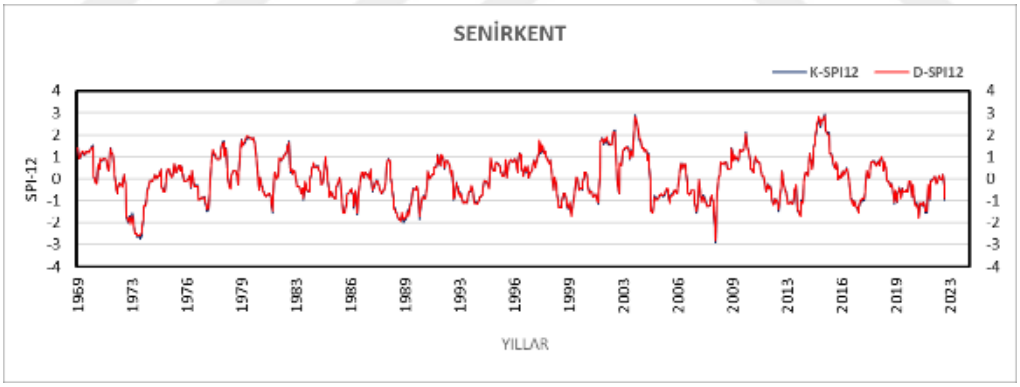
(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 3.9 Isparta ve Senirkent istasyonları K-SPI ve D-SPI kuraklık analizleri zaman serileri (1969–2022). (a) Isparta istasyonu SPI-3, (b) Isparta istasyonu SPI-6, (c) Isparta istasyonu SPI-12, (d) Senirkent istasyonu SPI-3, (e) Senirkent istasyonu SPI-6, (f) Senirkent istasyonu SPI-12.

3.5 İstatistiksel Metrikler ve IDCM Analizleri

Bu tez çalışmasında klasik (K-SPI) ve dinamik (D-SPI) Standartlaştırılmış Yağış İndeks model çıktıları, üç farklı zaman ölçeği (SPI-3, SPI-6 ve SPI-12) için, aşağıda verilen çeşitli istatistiksel ölçütler üzerinden karşılaştırılmıştır. Kullanılan metrikler arasında korelasyon katsayısı (CC), determinasyon katsayısı (R^2), ortalama kare hata (MSE), karekök ortalama kare hata (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE), ortalama sapma hatası (MBE) ve hataların harmonik ortalaması (HH) bulunmaktadır. Kuraklık olaylarını sınıf bazlı karşılaştırmak ve modeller arası uyumu değerlendirmek için ayrıca Yenilikçi Kuraklık Sınıflandırma Matrisi (IDCM) analizleri de gerçekleştirilmiştir.

Aşağıda tablo 3.3, 3.4 ve 3.5'te sonuçları verilen üç zaman ölçeğine ilişkin metrik değerler ayrıntılı şekilde incelendiğinde, klasik ve dinamik SPI modelleri arasında en belirgin farkların SPI-3 ve SPI-6 zaman ölçeklerinde ortaya çıktığı, SPI-12 içinse Burdur haricinde sonuçların büyük ölçüde benzer olduğu görülmektedir. SPI-3 için Tablo 3.3'te verilen MBE değerlerinin -0.0066 ile +0.0668 aralığında değişmesi, modeller arasındaki sistematik yönlü sapmaların önemsiz derecede olduğunu ortaya koymaktadır. Model sonuçları arasında yönden bağımsız ortaya çıkan ortalama farklar MAE ve RMSE metrikleri ile değerlendirilmiştir.

Tablo 3.3 Antalya Havzası ve yakın çevresinde bulunan istasyonlar için klasik ve dinamik SPI-3 kuraklık analiz sonuçlarının karşılaştırılması

SPI-3	CC	R^2	MSE	RMSE	HH	MAE	MBE	IDCM
Isparta	0.73	0.53	0.55	0.74	0.87	0.63	-0.0066	%61.61
Manavgat	0.46	0.21	1.06	1.03	1.52	0.87	-0.0051	%50.31
Eğirdir	0.60	0.36	0.81	0.90	1.16	0.76	0.0019	%52.79
Senirkent	0.70	0.49	0.61	0.78	0.93	0.66	-0.0021	%58.82

Tablo 3.3 Antalya Havzası ve yakın çevresinde bulunan istasyonlar için klasik ve dinamik SPI-3 kuraklık analiz sonuçlarının karşılaştırılması (devamı)

SPI-3	CC	R^2	MSE	RMSE	HH	MAE	MBE	IDCM
A. Havalimanı	0.55	0.30	0.91	0.95	1.28	0.81	-0.0006	%52.32
Korkuteli	0.77	0.59	0.46	0.68	0.77	0.58	-0.0011	%63.78
Yalvaç	0.76	0.57	0.49	0.7	0.8	0.6	-0.0032	%60.53
Uluborlu	0.74	0.55	0.52	0.72	0.84	0.62	-0.0028	%61.76
Beyşehir	0.67	0.45	0.65	0.81	0.98	0.69	-0.0049	%58.36
Seydişehir	0.58	0.34	0.84	0.91	1.19	0.77	-0.0003	%53.56
Hadim	0.59	0.35	0.83	0.91	1.18	0.77	-0.0048	%56.35
Tefenni	0.74	0.55	0.52	0.72	0.84	0.62	-0.0026	%61.76
Alanya	0.42	0.18	1.30	1.14	1.67	0.94	0.0668	%50.46
Burdur	0.39	0.16	1.20	1.09	1.75	0.85	0.008	%50.00
İbradi	0.45	0.20	1.11	1.05	1.56	0.89	0.0036	%50.47
Sütçüler	0.62	0.38	0.76	0.87	1.11	0.73	-0.0018	%54.21

MAE değerleri incelendiğinde, SPI-3 ve SPI-6 zaman ölçeklerinde klasik ve dinamik modeller arasında dikkate değer farklar vardır. SPI-3 için MAE değerleri 0.58 ile 0.94, SPI-6 için ise 0.50 ile 0.87 aralığında değişmektedir. SPI-12 zaman ölçeğinde ise MAE farkları, Burdur dışında, 0.04'ün altındadır. Elde edilen bu sonuçlar, modellerin kısa ve orta zaman ölçeklerinde önemli ölçüde farklılaştığını, uzun zaman ölçeğinde ise büyük oranda uyumlu olduklarını gösterir.

Tablolar incelendiğinde RMSE, MSE sonuçlarının MAE ile hemen hemen benzer bir eğilim gösterdiği anlaşılmaktadır. SPI-3 zaman ölçeğinde birçok istasyonda RMSE ≥ 0.70 ve MAE ≥ 0.60 değerleri görülmekte olup, bu da klasik ve dinamik uygulama sonuçları arasında önemli sapmalar olduğunu işaret etmektedir. SPI-6'da RMSE 0.58–1.08 arasında değerler alırken MAE metriği 0.50–0.87 aralığında değişmektedir. SPI-3 için hesaplanan metrikler ile karşılaştırıldığında, SPI-6'nın metrik sonuçlarının, klasik ve dinamik model sonuçları arasındaki farkların, bir miktar azaldığı görülmektedir. Ancak Tablo 3.4'e göre Manavgat, Seydişehir, Alanya, Burdur ve İbradi istasyonlarında bu farklar görece yüksek kalmaya devam etmektedir.

Tablo 3.4 Antalya Havzası ve yakın çevresinde bulunan istasyonlar için klasik ve dinamik SPI-6 kuraklık analiz sonuçlarının karşılaştırılması

SPI-6	CC	R^2	MSE	RMSE	HH	MAE	MBE	IDCM
Isparta	0.77	0.6	0.45	0.67	0.77	0.59	-0.0006	%59.56
Manavgat	0.53	0.28	0.95	0.97	1.34	0.82	-0.0032	%51.17
Eğirdir	0.66	0.43	0.69	0.83	1.03	0.71	0.001	%55.21
Senirkent	0.73	0.54	0.53	0.73	0.85	0.63	0.0002	%61.43
A. Havalimanı	0.62	0.38	0.77	0.88	1.11	0.74	-0.0027	%53.50

Tablo 3.4 Antalya Havzası ve yakın çevresinde bulunan istasyonlar için klasik ve dinamik SPI-6 kuraklık analiz sonuçlarının karşılaştırılması (devamı)

SPI-6	CC	R^2	MSE	RMSE	HH	MAE	MBE	IDCM
Korkuteli	0.83	0.69	0.33	0.58	0.63	0.5	0.0005	%62.99
Yalvaç	0.81	0.65	0.39	0.62	0.69	0.55	0.0007	%60.96
Uluborlu	0.78	0.61	0.44	0.67	0.75	0.58	0	%60.19
Beyşehir	0.73	0.53	0.55	0.74	0.87	0.65	-0.0003	%56.45
Seydişehir	0.6	0.35	0.81	0.9	1.17	0.77	0.0001	%51.94
Hadim	0.62	0.39	0.76	0.87	1.1	0.75	0.0005	%56.14
Tefenni	0.78	0.61	0.44	0.66	0.75	0.57	0.0007	%63.76
Alanya	0.59	0.34	0.83	0.91	1.19	0.78	-0.0043	%52.26
Burdur	0.41	0.17	1.17	1.08	1.68	0.84	0.0023	%51.32
İbradi	0.48	0.23	1.04	1.02	1.47	0.87	0.0003	%44.08
Sütçüler	0.64	0.41	0.71	0.84	1.05	0.74	0.0001	%59.24

Korelasyon katsayısı (CC) ve belirleme katsayısı (R^2) değerleri SPI-3 ve SPI-6 zaman ölçeklerinde bazı istasyonlarda oldukça düşük kalmıştır. Buna karşın Korkuteli, Yalvaç, Tefenni, Uluborlu ve Isparta istasyonlarında bu metriklerin görece yüksek değerler aldığı görülmektedir. SPI-12 için ise Burdur dışında tüm istasyonlarda R^2 ve CC değerleri 0.99 ve üzerinde olup, bu klasik ve dinamik model sonuçlarının ilgili zaman ölçeğindeki benzerliklerinin bir ölçüsüdür.

Tablo 3.5 Antalya Havzası ve yakın çevresinde bulunan istasyonlar için klasik ve dinamik SPI-12 kuraklık analiz sonuçlarının karşılaştırılması

SPI-12	CC	R^2	MSE	RMSE	HH	MAE	MBE	IDCM
Isparta	0.99	0.99	0.001	0.04	0.04	0.03	-0.0002	%96.39
Manavgat	0.99	0.99	0.002	0.04	0.04	0.03	-0.0002	%96.70
Eğirdir	1.00	0.99	0.001	0.03	0.03	0.02	0.0001	%96.70
Senirkent	0.99	0.99	0.002	0.04	0.04	0.03	0.0001	%95.13
A. Havalimanı	0.99	0.99	0.002	0.05	0.05	0.03	0	%95.29
Korkuteli	1.00	0.99	0.001	0.03	0.03	0.02	-0.0001	%98.43
Yalvaç	0.99	0.99	0.004	0.06	0.06	0.03	0	%96.23
Uluborlu	1.00	0.99	0.001	0.03	0.03	0.02	-0.0002	%97.02
Beyşehir	0.99	0.99	0.002	0.04	0.04	0.03	-0.0002	%96.55
Seydişehir	0.99	0.99	0.003	0.06	0.06	0.04	-0.0001	%94.82
Hadim	1.00	0.99	0.001	0.03	0.03	0.02	-0.0001	%98.12
Tefenni	0.99	0.99	0.001	0.03	0.03	0.02	0.0001	%96.86
Alanya	1.00	0.99	0.001	0.02	0.02	0.01	0	%98.59
Burdur	0.42	0.18	1.157	1.08	1.66	0.82	0.0011	%50.39

Tablo 3.5 Antalya Havzası ve yakın çevresinde bulunan istasyonlar için klasik ve dinamik SPI-12 kuraklık analiz sonuçlarının karşılaştırılması (devamı)

SPI-12	CC	R^2	MSE	RMSE	HH	MAE	MBE	IDCM
İbradi	1.00	0.99	0.002	0.05	0.05	0.03	-0.0004	%96.59
Sütçüler	0.99	0.99	0.003	0.06	0.06	0.04	-0.0001	%95.12

Klasik ve dinamik SPI hesaplama sonuçlarının referans alındığı, kuraklık sınıflarındaki örtüşmeleri ve farklılıkları değerlendirmek amacıyla kullanılan, IDCM yöntemine göre, modeller arasında zaman ölçeği ve istasyon konumuna göre farklılıklar bulunmaktadır. Aşağıda örnek olarak sunulan Korkuteli IDCM tablosuna göre, SPI-3 zaman ölçeğinde klasik ve dinamik kuraklık uygulama sonuçları arasında, yaklaşık %64 seviyesinde bir benzerlik görülürken, Burdur için bu oran %50'ye gerilemiştir. SPI-6 zaman ölçeğinde IDCM' e göre toplam oran Tefenni için yaklaşık %64, İbradı için ise yaklaşık %44 olarak hesaplanmıştır. SPI-12 analiz sonuçlarına gelince, Alanya' da yaklaşık %99 gibi oldukça yüksek bir oran ile, klasik ve dinamik model uygulama sonuçlarının kuraklık sınıfının belirlenmesi açısından benzerlik gösterdiği, buna karşın Burdur istasyonunda 12 aylık zaman ölçeği açısından son derece düşük yaklaşık %50 gibi bir oranda sınıf çakışması tespit edilmiştir (Şekil 3.10a–f).

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,62	%1,55	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%2,17
	SW	%0,31	%1,24	%1,39	%0,15	%0,00	%0,00	%0,00	%3,10
	MW	%0,31	%0,46	%3,10	%6,04	%0,00	%0,00	%0,00	%9,91
	N	%0,15	%1,86	%4,33	%56,66	%4,80	%1,70	%0,00	%69,50
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%4,64	%1,08	%1,39	%0,93	%8,05
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%1,55	%1,39	%0,46	%1,08	%4,49
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,77	%1,39	%0,62	%2,79
	Toplam	%1,39	%5,11	%8,82	%69,04	%8,05	%4,95	%2,63	%63,78

(a) Korkuteli_SPI-3

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,31	%0,15	%0,31	%1,39	%0,15	%0,00	%0,00	%2,32
	SW	%0,15	%0,31	%1,24	%2,48	%0,00	%0,15	%0,00	%4,33
	MW	%0,31	%1,08	%1,39	%6,19	%0,00	%0,15	%0,00	%9,13
	N	%0,46	%2,94	%8,20	%45,82	%6,50	%3,25	%1,08	%68,27
	MD	%0,00	%0,15	%0,15	%5,88	%1,70	%1,08	%0,77	%9,75
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%2,48	%0,77	%0,31	%0,00	%3,56
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%1,86	%0,46	%0,15	%0,15	%2,63
	Toplam	%1,24	%4,64	%11,30	%66,10	%9,60	%5,11	%2,01	%50,00

(b) Burdur_SPI-3

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,78	%0,47	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,71
	SW	%0,16	%1,40	%3,58	%0,62	%0,00	%0,00	%0,00	%5,75
	MW	%0,31	%0,31	%2,02	%7,31	%0,00	%0,00	%0,00	%9,95
	N	%0,31	%2,02	%4,20	%54,90	%3,73	%1,71	%0,47	%67,34
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%5,75	%2,02	%0,62	%0,47	%8,86
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%2,02	%1,56	%0,62	%4,67
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,62	%1,09	%1,71
	Toplam	%1,56	%4,20	%10,26	%69,05	%7,78	%4,51	%2,64	%63,76

(c) Tefenni_SPI-6

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00
	SW	%0,47	%1,90	%2,84	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%5,21
	MW	%0,00	%0,00	%2,37	%14,22	%0,00	%0,00	%0,00	%16,59
	N	%0,00	%2,37	%7,58	%37,44	%8,53	%1,90	%1,42	%59,24
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%11,37	%0,95	%0,47	%0,47	%13,27
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%1,42	%0,95	%0,95	%0,47	%3,79
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%0,95	%0,47	%1,90
	Toplam	%0,47	%4,27	%12,80	%64,45	%10,90	%4,27	%2,84	%44,08

(d) Ibradi_SPI-6

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,78	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,94
	SW	%0,00	%4,40	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%4,40
	MW	%0,00	%0,31	%8,01	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%8,32
	N	%0,00	%0,00	%0,00	%68,45	%0,31	%0,00	%0,00	%68,76
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%9,11	%0,16	%0,00	%9,42
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%5,34	%0,00	%5,34
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%2,51	%2,83
	Toplam	%0,78	%4,87	%8,01	%68,60	%9,42	%5,81	%2,51	%98,59

(e) Alanya_SPI-12

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,47	%0,16	%0,47	%2,20	%0,31	%0,00	%0,00	%3,61
	SW	%0,31	%0,47	%0,78	%2,51	%1,10	%0,00	%0,00	%5,18
	MW	%0,00	%0,78	%0,94	%5,18	%0,16	%0,00	%0,00	%7,06
	N	%0,16	%5,34	%8,16	%45,68	%4,40	%2,83	%1,10	%67,66
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,12	%2,67	%2,04	%0,47	%11,30
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%1,88	%2,35	%0,00	%0,31	%4,55
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%0,16	%0,00	%0,16	%0,63
	Toplam	%0,94	%6,75	%10,36	%63,89	%11,15	%4,87	%2,04	%50,39

(f) Burdur_SPI-12

Şekil 3.10 IDCM analiz sonuçları (a) Korkuteli_SPI-3, (b) Burdur_SPI-3, (c) Tefenni_SPI-6, (d) İbradı_SPI-6, (e) Alanya_SPI-12 ve (f) Burdur_SPI-12.

Sonuç olarak, kısa ve orta vadeli SPI analizlerinde klasik ve dinamik modeller arasında anlamlı farklar bulunduğu, bu farkların istasyonlara göre değişkenlik gösterdiği ve özellikle kritik kuraklık koşullarının izlenmesinde modellerin birlikte değerlendirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir. Bu istatistiksel metrik farkları yalnızca sayısal bir ayrım değil, aynı zamanda kuraklık yönetimi açısından stratejik bir durumdur. Özellikle SPI-3 ve SPI-6 zaman ölçeklerinde yüksek RMSE ve MAE değerleri, analiz dönemi için, kuraklık model sonuçlarının farklı kurak sınıfları sıklıkla işaret ettiğini gösterir. Bu sonuçlar, erken uyarı sistemlerinin tasarımı, sulama planlamaları, tarımsal risk yönetimi ve karar destek sistemleri açısından önemli ve tartışmalıdır.

Metrikler üzerinden yapılan değerlendirmelere göre, zaman ölçeği arttıkça klasik ve dinamik modeller arasındaki uyum artış göstermiş; bu da uzun vadeli 12 ay ve üzeri kuraklık değerlendirmelerinde klasik ve dinamik SPI modelleri arasında bir farkın olmadığını ortaya koymuştur. Buna karşın kısa ve orta vadeli değerlendirmeler için, model sonuçları arasındaki farklar, kuraklık olaylarının tanımlanmasında alternatif uygulamaları ve hangi modelin (uygulamanın) kullanımının daha uygun olacağı sorusunu akla getirmektedir.

Dolayısıyla, kuraklık analizlerinde tek bir modele bağlı kalmak yerine, farklı zaman ölçekleri ve mekânsal özelliklere de bağlı olarak, bu araştırmada uygulanan her iki modelin birlikte değerlendirilmesi, daha esnek, çok katmanlı ve belirsizlikleri minimize eden bir yaklaşım sağlamaktadır. Bu strateji, bilimsel karar destek

sistemlerinin etkinliğinin arttırılması ve saha uygulamaları açısından daha güvenilir çıktıların elde edilmesine katkı sunmaktadır.

3.6 Kuraklık Trend (Eğilim) Analizleri

Eğilim analizleri öncesi kısaca, bu tez çalışmasında kullanılan yağış verine ve istatistiklerine değinilecektir. 1969–2022 yılları arasındaki aylık yağış verileri incelendiğinde, en düşük ortalama yağışın 30.8 mm ile Korkuteli'nde, en yüksek ortalama yağış değerleri ise 88.4 mm, 86.5 mm ve 86.4 mm ile sırasıyla Manavgat, A.Havalimanı ve Alanya istasyonlarında kaydedilmiştir. Söz konusu bu üç istasyon için hesaplanan standart sapma değerleri 114–125 mm aralığında olup, yağış rejimlerinde önemli düzensizliklerin olduğunu göstermektedir. Aylık ortalama değerlerin medyanın üzerinde olması, bazı aylarda gerçekleşen yüksek yağışların ortalamayı yukarı çektiğini işaret eder. Buna karşın, havzanın kuzeyindeki istasyonlarda ortalama ve medyan değerlerinin birbirine daha yakın oldukları görülmektedir (Tablo 3.6).

3.6.1 Mann Kendall (MK) ve Sen' Slope (SS) Analizleri

Literatürde eğilim analizleri konusunda parametrik olmayan klasik yöntemlerin öne çıktığı, özellikle de Mann-Kendall (MK) ve Sen's Slope (SS) testlerinin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu bağlamda, Antalya Havzası için yağış, sıcaklık verilerine ve üç farklı zaman ölçeği için SPI analiz sonuçlarına dayalı kuraklık indeks değerleri üzerinden (SPI-3, SPI-6, SPI-12) trend analizleri gerçekleştirilmiş ve söz konusu zaman serilerindeki bütüncül (monotonik) eğilimlerin varlığı MK testi ile, eğilim büyüklükleri ise SS yöntemi ile belirlenmiştir.

Tablo 3.6 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların aylık yağış veri istatistikleri ile MK ve SS trend analiz sonuçları.

İstasyon Adı	Ortalama (mm)	Medyan (mm)	STD	MK-Z Değeri	%90 Güven Seviyesindeki Trend	%95 Güven Seviyesindeki Trend	Sen's Slope	Trend* (mm)	Aylık Değişim
Manavgat	88.4	38.3	114.0	-1.05	Yok	Yok	-0.001	-0.68	%-0.8
Eğirdir	65.9	45.9	69.7	0.94	Yok	Yok	0.007	4.42	%6.7
Isparta	42.8	34.3	38.8	-0.03	Yok	Yok	0.000	-0.05	%-0.1
Senirkent	54.8	44.2	48.2	-0.64	Yok	Yok	-0.004	-2.86	%-5.2
A.Havalimani	86.5	38.6	124.7	-0.69	Yok	Yok	0.000	-0.24	%-0.3
Korkuteli	30.8	24.0	31.4	-0.79	Yok	Yok	-0.003	-1.79	%-5.8
Yalvaç	41.2	32.6	34.4	-1.23	Yok	Yok	-0.007	-4.51	%-10.9
Uluborlu	48.9	40.5	41.0	-0.94	Yok	Yok	-0.006	-3.93	%-8.0
Beyşehir	40.4	31.4	36.7	0.22	Yok	Yok	0.001	0.70	%1.7
Seydişehir	62.5	44.6	63.6	0.28	Yok	Yok	0.001	0.96	%1.5
Hadim	52.3	40.2	51.4	-1.62	Yok	Yok	-0.010	-6.51	%-12.5
Tefenni	38.2	30.9	33.7	-0.02	Yok	Yok	0.000	-0.05	%-0.1
Alanya	86.4	48.8	105.3	-1.03	Yok	Yok	-0.001	-0.94	%-1.1
Burdur	34.3	28.1	29.9	-0.48	Yok	Yok	-0.002	-1.38	%-4.0

(*)1969-2022 yılları için hesaplanan trend büyüklükleridir.

Yağış serilerine ilişkin MK testi sonuçları, çalışılan istasyonlarda istatistiksel olarak anlamlı bir trend ortaya koymamaktadır. Eğirdir istasyonu (%12.5 artış) dışında tüm istasyonlarda Z değerleri negatif olup, hesaplanan Z istatistik değerleri %90 güven

düzeyinin altında kaldığı için bu istasyonlar için anlamlı bir eğilimden söz edilemez. SS analizleri ise özellikle Yalvaç (%10.9 azalma), Uluborlu (%8.0 azalma) ve Senirkent (%5.2 azalma) gibi kuzeydeki bazı örnek istasyonlarda ve havza dışında Hadim (%12.5 azalma) de 1969-2022 döneminde azalan yönlü eğilimlerin görece daha belirgin olduğunu göstermektedir.

Sıcaklık analizlerine gelindiğinde, sahil kesimindeki Manavgat, Alanya ve A.Havalimanı istasyonlarında aylık ortalama sıcaklıklar sırasıyla 19.1°C; 19.8°C ve 18,7°C olup, bu istasyonlarda %95 güven düzeyinde anlamlı artış trendleri tespit edilmiştir. Sen's Slope analizine göre de ellidört yıllık sıcaklık artışları sırasıyla 2.27°C; 3.95°C ve 1.63°C olarak hesaplanmıştır. Korkuteli, Isparta, Yalvaç ve Uluborlu gibi kuzey kesimlerde de ortalama sıcaklıklarda artış eğilimleri görülmüş olup, analiz sonuçlarına göre özellikle Isparta ve Yalvaç'ta 54 yılın sonunda ortalama sıcaklıklarda yaklaşık 2°C'ye varan artışlar yaşanmıştır (Tablo 3.7).

Tablo 3.7 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların sıcaklık veri istatistikleri ile MK ve SS trend analiz sonuçları

İstasyon Adı	Ortalama (°C)	Medyan (°C)	STD	MK-Z Değeri	%90 Anlamlılıkta Trend	%95 Anlamlılıkta Trend	Sen's Slope	Gerçek Trend* (°C)	Aylık Değişim
Manavgat	19.1	18.6	6.4	2.90	Var (+)	Var (+)	0.004	2.27	%11.93
Eğirdir	12.7	12.4	7.7	0.04	Yok	Yok	0.000	-0.05	%-0.42
Isparta	12.2	11.9	7.8	2.27	Var (+)	Var (+)	0.004	2.28	%18.64
Senirkent	12.7	12.6	8.2	1.10	Yok	Yok	0.002	1.15	%9.11
A.Havalimani	18.7	18.0	6.8	1.98	Var (+)	Var (+)	0.003	1.63	%8.73
Korkuteli	12.8	12.3	7.6	1.87	Var (+)	Yok	0.003	1.79	%14.06
Yalvaç	11.5	11.4	8.1	1.74	Var (+)	Yok	0.003	1.76	%15.26

***** 1969-2022 yılları için hesaplanan trend büyüklükleridir.

Tablo 3.7 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların sıcaklık veri istatistikleri ile MK ve SS trend analiz sonuçları (devamı)

İstasyon Adı	Ortalama (°C)	Medyan (°C)	STD	MK-Z Değeri	%90 Anlamlılıkta Trend	%95 Anlamlılıkta Trend	Sen's Slope	Gerçek Trend* (°C)	Aylık Değişim
Uluborlu	12.0	12.0	7.7	1.65	Var (+)	Yok	0.003	1.69	%14.11
Beyşehir	10.9	11.2	8.0	0.95	Yok	Yok	0.002	1.00	%9.13
Seydişehir	11.8	12.0	8.4	1.63	Yok	Yok	0.003	1.80	%15.18
Hadim	10.0	9.8	7.9	1.88	Var (+)	Yok	0.003	1.98	%19.80
Tefenni	11.9	11.6	7.9	1.47	Yok	Yok	0.002	1.45	%12.25
Alanya	19.8	19.4	6.0	5.15	Var (+)	Var (+)	0.006	3.95	%19.96
Burdur	13.3	13.0	8.0	1.81	Var (+)	Yok	0.003	1.81	%13.65

***** 1969-2022 yılları için hesaplanan trend büyüklükleridir.

Kuraklık analizlerine ilişkin SPI indeksleri kullanılarak yapılan MK test sonuçları ve %90-95 güven seviyesine göre eğilim yorumları, 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçekleri için aşağıda tablolarda sunulmakta olup, analiz sonuçları zaman ölçekleri ve istasyon konumlarına göre farklılık göstermektedir. SPI-3 için yalnızca Manavgat ve Hadim istasyonlarında %95 güven düzeyinde anlamlı azalan trend saptanırken, bunlara A.Havalimanı, Burdur ve Beyşehir istasyonları %90 güven düzeyinde azalma yönünde eşlik etmektedir. SS metodolojisi hesaplamalarına göre 1969-2022 yılları için trend büyüklüğü standart indeks değerlerine göre Manavgat'ta -0.29; A.Havalimanı'nda -0.24 ve Hadim'de -0.27 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.8).

Tablo 3.8 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların SPI-3 kuraklık indeksleri için MK ve Sen's Slope trend analiz sonuçları.

İstasyon Adı	MK-Z Değeri	%90 Güven Seviyesinde Trend	%95 Güven Seviyesinde Trend	Sen's Slope	Trend* (STD)
Manavgat	-2.01	Var (-)	Var (-)	-0.0004	-0.29
Eğirdir	0.85	Yok	Yok	0.0002	0.12
Isparta	-0.18	Yok	Yok	0.0000	-0.02
Senirkent	-0.10	Yok	Yok	0.0000	-0.01
A.Havalimani	-1.64	Var (-)	Yok	-0.0004	-0.24
Korkuteli	-1.23	Yok	Yok	-0.0003	-0.17
Yalvaç	-0.89	Yok	Yok	-0.0002	-0.12
Uluborlu	-1.60	Yok	Yok	-0.0003	-0.23
Beyşehir	-1.65	Var (-)	Yok	-0.0003	-0.23
Seydişehir	0.12	Yok	Yok	0.0000	0.01
Hadim	-1.96	Var (-)	Var (-)	-0.0004	-0.27
Tefenni	-0.07	Yok	Yok	0.0000	-0.01
Alanya	-1.29	Yok	Yok	-0.0003	-0.19
Burdur	-1.91	Var (-)	Yok	-0.0004	-0.27

Not: * 1969-2022 yılları için hesaplanan trend büyüklükleridir.

SPI-6 için aşağıda Tablo 3.9'da verilen eğilim analiz sonuçları incelenip değerlendirildiğinde, yukarıda verilen SPI-3 sonuçlarına göre, azalan eğilimlerin sayısı artmıştır. İncelenen 14 istasyonun 8 tanesinde %90 güven seviyesinde anlamlı negatif trendler bulunmuş olup; Manavgat (-0.45), Alanya (-0.55), A.Havalimanı (-0.41), Korkuteli (-0.29) ve Uluborlu (-0.32), trend eğilimleri açısından havza içerisinde ilk bakışta öne çıkan istasyonlardır. Bu bulgular, orta vadeli kuraklık olaylarının şiddetinde belirgin artışların olduğunu ortaya koymuştur (Tablo 3.9).

Tablo 3.9 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların SPI-6 kuraklık indeksleri için MK ve Sen's Slope trend analiz sonuçları

İstasyon Adı	MK-Z Değeri	%90 Güven Seviyesinde Trend	%95 Güven Seviyesinde Trend	Sen's Slope	Trend* (STD)
Manavgat	-3.04	Var (-)	Var (-)	-0.0007	-0.45
Eğirdir	1.23	Yok	Yok	0.0003	0.18
Isparta	-0.11	Yok	Yok	0.0000	-0.01
Senirkent	-0.11	Yok	Yok	0.0000	-0.01
A.Havalimani	-2.74	Var (-)	Var (-)	-0.0006	-0.41
Korkuteli	-2.00	Var (-)	Var (-)	-0.0004	-0.29
Yalvaç	-0.89	Yok	Yok	-0.0002	-0.12
Uluborlu	-2.16	Var (-)	Var (-)	-0.0005	-0.32
Beyşehir	-1.79	Var (-)	Yok	-0.0004	-0.26

Not: * 1969-2022 yılları için hesaplanan trend büyüklükleridir.

Tablo 3.9 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların SPI-6 kuraklık indeksleri için MK ve Sen's Slope trend analiz sonuçları (devamı)

İstasyon Adı	MK-Z Değeri	%90 Güven Seviyesinde Trend	%95 Güven Seviyesinde Trend	Sen's Slope	Trend* (STD)
Seydişehir	0.08	Yok	Yok	0.0000	-0.01
Hadim	-2.89	Var (-)	Var (-)	-0.0007	-0.42
Tefenni	-0.01	Yok	Yok	0.0000	-0.01
Alanya	-3.80	Var (-)	Var (-)	-0.0008	-0.55
Burdur	-2.49	Var (-)	Var (-)	-0.0005	-0.36

Not: * 1969-2022 yılları için hesaplanan trend büyüklükleridir.

SPI-12 için aşağıda tablo 3.10'da verilen klasik eğilim analiz sonuçlarına göre, bu zaman ölçeğinde MK-Z test istatistiği değerlerinin kayda değer şekilde arttığı ve eğilimlerin daha da belirginleştiği görülmektedir. 14 istasyondan 8'inde %95 güven düzeyinde anlamlı azalma trendleri tespit edilmiştir. Antalya Havzası'nda bulunan Manavgat (-1.26), Alanya (-1.33), A.Havalimanı (-0.80), Korkuteli (-0.50) ve Uluborlu (-0.63) istasyonları analiz sonuçlarına göre en önemli eğilimlerin ortaya çıktığı ilk beş istasyondur. Eğirdir istasyonu ise, SPI-12 trend analiz sonuçlarına göre, %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı artış eğilimi gösteren havza içerisindeki tek istasyondur (Tablo 3.10).

Tablo 3.10 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların SPI-12 kuraklık indeksleri için MK ve Sen's Slope trend analiz sonuçları

İstasyon Adı	MK-Z Değeri	%90 Güven Seviyesinde Trend	%95 Güven Seviyesinde Trend	Sen's Slope	Trend* (STD)
Manavgat	-8.85	Var (-)	Var (-)	-0.0019	-1.26
Eğirdir	3.83	Var (+)	Var (+)	0.0008	0.55
Isparta	0.60	Yok	Yok	0.0001	0.09
Senirkent	-1.38	Yok	Yok	-0.0003	-0.20
A.Havalimani	-5.43	Var (-)	Var (-)	-0.0012	-0.80
Korkuteli	-3.68	Var (-)	Var (-)	-0.0008	-0.50
Yalvaç	-0.94	Yok	Yok	-0.0002	-0.13
Uluborlu	-4.34	Var (-)	Var (-)	-0.0010	-0.63
Beyşehir	-3.07	Var (-)	Var (-)	-0.0007	-0.45
Seydişehir	-0.40	Yok	Yok	-0.0001	-0.06
Hadim	-7.88	Var (-)	Var (-)	-0.0018	-1.19
Tefenni	-0.13	Yok	Yok	0.0000	-0.02

Not: * 1969-2022 yılları için hesaplanan trend büyüklükleridir.

Tablo 3.10 Antalya Havzası ve yakın çevresindeki istasyonların SPI-12 kuraklık indeksleri için MK ve Sen's Slope trend analiz sonuçları (devamı)

İstasyon Adı	MK-Z Değeri	%90 Güven Seviyesinde Trend	%95 Güven Seviyesinde Trend	Sen's Slope	Trend* (STD)
Alanya	-9.64	Var (-)	Var (-)	-0.0021	-1.33
Burdur	-3.75	Var (-)	Var (-)	-0.0008	-0.53

Not: * 1969-2022 yılları için hesaplanan trend büyüklükleridir.

Klasik eğilim analiz sonuçlarına göre genel olarak, Antalya Havzası'nda sıcaklıkların uzun vadede anlamlı şekilde arttığı, yağışlarda belirgin bir eğilim görülmemekle birlikte SPI analizleri üzerinden özellikle uzun zaman ölçeklerinde kuraklık şiddetine bağlı yer yer artış eğilimleri görülmektedir. Bu sonuçlar bölgesel iklim dinamiklerinin, topografik farklılıkların ve deniz etkisinin havzanın güney ve kuzey alt bölgeleri arasında etkili olduğunu gösterir. Elde edilen bulgular, iklim değişikliği etkilerinin hem sıcaklık hem de kuraklık özelinde havza genelinde farklı uzamsal desenlerde geliştiğini ortaya koymaktadır.

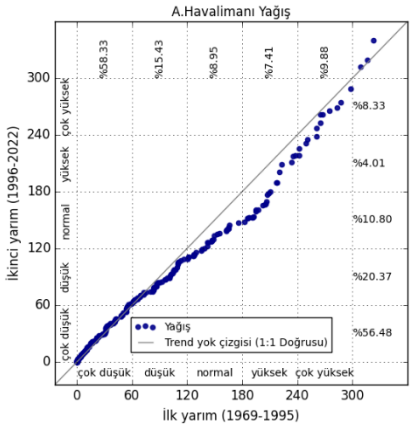
3.6.2 ITA ve F-ITA Analizleri

Antalya havzası ve yakın çevresinde 1969-2022 yılları arasında görülen aylık toplam yağışların eğilimleri ve frekanslarındaki değişimler bu bölümün araştırma konusunu oluşturmaktadır. Yağış verilerinin sıklıkları ve eğilimleri çok düşük, düşük, normal, yüksek ve çok yüksek olmak üzere beş alt sınıfta incelenerek değerlendirilmiştir. Klasik eğilim analizlerinden farklı olarak burada sınıflandırılan her bir yağış aralığındaki trendler ve frekansları ayrıntılı şekilde F-ITA grafikleri yardımıyla izlenip değerlendirilecektir.

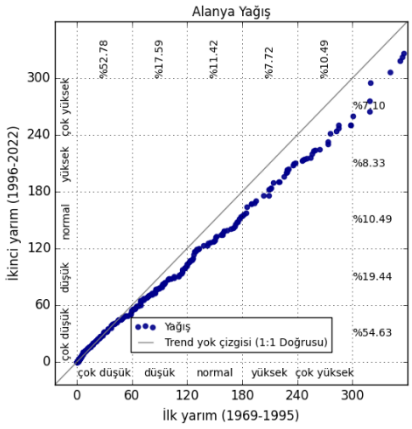
Analizlere göre havzanın güney istasyonlarında görülen eğilimler ve frekans değişimleri ilk bakışta dikkat çekmektedir. Havzanın güneyinin kıyı kesiminde yer

alan Manavgat, A.Havalimanı ve Alanya istasyonlarının F-ITA grafikleri incelendiğinde, bütüncül azalan ve bütüncül olmayan artan eğilimler görülmektedir. Bu istasyonlarda ölçülen yağış miktarları diğer istasyonlara kıyasla önemli oranda yüksektir. Nitekim bu araştırma için belirlenen sınıflandırmalar referans alınarak sunulan grafikler incelendiğinde, yüksek ve çok yüksek sınıflarda kayda değer yağışların ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. Verilen grafikler içerisinde ilk olarak Şekil 3.11a ve b'de sunulan A.Havalimanı ve Alanya istasyonlarına ait F-ITA grafikleri değerlendirildiğinde, genel olarak bütüncül azalan eğilimin hâkim olduğu görülmektedir. Bu iki grafik ayrıntılı şekilde incelenirse, 0-60 mm arasında yer alan çok düşük sınıftaki yağışların sıklıkla görüldüğü ve herhangi bir eğilimin olmadığı anlaşılmaktadır. A.Havalimanı ve Alanya istasyonları için 60-120 mm arasında tanımlanan düşük sınıf aralığındaki yağışlardan başlayarak çok yüksek sınıfa kadar tüm kategorilerdeki yağışlarda ortaya çıkan azalma eğilimleri ve frekans değişimleri F-ITA grafikleri ile ayrıntılı şekilde görülebilmektedir. Grafiklere göre en belirgin azalma eğilimi yüksek ve çok yüksek sınıf aralığındaki yağışlarda ortaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak ilgili yağış sınıflarındaki olayların A.Havalimanı istasyonundaki görülme sıklıkları çok yüksek ve yüksek sınıflar için birinci (ve ikinci) periyotta %9.88'den (%8.33)'e ve %7.41'den (%4.01)'e azalmış, Alanya istasyonunda da çok yüksek sınıf yağışları %10.49'den (%7.10)'e bir azalış gösterirken, buna karşın yüksek sınıf yağışları bu azalmaların tersine %7.72'den (%8.33)'e bir miktar artmıştır. Yüksek ve çok yüksek yağış sınıflarındaki azalan trendler normal ve düşük sınıflardaki olayların sıklığında artışları beraberinde getirmektedir. Havzanın güneyinde bu iki istasyon arasında bulunan diğer bir istasyon olan Manavgat için Şekil 3.11i'de verilen F-ITA grafiği yorumlandığında, yağışların büyük bir bölümünün yaklaşık %80'lik kısmının ortaya çıktığı 0-180 mm aylık toplam yağış yüksekliği aralığında, A.Havalimanı ve Alanya istasyonları ile benzer şekilde, trend azalan yöndedir. Yağış miktarının 180 mm'yi geçtiği yüksek ve çok yüksek sınıf aralıklarında ise F-ITA grafiğine göre saçılımlar 1:1 doğrusu üstündeki üst üçgen alan içerisinde kalmakta ve artış trendini göstermektedir. Manavgat için F-ITA grafiğindeki bu parçalı durum, tümden bütüncül olmayan (non-monotonik) artış trend desenine uymaktadır. Havza'nın en kuzeyindeki Yalvaç istasyonundan başlayarak, kuzeyden güneye doğru, sırasıyla Uluborlu, Senirkent, Eğirdir, Isparta ve son olarak da güney batıdaki Korkuteli istasyonları F-ITA

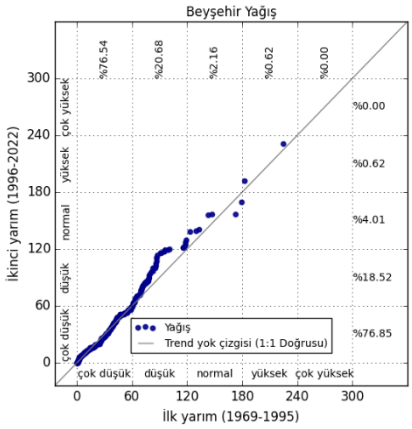
grafikleri incelendiğinde, Yalvaç için yağışların yaklaşık %96-97'sinin çok düşük ve düşük sınıf aralıklarında olduğu ve önemli bir eğilimden söz edilemeyeceği, Uluborlu'nda da çok düşük ve düşük sınıf aralıkları yağışlarının yaklaşık %94 gibi önemli oranda olduğu ve bu aralıkta herhangi bir trendin olmadığı, %5-6 seviyesindeki normal ve yüksek sınıf aralıkları yağışlarının genelde azalma eğiliminde olduğu, doğuya doğru Senirkent'e gelince normal ve yüksek sınıfı yağışlarının Uluborlu' ya kıyasla daha sık görüldüğü, ancak genelde yağışlarda kayda değer bir trendin olmadığı, Eğirdir istasyonu birinci ve ikinci yarım dönem frekanslarının ITA saçılımlarına bağlı bir miktar değiştiği ancak önemli bir eğiliminden söz edilemeyeceği, son olarak Isparta ve Korkuteli istasyonları F-ITA grafikleri incelendiğinde yağışların genelde çok düşük ve düşük sınıf aralıklarında yoğunlaştığı, belli bir trendin olmadığı ve frekansların değişmediği görülmüştür. Havza dışı yakın çevresinde bulunan istasyonlara ait analiz grafikleri incelendiğinde, doğuda Beyşehir'de düşük sınıf aralığındaki yağışlarda artış, Seydişehir'de yüksek sınıf aralığı yağışlarında artış, Hadim için ise düşük ve normal sınıf aralığındaki yağışlarda azalma eğilimi görülürken, yüksek sınıf aralığındaki yağışların frekansları da yükselmektedir. Batıda Burdur istasyonuna gelindiğinde, ortaya çıkan yağışların yaklaşık %80'den fazlasının görüldüğü, çok düşük sınıf aralığı yağışlarında önemli bir eğilim ve frekans değişimden söz edilemezken, düşük ve bu istasyon için en üst yağışlarının bulunduğu normal sınıf aralığı yağışları artış eğilimindedir. Son olarak havza sınırları dışında batıda Tefenni istasyonu için verilen F-ITA grafiği incelendiğinde, genel olarak yağışların %97-98'lik kısmında kayda değer bir eğilim bulunmazken, 120-180 mm yağış yüksekliğine denk gelen normal sınıf aralığı yağışlarında belirgin şekilde azalma eğilimi görülmektedir.


A.Havalimanı Yağış
%58.33
%15.43
%8.95
%7.41
%9.88
%8.33
%4.01
%10.80
%20.37
%56.48
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Yağış
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
0
60
120
180
240
300

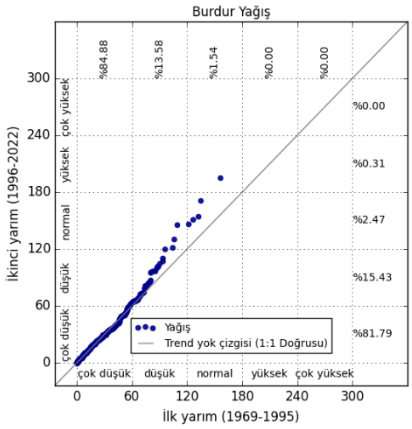
(a)


Alanya Yağış
%52.78
%17.59
%11.42
%7.72
%10.49
%7.10
%8.33
%10.49
%19.44
%54.63
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Yağış
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
0
60
120
180
240
300

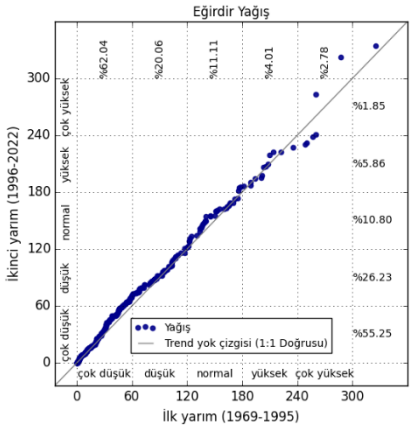
(b)


Beyşehir Yağış
%76.54
%20.68
%2.16
%0.62
%0.00
%0.00
%0.62
%4.01
%18.52
%76.85
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Yağış
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
0
60
120
180
240
300

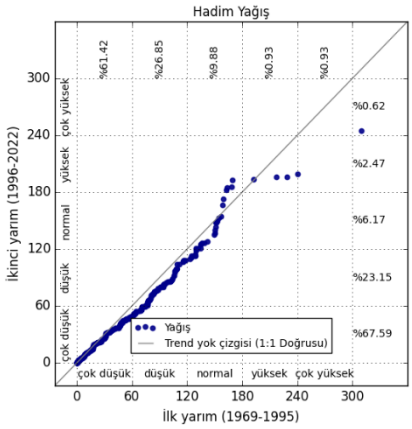
(c)


Burdur Yağış
%84.88
%13.58
%1.54
%0.00
%0.00
%0.00
%0.31
%2.47
%15.43
%81.79
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Yağış
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
0
60
120
180
240
300

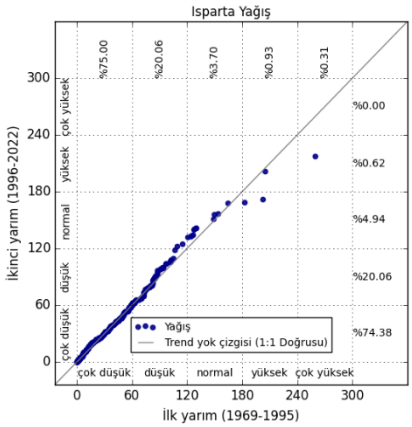
(d)


Eğirdir Yağış
%62.04
%20.06
%11.11
%4.01
%2.78
%1.85
%5.86
%10.80
%26.23
%55.25
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Yağış
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
0
60
120
180
240
300

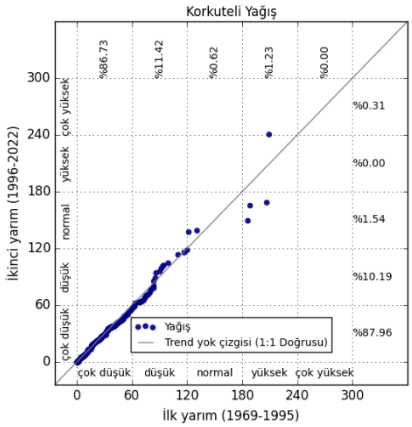
(e)


Hadim Yağış
%61.42
%26.85
%9.88
%0.93
%0.93
%0.62
%2.47
%6.17
%23.15
%67.59
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Yağış
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
0
60
120
180
240
300

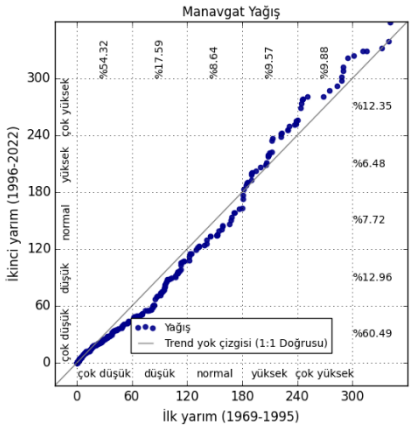
(f)


Isparta Yağış
%75.00
%20.06
%3.70
%0.93
%0.31
%0.00
%0.62
%4.94
%20.06
%74.38
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Yağış
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
0
60
120
180
240
300

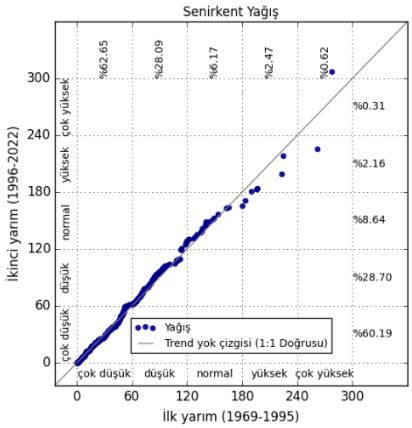
(g)


Korkuteli Yağış
%86.73
%11.42
%0.62
%1.23
%0.00
%0.31
%0.00
%1.54
%10.19
%87.96
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Yağış
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
0
60
120
180
240
300

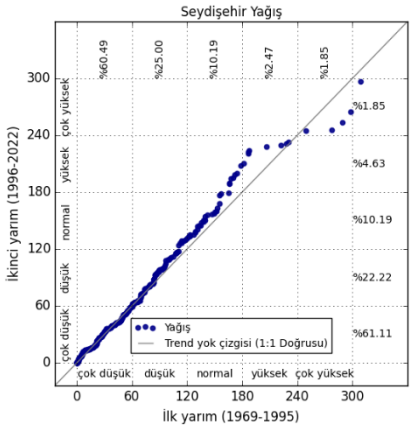
(h)


Manavgat Yağış
%54.32
%17.59
%8.64
%9.57
%9.88
%12.35
%6.48
%7.72
%12.96
%60.49
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Yağış
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
0
60
120
180
240
300

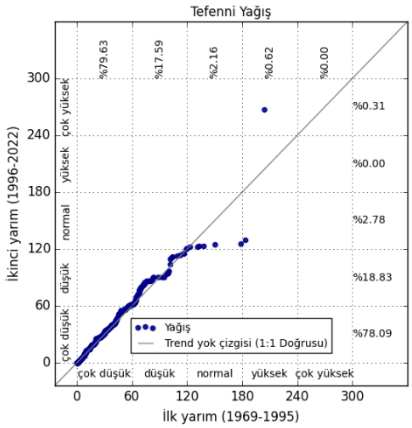
(i)


Senirkent Yağış
%62.65
%28.09
%6.17
%2.47
%0.62
%0.31
%2.16
%8.64
%28.70
%60.19
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Yağış
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
0
60
120
180
240
300

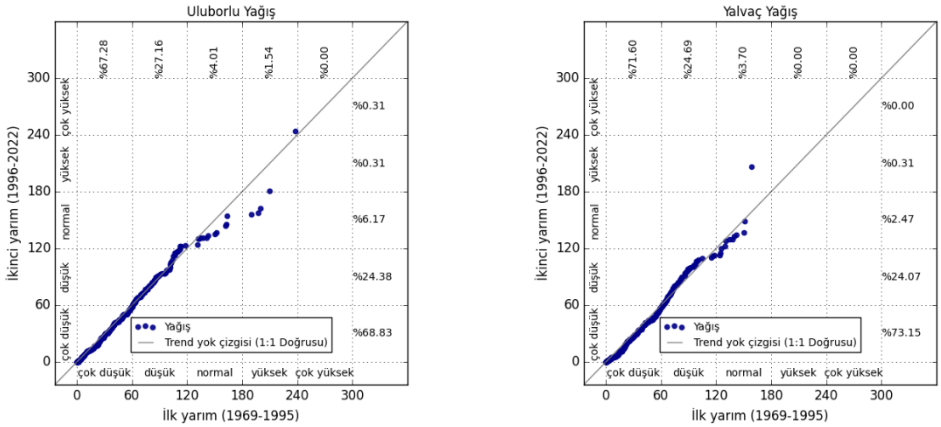
(j)


Seydişehir Yağış
%60.49
%25.00
%10.19
%2.47
%1.85
%1.85
%4.63
%10.19
%22.22
%61.11
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Yağış
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
0
60
120
180
240
300

(k)


Tefenni Yağış
%79.63
%17.59
%2.16
%0.62
%0.00
%0.31
%0.00
%2.78
%18.83
%78.09
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Yağış
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
0
60
120
180
240
300

(l)



(m) (n)

Şekil 3.11 Yağış verileri F-ITA grafikleri (a) A. Havalimanı, (b) Alanya, (c) Beyşehir, (d) Burdur, (e) Eğirdir, (f) Hadim, (g) Isparta, (h) Korkuteli, (i) Manavgat, (j) Senirkent, (k) Seydişehir, (l) Tefenni, (m) Uluborlu, (n) Yalvaç

Havzada ölçülen aylık ortalama sıcaklık verileri de "çok düşük", "düşük", "normal", "yüksek" ve "çok yüksek" şeklinde beş alt sınıfa ayrılmış olup, F-ITA grafikleri ile eğilimler ve frekans değişimleri değerlendirilmiştir. Yapılan analizler sonunda özellikle Alanya'da aylık ortalama sıcaklıkların, diğer istasyonlardan bariz şekilde ayrıldığı, beş sınıf aralığında, tüm aylarda, eğilimlerin önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Güneyden başlayarak istasyonları tek tek incelediğimizde, Manavgat ve A.Havalimanı istasyonları ortalama sıcaklıklarının, Alanya kadar olmasa da belirgin şekilde bütüncül artış eğiliminde olduğu ifade edilebilir. Sunulan eğilim grafikleri üzerinden her bir sıcaklık sınıfına karşı gelen artış büyüklükleri kolaylıkla tanımlanabilmektedir. Bu istasyonlarda yaşanan artış eğilimleri yüksek sınıf aralıklarındaki sıcaklıkların görülme olasılıklarını önemli oranda arttırırken, düşük sıcaklık değerleri frekanslarında buna bağlı azalmalar görülmüştür. Havzanın güney kesimleri iklim değişikliği ile kayda değer sıcaklık artış eğilimi göstermektedir. Güneydeki bu üç istasyondan sonra havzanın hemen batısındaki Korkuteli istasyonu ve bunun biraz batısında havza sınırları dışında bulunan Tefenni istasyonu F-ITA grafikleri incelendiğinde, saçılımların Korkuteli için 1:1 doğrusu üstündeki artış trendi üçgen alanı içerisinde kaldığı, Tefenni için ise sınıf aralıklarına göre eğilimlerin değiştiği, çok düşük ve çok yüksek sınıf aralıklarında belirgin artış eğilimi görülürken diğer sınıf aralıklarında, saçılımların 1:1 doğrusuna

oldukça yakın seyrettiği, önemli bir eğilimden söz edilmesinin güç olduğu değerlendirilmektedir. Eğilimleri ile eğilim saçılımlarına ait frekanslar birlikte yorumlandığında, Korkuteli istasyonu için güneydeki üç istasyondan farklı olarak bütüncül artış eğiliminin sadece iki sınıf aralığında, çok düşük ve çok yüksek sınıf aralıklarında, belirginleştiği ifade edilebilir. Nitekim söz konusu grafiklerin frekans incelemesinde özellikle bu iki uç sınıf aralığındaki olayların frekanslarının, düşük, normal ve yüksek sınıf aralıklarına kıyasla, önemli ölçüde değiştiği anlaşılmaktadır.

Havzanın sınırlarının hemen doğusunda, bitişik Konya kapalı havzası sınırları içerisinde, güneyden kuzeye doğru Hadim, Seydişehir ve Beyşehir istasyonları ortalama sıcaklıklarındaki eğilim artış etkisinin kuzeye doğru azaldığı görülmektedir. Güneyde Hadim istasyonunda, sınıflandırılan beş alt sıcaklık sınıf aralığında artış eğilimleri belirgin olup, artış miktarını gösteren saçılım noktaları ile 1:1 doğrusu arasındaki mesafeler, sınıf aralıklarına göre az çok değişmesine karşın genelde korunmuştur. Hadim için F-ITA grafiği ayrıntılı incelendiğinde en büyük artışın çok düşük-düşük sınıf aralığı geçişinde ve yüksek ve çok yüksek sınıf aralıklarına denk gelen sıcaklık değerlerinde ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. Bu sonuçları destekleyen en önemli kanıtlar söz konusu sınıf aralıkları frekanslarındaki değişimdir. Örneğin çok yüksek sınıf aralığındaki olayların frekansı birinci yarım periyotta %9.3 iken ikinci periyotta artış eğilimi ile %16.7'ye yükselmiştir. Seydişehir'e gelince, ortalama sıcaklık için artış eğilimlerinin en belirgin olduğu ve buna bağlı frekanslarında kayda değer ölçüde değiştiği sınıf aralıklarının, genelde yaz ve kış mevsimlerinde görülen olaylara ait olduğu, iki uçta yer aldığı görülmüştür. Beyşehir istasyonunda da uç değer sıcaklıklarında belli ölçüde artış eğilimi görülürken, ara sınıflarda önemli herhangi bir eğilimden söz edilememektedir.

Havzanın kuzeyine doğru gelindiğinde havza içinde (ve dışında) bulunan beş(bir) istasyonda sınıf aralıklarına göre birbirine benzer eğilim durumları yanı sıra farklılıklarında söz konusu olduğu görülebilmektedir. Bu bölgede ortalama sıcaklıklarda herhangi bir eğilimin görülmediği ve tüm inceleme periyodu için önemli frekans değişiminin olmadığı tek istasyon Eğirdir olmuştur. İstasyon konumunun göle yakın olmasının, bu bölgede sıcaklıklarda herhangi bir eğilim görülmemesinin altında yatan temel nedenlerden biri olduğu düşünülmektedir.

Sıcaklıklara ait F-ITA grafikleri ayrıntılı incelendiğinde kayda değer eğilim göstermeyen yakın saçılım desenlerinin, Eğirdir istasyonuna benzer şekilde tüm alt sınıf aralıklarını kapsamasa bile, farklı alt sınıf aralıklarında nispeten göllere yakın konumdaki Beyşehir, Burdur ve Senirkent istasyonlarında da tekrarlandığı anlaşılmaktadır. Burdur ve Senirkent istasyonlarında ortalama sıcaklığın 20℃'nin üzerinde olduğu aylarda önemli artış trendleri vardır. Bu istasyonlarda sınıflandırılan aralıklara karşılık gelen her bir olay frekanslarındaki değişimler incelendiğinde belirgin bir yönelimden söz edilemez. Son olarak Isparta, Yalvaç ve Uluborlu istasyonları için hazırlanan F-ITA grafikleri yorumlanırsa, üç istasyon içinde bütüncül artış trendinin belirgin olduğu, alt sınıf aralıkları arasında eğilim artışlarının değişkenlik gösterdiği, özellikle çok yüksek sınıf aralığındaki olayların artış eğiliminin diğer sınıf aralıklarından belirgin şekilde ayrıştığı görülmektedir. Isparta istasyonu için yaz aylarındaki ortalama sıcaklık artışlarının önemli seviyelere geldiği, eğilimlere ilişkin saçılım grafikleri ve frekansları incelendiğinde anlaşılabilmektedir. İlk yıllarda Isparta istasyonunda sadece %18.2 seviyesinde olan çok yüksek sınıfındaki sıcaklık olayları, ikinci yarım periyotta önemli oranda artış göstererek ve tüm alt sınıf aralıkları arasında görülme olasılığı ilk sıraya çıkarak, %26.5'e ulaşmıştır. Yalvaç istasyonunda da özellikle çok düşük ve çok yüksek sınıf aralıklarındaki artış eğilimi, çok düşük (çok yüksek) olay frekanslarında önemli ölçüde azalış (artış) görülmesine sebep olmuştur.

Alanya istasyonu, tüm sıcaklık sınıf aralıklarında kaydedilen eğilim artışları ile ön plana çıkmakta hem normal hem de yüksek sıcaklık alt sınıflarındaki frekansların belirgin şekilde arttığı görülmektedir. Düşük alt sıcaklık sınıf aralığında ise anlamlı bir azalma söz konusudur. Benzer eğilim A.Havalimanı ve Manavgat istasyonlarında da gözlenmiştir. Özellikle "yüksek" ve "çok yüksek" sıcaklık alt sınıf aralıklarındaki frekans artışları, bu noktalarda sıcak hava koşullarının daha sık yaşanmaya başladığını gösterir.

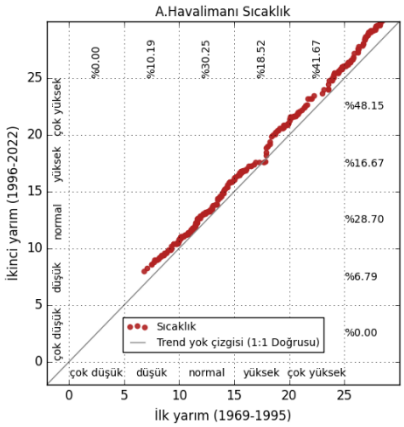
Isparta, Korkuteli, Yalvaç ve Uluborlu istasyonlarında ise sıcaklık artışları genelde normal ve yüksek alt sınıf aralıklarında yoğunlaşmış, düşük ve çok düşük alt sınıf aralıklarındaki sıcaklıkların yaşanma durumu azalmıştır. Özellikle Korkuteli ve Yalvaç istasyonları sıcaklık dağılımlarının zamanla daha yüksek değerlere doğru

kaydığı anlaşılmaktadır. Bu 1:1 doğrusuna göre saçılımların üst bölgelere doğru yönelmesiyle açıklanabilir.

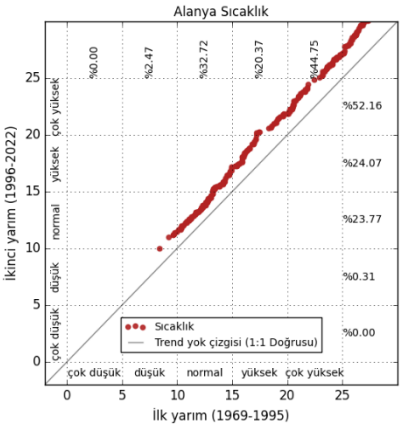
Senirkent, Eğirdir, Tefenni, Seydişehir ve Beyşehir istasyonlarındaki sıcaklık artışları benzer şekilde ağırlıklı olarak orta ve yüksek sınıflarda görülürken; düşük sınıflarda çok sınırlı bir değişim olmakta veya frekanslar sabit kalmaktadır. Eğirdir ve Tefenni istasyonları sıcaklık dağılımlarındaki değişim daha dengeli gerçekleşmiş, fakat eğilim yönü yine artışa işaret etmektedir.

Hadim istasyonunda hem düşük hem de yüksek sıcaklık alt sınıflarında frekans artışları görülmekte olup, bu durum sıcaklık dağılımında genişlemeyi işaret etmektedir. Artışlar yalnızca üst sınıflarda değil, genel yayılım içinde de gözlemlenmiştir. Bu da sıcaklık değişimlerinin sadece ekstrem uçlara özgü olmadığını, daha kapsamlı bir yapısal dönüşümün ortaya çıktığının göstergesidir.

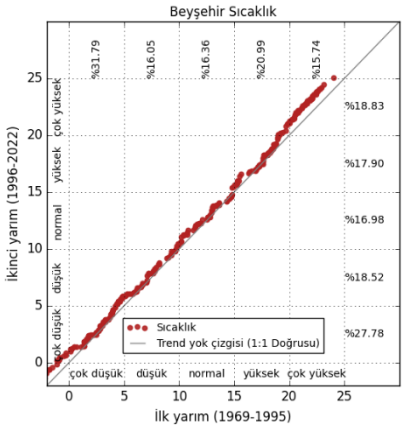
Sonuç olarak, sıcaklık verilerine yönelik F-ITA grafiklerinden elde edilen bulgular, klasik yöntemlerle tanımlanan sıcaklık artış eğilimlerini doğrulamakta ve bu eğilimlerin hangi sıcaklık alt sınıflarında yoğunlaştığını ayrıntılı biçimde göstermektedir. Antalya Havzası genelinde yüksek ve çok yüksek sınıf aralıkları sıcaklık olayları sıklıkları artış göstermektedir. Bu bölgenin iklim değişikliği etkilerinin daha geniş bir perspektiften değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.


A.Havalimanı Sıcaklık
%0.00
%10.19
%30.25
%18.52
%41.67
%48.15
%16.67
%28.70
%6.79
%0.00
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Sıcaklık
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)

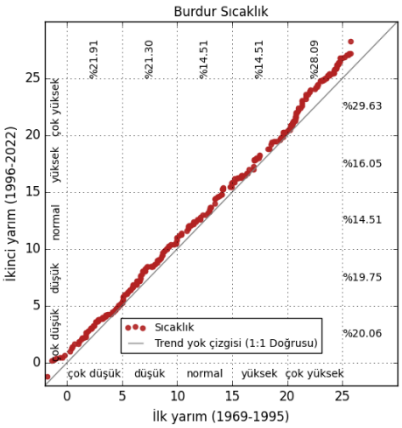
(a)


Alanya Sıcaklık
%0.00
%2.47
%32.72
%20.37
%44.75
%52.16
%24.07
%23.77
%0.31
%0.00
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Sıcaklık
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)

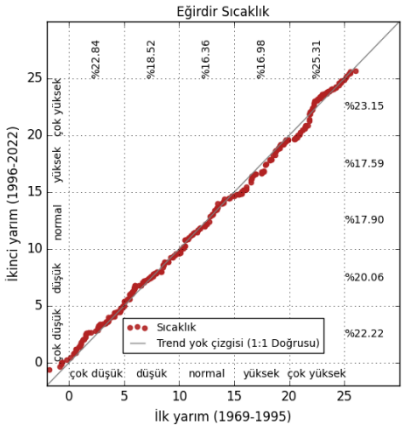
(b)


Beyşehir Sıcaklık
%31.79
%16.05
%16.36
%20.99
%15.74
%18.83
%17.90
%16.98
%18.52
%27.78
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Sıcaklık
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)

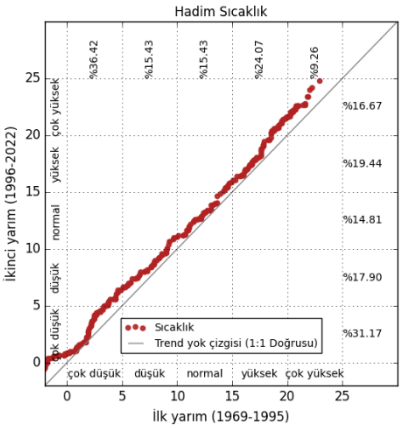
(c)


Burdur Sıcaklık
%21.91
%21.30
%14.51
%14.51
%28.09
%29.63
%16.05
%14.51
%19.75
%20.06
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Sıcaklık
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)

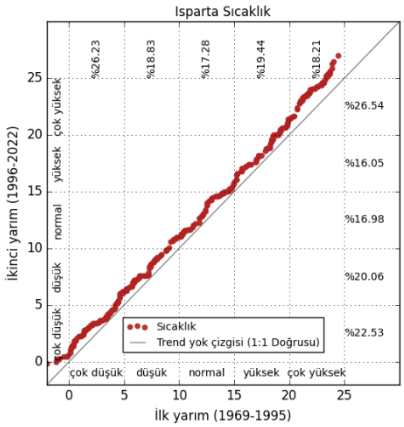
(d)


Eğirdir Sıcaklık
%22.84
%18.52
%16.36
%16.98
%25.31
%23.15
%17.59
%17.90
%20.06
%22.22
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Sıcaklık
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)

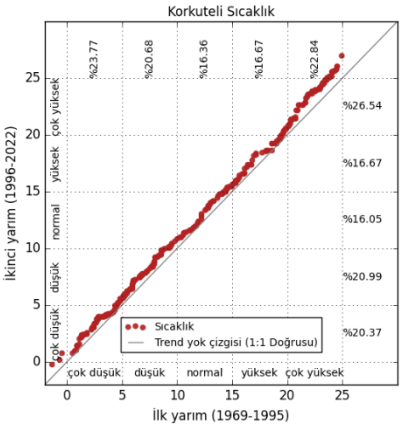
(e)


Hadim Sıcaklık
%36.42
%15.43
%15.43
%24.07
%8.26
%16.67
%19.44
%14.81
%17.90
%31.17
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Sıcaklık
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)

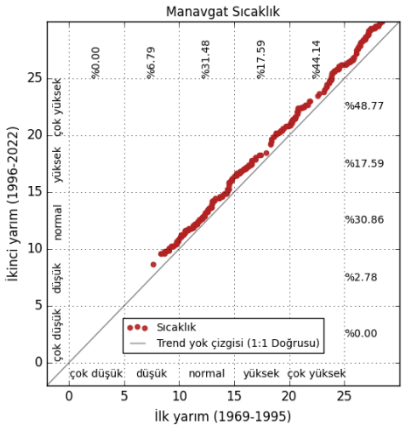
(f)


Isparta Sıcaklık
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
%26.23
%18.83
%17.28
%19.44
%18.21
%26.54
%16.05
%16.98
%20.06
%22.53
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Sıcaklık
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)

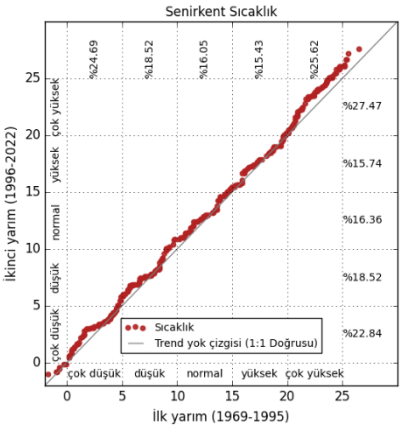
(g)


Korkuteli Sıcaklık
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
%23.77
%20.68
%16.36
%16.67
%22.84
%26.54
%16.67
%16.05
%20.99
%20.37
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Sıcaklık
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)

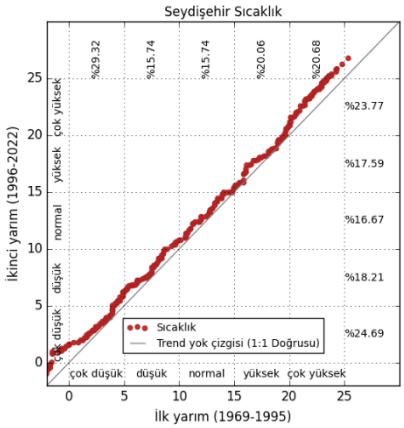
(h)


Manavgat Sıcaklık
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
%0.00
%6.79
%31.48
%17.59
%44.14
%48.77
%17.59
%30.86
%2.78
%0.00
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Sıcaklık
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)

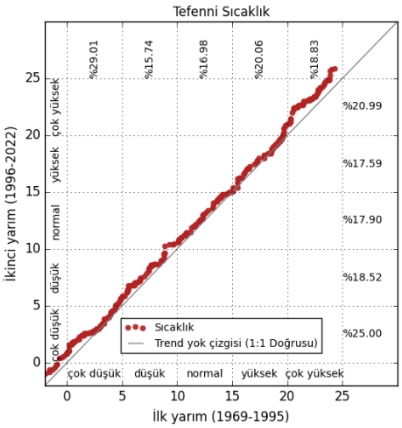
(i)


Senirkent Sıcaklık
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
%24.69
%18.52
%16.05
%15.43
%25.62
%27.47
%15.74
%16.36
%18.52
%22.84
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Sıcaklık
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)

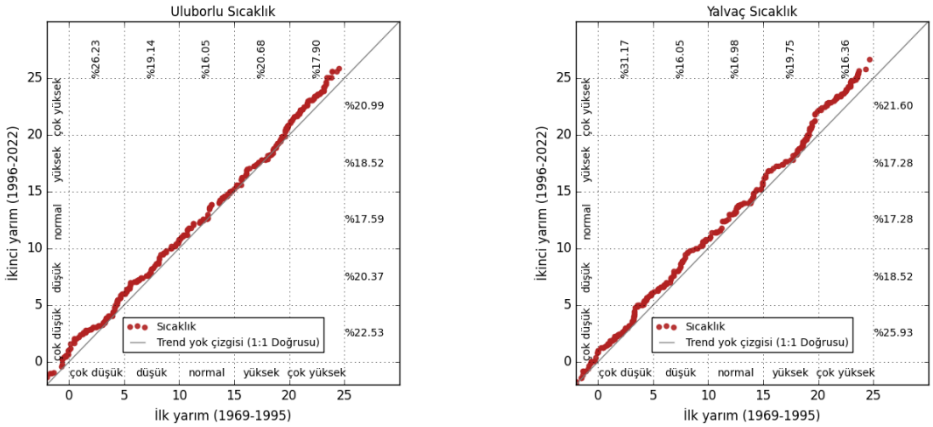
(j)


Seydişehir Sıcaklık
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
%29.32
%15.74
%15.74
%20.06
%20.68
%23.77
%17.59
%16.67
%18.21
%24.69
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Sıcaklık
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)

(k)


Tefenni Sıcaklık
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
%29.01
%15.74
%16.98
%20.06
%18.83
%20.99
%17.59
%17.90
%18.52
%25.00
çok yüksek
yüksek
normal
düşük
çok düşük
Sıcaklık
Trend yok çizgisi (1:1 Doğrusu)

(l)



(m) (n)

Şekil 3.12 Sıcaklık verileri F-ITA grafikleri (a) A. Havalimanı, (b) Alanya, (c) Beyşehir, (d) Burdur, (e) Eğirdir, (f) Hadim, (g) Isparta, (h) Korkuteli, (i) Manavgat, (j) Senirkent, (k) Seydişehir, (l) Tefenni, (m) Uluborlu, (n) Yalvaç

SPI-3, 6 ve 12 için F-ITA metodolojisi kullanılarak elde edilen trend grafikleri incelendiğinde, şekillerde görüldüğü gibi her bir zaman ölçeği için, herhangi bir trendin olmadığı, bütüncül azalan ve artan eğilimler ile bütüncül olmayan artan ve azalan eğilimlerin görüldüğü, konuma göre değişkenlik gösteren farklı sonuçlar ile karşılaşılmıştır. F-ITA grafikleri daha ayrıntılı incelendiğinde kuraklık ve sulaklık koşulları için, tümden belli bir yöne eğilimin yanında, çeşitli kuraklık ve sulaklık alt sınıf aralıklarında parçalı eğilimlerden söz edilebilir. Grafikler incelendiğinde eğilimlere bağlı kuraklık ve sulaklık frekanslarının da değiştiği görülmüştür. İklim değişikliği etkisiyle son yıllardaki bu değişimler, trendlerle birlikte frekans değişimlerinin de tanımlanmasının ve izlenmesinin önemini açıkça ortaya koymaktadır. Araştırmanın bu bölümünde Antalya Havzası'nın kuraklık eğilimleri ve bu eğilimlere bağlı kuraklık sınıfları frekans değişimleri kapsamlı şekilde F-ITA metedolojisi yardımıyla incelenip yorumlanmıştır.

SPI-3 analizlerine dayalı Şekil 3.13'te verilen F-ITA grafikleri incelendiğinde, standartlaştırılan kuraklık ve sulaklık sınıflarına göre Antalya Havzası ve yakın çevresi genelinde pek çok istasyonda tümden herhangi bir trendin olmadığı, bazı istasyonlarda yer yer indeks altsınıf aralıklarına göre değişen artan ve azalan trendlerin olduğu anlaşılmaktadır.

İlk olarak havzanın güneyinde Akdeniz kıyı kesimindeki bulunan üç istasyonun F-ITA grafikleri incelendiğinde, doğudan batıya doğru sırasıyla Alanya'da, Şekil 3.13a SPI-3≥-2 değerleri için, SD-EW aralığında, herhangi bir trend yoktur. Buna bağlı olarak bu aralıktaki kuraklık ve sulaklık alt sınıf aralıkları frekanslarında da kayda değer değişimler görülmemiş olup, sınıf aralıkları arasında olası küçük frekans geçişleri söz konusudur. Diğer taraftan SPI-3<-2 için ED kuraklık alt sınıf aralığında indeks değerlerinin azalma eğilimi gösterdiği, yani kuraklık trendlerinde artış olduğu ve buna bağlı olarak söz konusu kuraklık alt sınıf aralıkları frekanslarının belirgin şekilde değiştiği anlaşılmaktadır.

Şekil 3.13i'de Manavgat istasyonu için verilen F-ITA grafiği incelendiğinde, tümden ve herhangi bir altsınıf aralığı için önemli bir eğilimin olmadığı anlaşılmaktadır. Kayda değer bir eğilim olmaması nedeniyle ilgili olay frekanslarında da belirgin değişimler görülmemektedir. Şekil 3.13b'de sunulan A.Havalimanı istasyonu F-ITA grafiğine göre, ED ve MD olay frekanslarının ikinci yarım periyotta belli bir oranda azalmıştır. Bu istasyonun F-ITA grafiği yakından incelendiğinde SPI-3<-1 için, saçılımlar 1:1 trend yok doğrusu üst bölgesine düşmüş olup, indeks değerlerinde küçük bir miktar artış trendi ortaya çıkmıştır. MD ve ED sınıf aralıklarındaki kuraklık olaylarının azalmasının sebebi indeks değerlerindeki bu artış trendidir. SW ve sonrasında özellikle EW sulak olaylarındaki artış trendleri de 1996-2022 yılları arasındaki EW olay frekanslarının bir miktar artmasına sebep olmuştur. Havzanın güney batısında iç kesimde Korkuteli istasyonuna gelince, Şekil 3.13h'de verilen F-ITA grafiğine göre, kurak ve sulak sınıfların uç olayları dışında, önemli bir trend yoktur.

Havzanın kuzeyinde bulunan Şekil 3.13g ve e'de verilen Isparta ve Eğirdir istasyonları F-ITA grafikleri incelendiğinde, Isparta SPI-3 ≥-1 ve Eğirdir için de -1≤SPI-3<1.5 aralıklarında kayda değer trend yoktur. Ancak Isparta SPI-3 <-1 için indeks değerlerinde artış trendinin olduğu, bu aralıktaki MD, SD, ve ED kurak olaylarının önemli oranda azaldığı, benzer şekilde Eğirdir SPI-3 <-1 için de indeks değerlerinde artış trendlerine bağlı bu aralıktaki SD ve ED kurak olaylarının azalma eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır. Eğirdir istasyonunda SPI-3≥1.5 için indeks değerleri azalma trendi göstermiş ve bu aralıktaki SW olayları önemli oranda artmıştır.

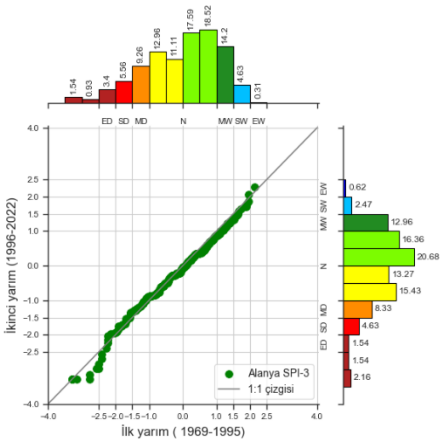
Havzanın en kuzeyindeki Yalvaç ve hemen güney batısındaki Senirkent ve Uluborlu istasyonları için Şekil 3.13n, j ve m'de verilen F-ITA grafikleri incelendiğinde, Senirkent' te tümden önemli bir eğilimin olmadığı Yalvaç ve Uluborlu'nda da bütüncül olarak tümden önemli bir trend bileşeninden bahsedilemeyeceği, ancak zamanla bütüncül olmayan artışa yönelik bir değişim deseninin ortaya çıkma durumunun söz konusu olduğu değerlendirilmektedir. Sulak ve kurak alt periyotlar için ayrıntılı inceleme yapıldığında, sulaklık için kayda değer trendin olmadığı, ancak kuraklık için konuma ve alt sınıf aralıklarına göre indeks değerlerinin az miktar azaldığı veya arttığı anlaşılmaktadır.

Her bir istasyonun F-ITA grafikleri tek tek kuraklık ve sulaklık alt sınıf aralıkları referans alınarak yorumlanırsa, ilk olarak en kuzeyde Yalvaç istasyonunda kurak olayların SPI-3 <0 indeks değerlerinin azalan eğilime sahip olduğu, yani kurak olayların artış trendi gösterdiği görülür. Havzanın kuzeyinde Eğirdir gölünün hemen batısında Senirkent ve Uluborlu'nda, sırasıyla SPI-3 ≥-1.5 ve SPI-3 ≥-1.0 için, önemli trend görülmezken, SD, ED kuraklık sınıf aralıkları indeks değerlerinin göle daha yakın Senirkent istasyonunda bir miktar arttığı, batıda Uluborlu'nda ise Senirkent' in tersine bir miktar azaldığı görülmektedir. Bu sonuçlar kurak olay frekanslarını da belli ölçüde etkiler. Senirkent istasyonundaki kurak olay frekansları incelendiğinde, ED olay frekansları ikinci yarım periyotta önemli oranda azalırken, SD olay frekansları bir miktar artış göstermiştir. Uluborlu'nda ise kuraklık olaylarındaki artış trendine bağlı, SD olay frekansları kayda değer bir oranda artarken, ED olay frekanslarında küçük bir miktar artış olmuştur.

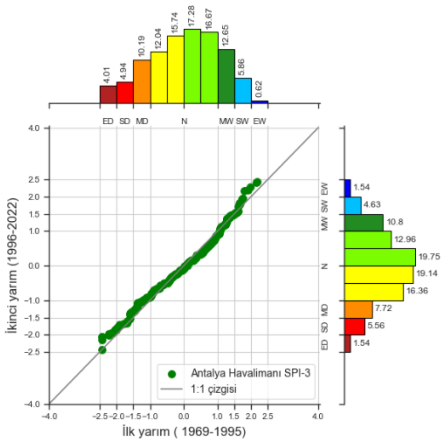
Antalya havzasında SPI-3 analiz sonuçları için verilen F-ITA grafiklerine göre, havza içerisinde genelde tümden çok belirgin önemli bir eğilimin olmadığı, özellikle kuraklık alt sınıf aralıkları için indeks değerlerinde A.Havalimanı, Alanya, Uluborlu ve Yalvaç' ta azalma eğilimleri, Eğirdir, Isparta ve Senirkent' de artış eğilimleri görülmektedir. Klasik MK ve SS sonuçlarıyla, F-ITA model sonuçları arasında belli ölçüde uyum sağlanmasına karşın bütüncül olmayan ve parçalı eğilimlerden ötürü bazı uyumsuzluklarda söz konusudur. Örneğin A.Havalimanı istasyonu için kuraklık azalma trendi, yukarıda analizleri sunulan üç yöntem tarafından da desteklenmektedir. Buna karşın Manavgat istasyonunda klasik ve yenilikçi yöntemler arasında A.Havalimanı'ndakine benzeri bir uyum söz konusu

değildir. Eğirdir istasyonu kuraklık indeks değerlerindeki artış eğilimlerini tüm yöntemler desteklemektedir. Klasik yöntemlere ilave olarak, özellikle Alanya, Uluborlu, Yalvaç, Isparta ve Senirkent için, yenilikçi F-ITA grafikleri ile alt sınıf aralıklarındaki eğilimler de yorumlanabildiğinden, ilgili istasyonların kuraklık eğilimleri üzerine çok ayrıntılı tespitlerde bulunulmuştur.

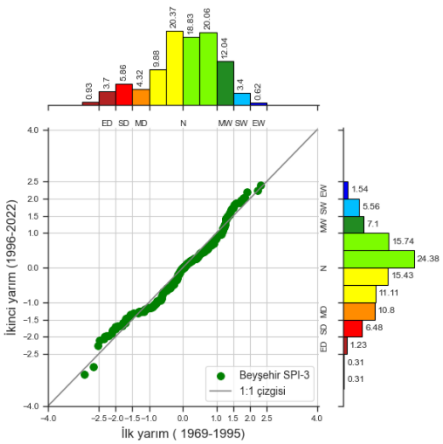
Havza dışı yakın çevresindeki istasyonların kuraklık ve sulaklık eğilimleri değerlendirildiğinde, batıda Burdur istasyonunda tümden bütüncül olmayan artış eğilimi görülürken, özellikle sulaklık alt sınıf aralıklarında önemli artış trendleri tanımlanabilmektedir. İkinci periyotta, ilk periyotta hiç görülmeyen, EW (%2.16) alt sınıf aralığındaki olaylar ile karşılaşılmıştır. Kurak olaylarda bir miktar değişim görünmesine karşın, belirgin bir eğilim ve frekans değişiminden söz edilemez. Havzanın batısında kalan diğer bir istasyon olan Tefenni' de SPI-3 ≥-1.0 için trend yoktur. MD, SD ve ED alt sınıf aralıklarında ise kuraklık trendlerinde azalma eğilimi söz konusu olup, MD ve ED olay frekansları birinci yarım periyotta %7.41 ve %2.47'den ikinci periyot %5.88 ve %0.93'e kadar gerilemiştir. Havzanın doğusunda komşu havza sınırları içerisindeki Hadim ve Seydişehir' de SPI-3 için trend yoktur. Beyşehir istasyonuna gelince sınıf aralıklarına göre artan veya azalan dalgalı eğilimlerden söz edilebilir. ED sınıf aralığı için kuraklık eğilimi ve frekansları bir miktar azalırken, MD sınıf aralığında kuraklık trendi ve frekansında önemli artış görülmektedir. Sulak sınıf aralıkları için ise SW ve EW eğilim ve frekansları artış göstermiştir.


ED SD MD N MW SW EW
1.54 0.93 3.4 5.56 9.06 12.96 11.11 17.59 18.52 14.2 4.63 0.31
0.62 2.47 12.96 16.36 20.68 13.27 15.43 8.33 4.63 1.54 1.54 2.16
Alanya SPI-3
1:1 çizgisi
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)

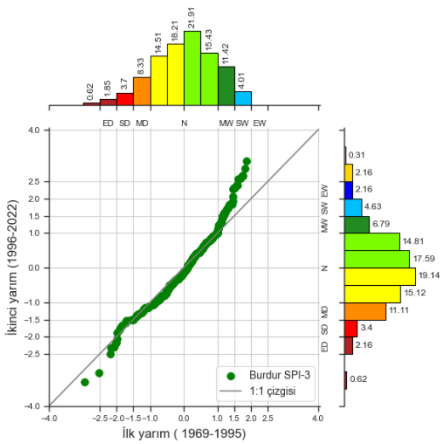
(a)


ED SD MD N MW SW EW
4.01 4.94 10.19 12.04 15.74 17.28 16.67 12.65 5.86 0.62
1.54 4.63 10.8 12.96 19.75 19.14 16.36 7.72 5.56 1.54
Antalya Havalimanı SPI-3
1:1 çizgisi
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)

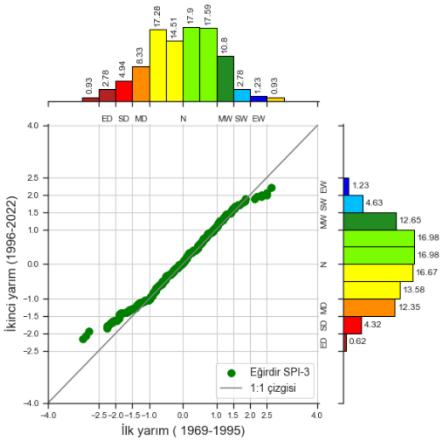
(b)


ED SD MD N MW SW EW
0.93 3.7 5.86 8.32 9.88 20.37 18.83 20.06 12.04 3.4 0.62
1.54 5.56 7.1 15.74 24.38 15.43 11.11 10.8 6.48 1.23 0.31 0.31
Beyşehir SPI-3
1:1 çizgisi
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)

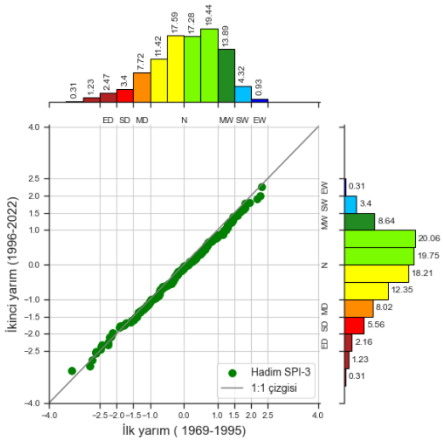
(c)


ED SD MD N MW SW EW
0.62 1.85 3.7 8.33 14.51 18.21 21.91 15.43 11.42 4.01
0.31 2.16 2.16 4.63 6.79 14.81 17.59 19.14 15.12 11.11 3.4 2.16 0.62
Burdur SPI-3
1:1 çizgisi
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)

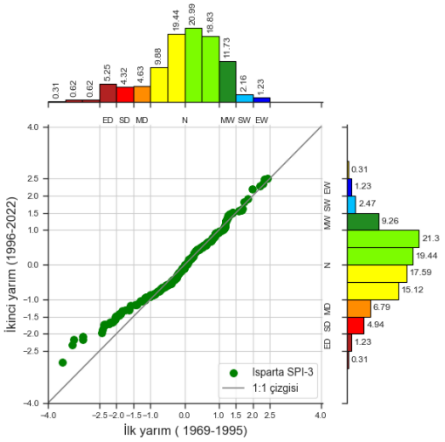
(d)


ED SD MD N MW SW EW
0.93 2.78 4.94 8.33 17.28 14.51 17.9 17.59 10.8 2.78 1.23 0.93
1.23 4.63 12.65 16.98 16.98 16.67 13.58 12.35 4.32 0.62
Eğirdir SPI-3
1:1 çizgisi
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)

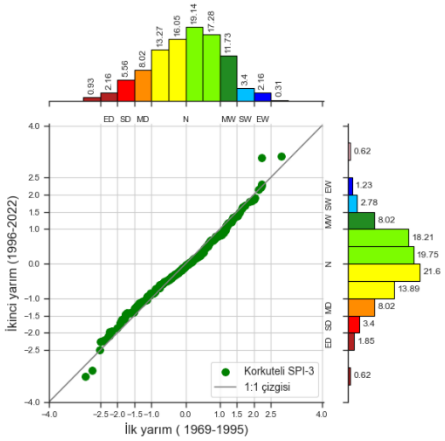
(e)


ED SD MD N MW SW EW
0.31 1.23 2.47 3.4 7.72 11.42 17.59 17.28 19.44 13.89 4.32 0.93
0.31 3.4 8.64 20.06 19.75 18.21 12.35 8.02 5.56 2.16 1.23 0.31
Hadim SPI-3
1:1 çizgisi
İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)

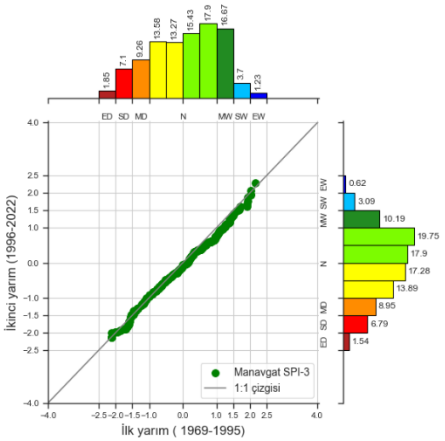
(f)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Isparta SPI-3
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

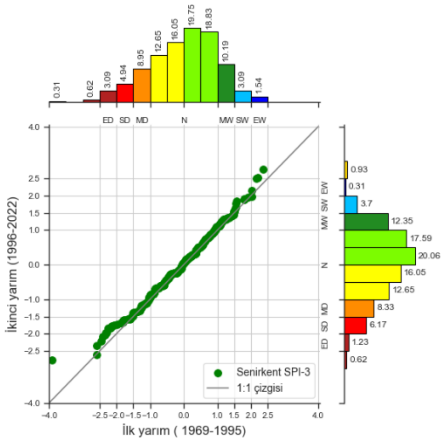
(g)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Korkuteli SPI-3
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

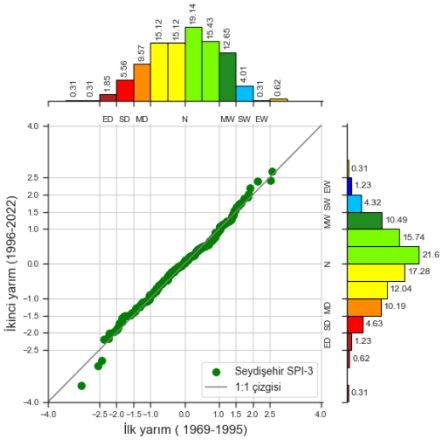
(h)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Manavgat SPI-3
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

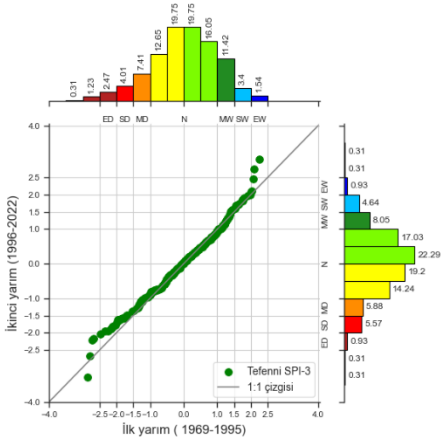
(i)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Senirkent SPI-3
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

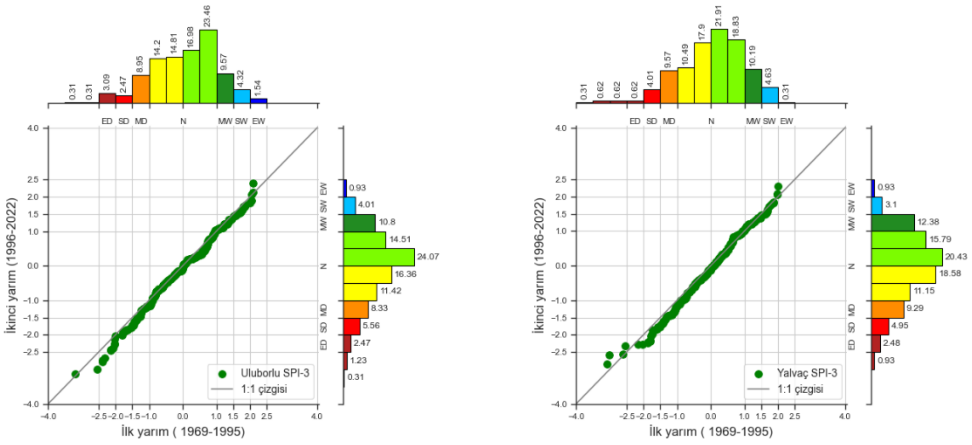
(j)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Seydişehir SPI-3
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

(k)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Tefenni SPI-3
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

(l)



(m) (n)

Şekil 3.13 SPI-3 F-ITA grafikleri (a) A. Havalimanı, (b) Alanya, (c) Beyşehir, (d) Burdur, (e) Eğirdir, (f) Hadim, (g) Isparta, (h) Korkuteli, (i) Manavgat, (j) Senirkent, (k) Seydişehir, (l) Tefenni, (m) Uluborlu, (n) Yalvaç

Antalya havzası içerisindeki dokuz ve yakın çevresindeki beş istasyonun Şekil 3.14'te verilen SPI-6 F-ITA grafikleri incelendiğinde, bütüncül olmayan artış ve azalma, bütüncül azalma ile parçalı artış ve azalış eğilimlerinin olduğu ve eğilimlere bağlı frekans değişimlerinin de tanımlanan komşu alt sınıflar arasında dengeli bir şekilde yayılım gösterdiği görülmektedir. Trend yönü belirgin olduğunda frekans geçişleri de eğilim yönüne bağlı olarak belli bir yönde kaymaktadır. İlk olarak Alanya istasyonu F-ITA grafiği incelendiğinde, tümden bütüncül olmayan azalma eğilimi belirgindir. Bu eğilime bağlı olarak her bir aydaki kuraklık (ve sulaklık) olaylarının şiddeti artmıştır (azalmıştır). Güneydeki bir diğer istasyon Manavgat için de benzer bir durum söz konusudur. Kuraklık ve sulaklık indeks değerlerindeki azalma eğilimleri kuraklık olaylarının şiddetini ve frekansını arttırırken sulaklık olayları şiddet ve frekansında azalmalar ortaya çıkmıştır. Antalya Havalimanı istasyonu için F-ITA grafiği saçılımının stabil olmaması sebebiyle tümden belirgin bir eğilim yönü tanımlanamazken, özellikle SW ve EW sulaklık alt sınıf aralıklarındaki artış trendleri açıkça görülebilmektedir. İkinci periyotta az da olsa, ilk periyotta hiç görülmeyen, EW (%0.62) sulak olayı ile karşılaşılmıştır. ED ve SD kurak olaylarında da eğilim açısından bir miktar değişim söz konusu olmasına karşın, belirgin bir eğilim ve frekans değişiminin olduğu ifade edilememektedir. Güneye yakın havzanın iç kesimlerinde Korkuteli istasyonuna

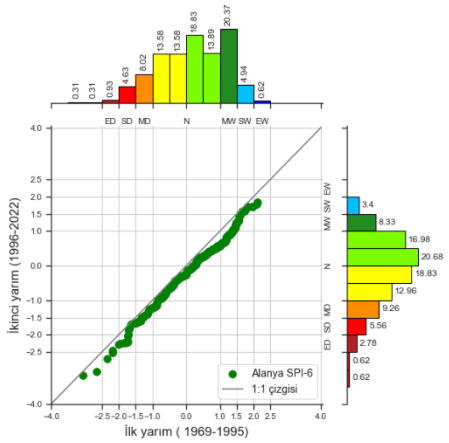
gelince eğilim açısından dalgalı bir seyrin olduğu, kurak olaylarda azalma sulak olaylarda ise artış eğilimleri görülmektedir. Korkuteli SPI-3 <-1.5 için indeks değerlerinde artış trendinin olduğu, bu aralıktaki ED kurak olayların azaldığı buna karşın SD olayların arttığı, diğer taraftan sulak olaylardaki artış eğilimi sonucunda MW sınıf aralığındaki sulak olayların görülme olasılığı azalırken özellikle EW alt sınıfı sulak olay frekanslarının ikinci yarım periyotta kayda değer ölçüde arttığı görülmektedir.

Konya kapalı havzası içerisindeki, Antalya havza sınırlarına en yakın, Beyşehir, Seydişehir ve Hadim istasyonları SPI-6 F-ITA grafikleri incelendiğinde, Seydişehir'de herhangi bir eğilim yoktur. Hadim' de kuraklık ve sulaklık indeks değerlerinde bütüncül olmayan azalma eğilimi görülmektedir. Bu eğilime bağlı olarak SPI-6 <-1.5 için SD ve ED olayların görülme olasılıkları artmıştır. Sulaklık tarafında ise özellikle SW olaylarında önemli azalma görülmektedir. Beyşehir'e gelince aşırı kurak ve sulak olaylarda artış eğilimi ve frekanslarında da artışlar vardır. EW olayları ile 1969-95 yılları arasında karşılaşılmazken, 1996-2022 yıllarında bu olayın görülme olasılığı %2.47 olmuştur. Diğer taraftan ED olay frekansları birinci (ikinci) periyotta %0.93 (%3.4) olarak hesaplanmıştır.

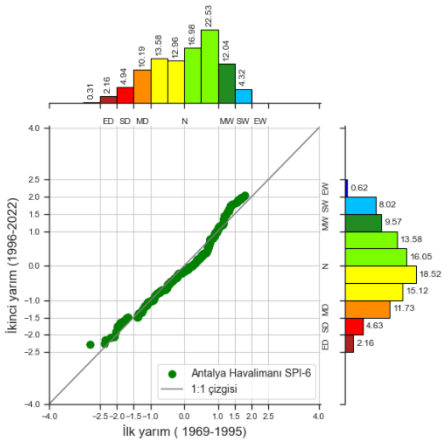
Havzanın batısında Tefenni istasyonunda SD-SW aralığında belirgin bir eğilim görülmezken, EW olayının eğilim ve frekansları bir miktar artmaktadır. Burdur istasyonu SPI-6 F-ITA grafiği incelendiğinde eğilim ve frekans değişimleri açısından üzerinde en fazla konuşulacak olandır. Saçılım deseni diğer tüm istasyonlardan ayrılmaktadır. SPI-6≥-1 için N-EW sınıf aralığında bütüncül artış eğilim deseni belirgin şekilde kendini göstermektedir. Bu artış deseni özellikle SW ve EW alt sınıf aralıkları frekanslarında ikinci periyotta kayda değer artışların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. SW(EW) olay frekansları %2.16 (%0.62) den %7.1 (%4.32) ye yükselmiştir. SPI<-1 ise SD olaylarında artış eğilimi görülürken, ED olayları azalma eğilimindedir.

Son olarak SPI-6 çözümleri için kuzeyde Yalvaç, Senirkent, Uluborlu, Eğirdir ve Isparta istasyonları F-ITA grafikleri yorumlanırsa, sulaklık açısından Eğirdir, kuraklık açısından ise Yalvaç ve Uluborlu dışında genelde alt sınıf aralıklarında önemli bir eğilimden söz edilememektedir. İstasyon grafikleri tek tek ayrıntılı şekilde yorumlanırsa Isparta için ED kurak olayı dışında belirgin bir eğilim ve

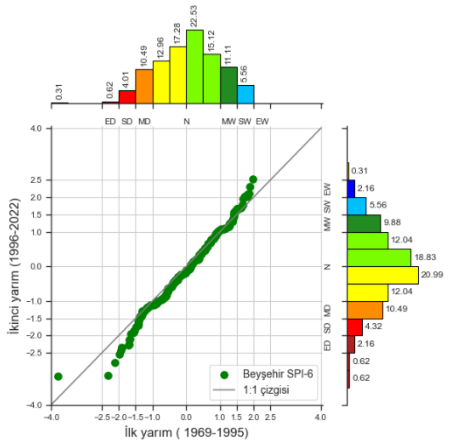
frekans değişimi söz konusu değildir. Eğirdir için de kuraklık tarafında alt sınıf aralıklarında trend stabilitesini etkileyen, frekans geçişlerine sebep olan, SD ve MD arasında frekans geçiş durumu gözlenmiş olmasına karşın, ED' den MW alt olayına kadar önemli bir trend olmayıp ilgili alt olayların frekanslarındaki olası değişimlerde sınırlı seviyelerdedir. SPI-6≥1 için tanımlanan sulaklık alt sınıf aralıkları eğiliminde, bütüncül olmayan azalma trendlerine benzer şekilde, önce artış sonrasında azalma söz konusudur. Nitekim 1969-95 yılları arasında görülen EW sınıf aralığındaki (%3.09) sulaklık olayları ile 1996-2022 yıllarında hiç karşılaşılmamıştır. Buna karşılık SW olay frekansının, %3.7 den %7.1'e, ikinci periyotta önemli oranda arttığı anlaşılmaktadır. 1≤SPI-6<1.5 aralığındaki MW olayları incelendiğinde, eğilim artışına bağlı olarak bu alt sınıf frekansı %7.72'den %13.58'e kadar yükselmiştir. Senirkent F-ITA grafiği incelendiğinde -2.5≤SPI-6<1.0 ED-MW aralığında trend yoktur. Bu sınırların dışında MW-EW aralığındaki olaylar artış göstermektedir. Uluborlu ve Yalvaç istasyonlarında ise kuraklık olaylarındaki eğilime bağlı esas değişim ED olaylarında görülmüştür. N ve EW aralığındaki olaylarda herhangi bir eğilimden söz edilemez.


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Alanya SPI-6
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

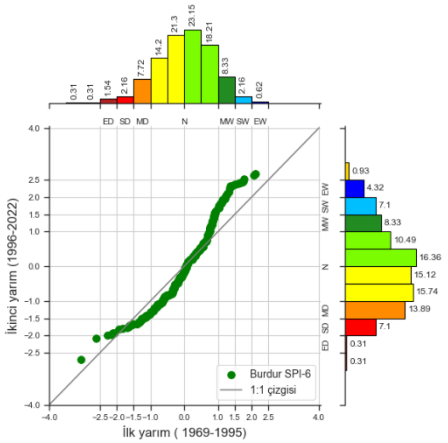
(a)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Antalya Havalimanı SPI-6
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

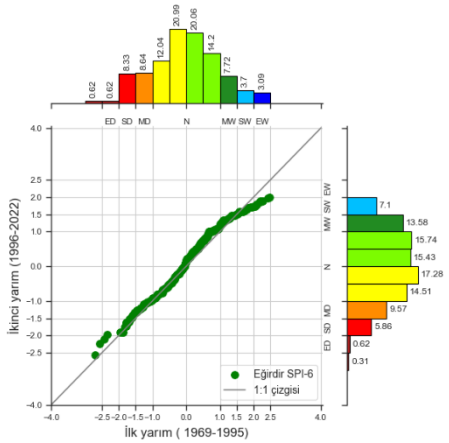
(b)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Beyşehir SPI-6
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

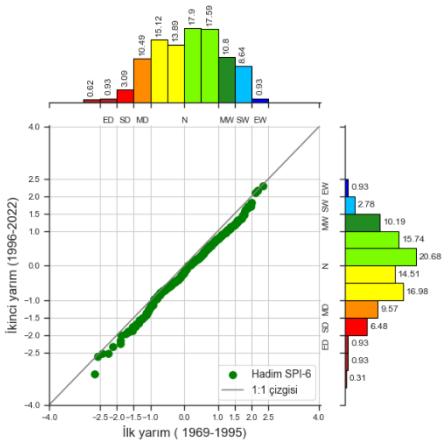
(c)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Burdur SPI-6
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

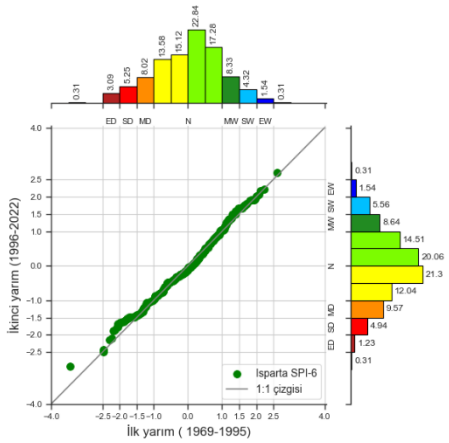
(d)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Eğirdir SPI-6
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

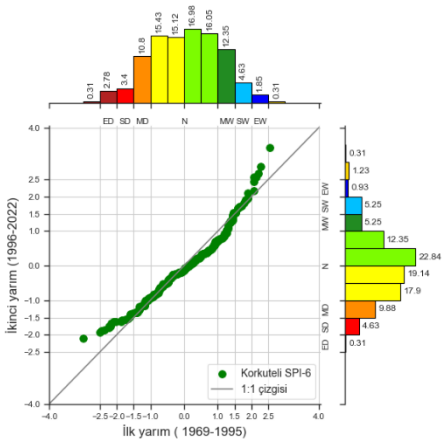
(e)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Hadim SPI-6
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

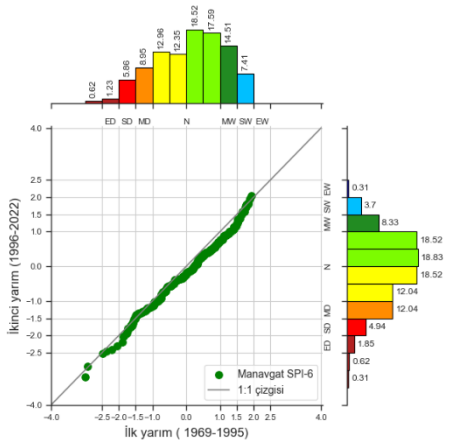
(f)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Isparta SPI-6
1:1 çizgisi

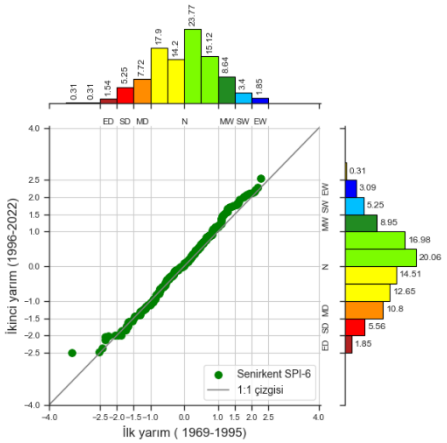
(g)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Korkuteli SPI-6
1:1 çizgisi

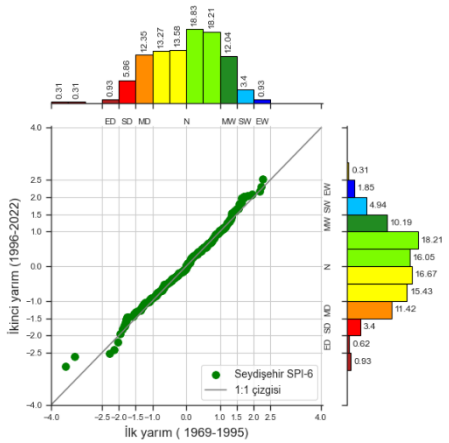
(h)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Manavgat SPI-6
1:1 çizgisi

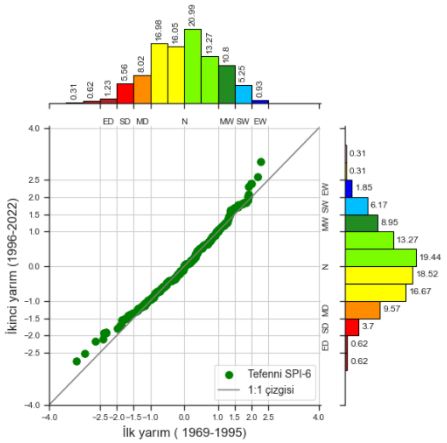
(i)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Senirkent SPI-6
1:1 çizgisi

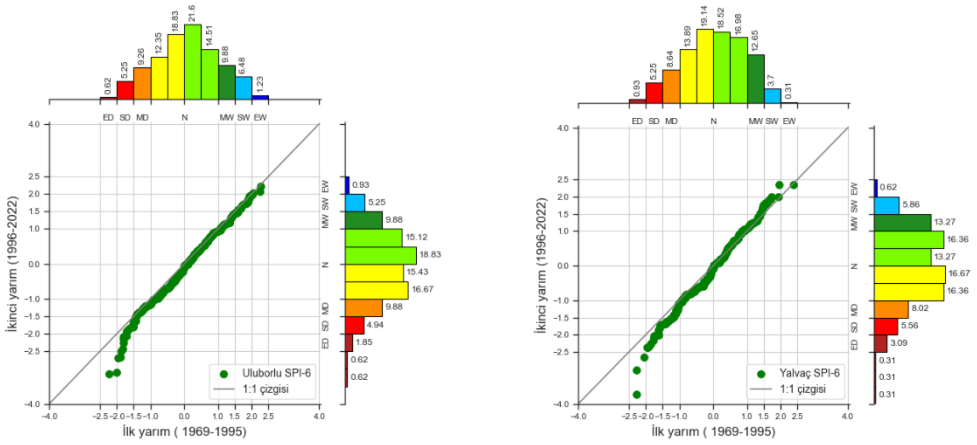
(j)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Seydişehir SPI-6
1:1 çizgisi

(k)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Tefenni SPI-6
1:1 çizgisi

(l)



(m) (n)

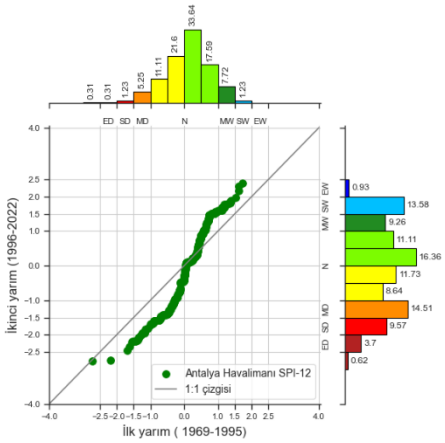
Şekil 3.14 SPI-6 F-ITA grafikleri (a) A. Havalimanı, (b) Alanya, (c) Beyşehir, (d) Burdur, (e) Eğirdir, (f) Hadim, (g) Isparta, (h) Korkuteli, (i) Manavgat, (j) Senirkent, (k) Seydişehir, (l) Tefenni, (m) Uluborlu, (n) Yalvaç

Antalya havzası için Şekil 3.15'te verilen SPI-12 F-ITA grafikleri incelendiğinde, istasyonlarda kuraklık ve sulaklık koşullarına ilişkin farklı eğilim desenleri ortaya çıkmıştır. Alanya SPI-12 indeks değerleri için bütüncül olmayan azalan eğilim gösterirken, ED-MD sınıf aralığında, ikinci yarıda ilk yarıya göre frekans değerlerinde artma söz konusudur. Özellikle SPI-12<-2 için ED kuraklık alt sınıf aralıklarında indeks değerlerinin artma eğilimi gösterdiği, söz konusu kuraklık alt sınıf aralıkları frekanslarının belirgin şekilde değiştiği anlaşılmaktadır. Manavgat istasyonunda ED-MD sınıf aralığında frekans değerlerinde artış görülürken, MW-SW sınıf aralıklarında ise azalış söz konusudur. Antalya Havalimanı istasyonu F-ITA grafiği indeks değerlerine göre bütüncül artan eğilimler görülmektedir. Özellikle ED-MD ve MW-EW sınıf aralıklarında artış eğilimleri bu aralıklarda ikinci yarım frekanslarını önemli oranda yükseltmiştir. İkinci periyotta az da olsa, ilk periyotta hiç görülmeyen, EW (%0.93) olayı ile karşılaşılmıştır. Havzanın iç kesimlerindeki Korkuteli istasyonuna gelince eğilim açısından dalgalı bir seyrin olduğu, ED olaylarında azalma, SD ile EW olaylarında ise artış olduğu görülmektedir. -2.5<SPI-12<0 ve 0<SPI-12<2.5 aralıklarında bütüncül olmayan artan eğilimler görülmektedir.

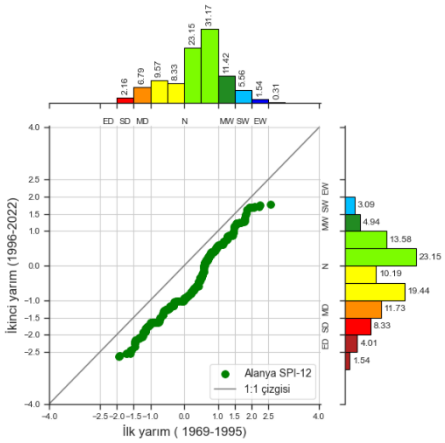
Antalya havza sınırları dışında yer alan Beyşehir, Seydişehir ve Hadim istasyonları SPI-12 F-ITA grafikleri incelendiğinde, Seydişehir' de sulaklık olaylarındaki artış eğilimiyle birlikte sulaklık olasılıkları artmıştır. Hadim'de kuraklık olaylarında artış görülürken sulaklık olaylarına gelince azalma eğilimleri hakimdir. Beyşehir'de frekans değerlerinde SD ve SW sınıf aralıklarında artma, MW'da ise azalma söz konusudur.

Havzanın batısında Tefenni istasyonu kuraklık ve sulaklık açısından bütüncül artış eğilimindedir. Burdur istasyonu SPI-12 F-ITA grafiğindeki eğilim ve frekans değişimleri dikkat çekicidir. SPI-12≥+1 için SW ve EW sınıf aralıkları frekansları %2.78 ve %0.62'den %7.41 ve %6.48'e çıkarak kayda değer ölçüde artmıştır.

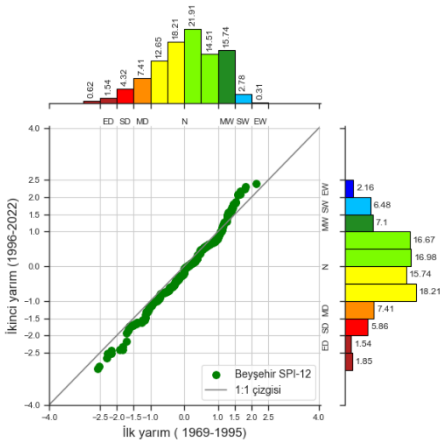
Son olarak SPI-12 ilişkin olarak kuzeyde yer alan Yalvaç, Senirkent, Uluborlu, Eğirdir ve Isparta istasyonlarının F-ITA grafiklerine dair değerlendirmeler yapıldığında, Senirkent'te kuraklık açısından frekanslarda azalma görülürken, tam tersi EW sınıf aralığında frekanslar artmıştır. Yalvaç istasyonunda bütüncül artış eğilimi söz konusudur. Normal sınıf aralıklarında azalma, buna karşın kuraklık ve sulaklık sınıf frekanslarında artışlar olmuştur. SPI-12<-1 değerleri için kuraklık olayları artış trendine sahiptir. Uluborlu istasyonunda kuraklık olaylarında yaşanan eğilim artışına paralel olarak ED ve SD sınıf aralığı frekans değerleri, ilk yarıma göre ikinci yarımda, önemli oranda artarken, EW sulak olayları %0.31'den 2.78'e, kayda değer seviyede artış eğilimi göstermiştir. Eğirdir'de genel olarak kuraklık frekanslarında azalma, sulaklıkta artma vardır. Isparta istasyonunda ise durum tam tersi olup, kuraklık sınıflarında artma, sulaklık sınıflarında azalma görülmüştür.


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Antalya Havalimanı SPI-12
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

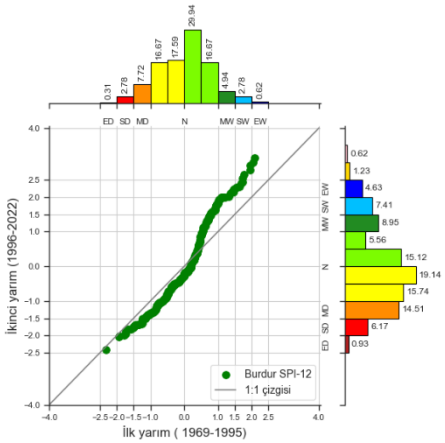
(a)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Alanya SPI-12
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

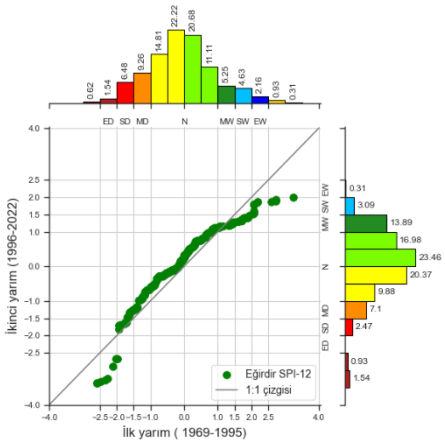
(b)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Beyşehir SPI-12
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

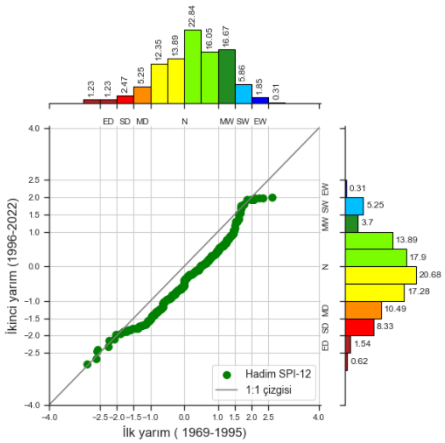
(c)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Burdur SPI-12
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

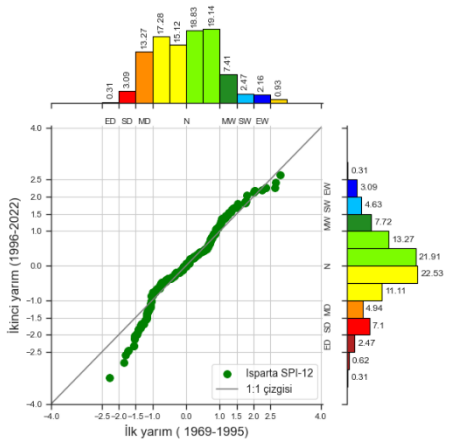
(d)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Eğirdir SPI-12
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

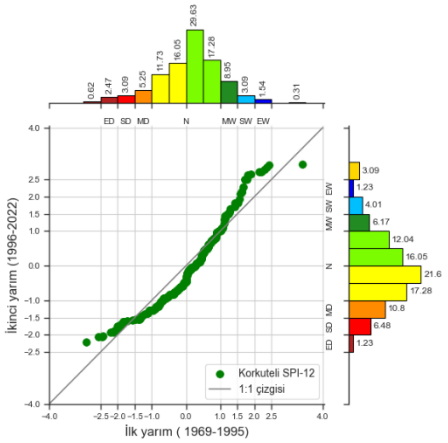
(e)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Hadim SPI-12
1:1 çizgisi
ED SD MD N MW SW EW

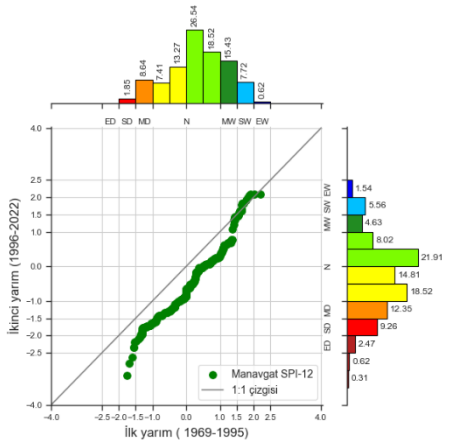
(f)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Isparta SPI-12
1:1 çizgisi

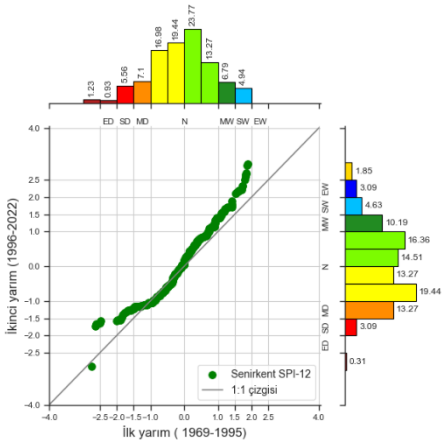
(g)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Korkuteli SPI-12
1:1 çizgisi

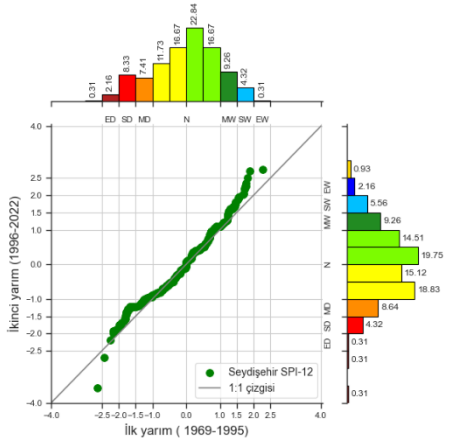
(h)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Manavgat SPI-12
1:1 çizgisi

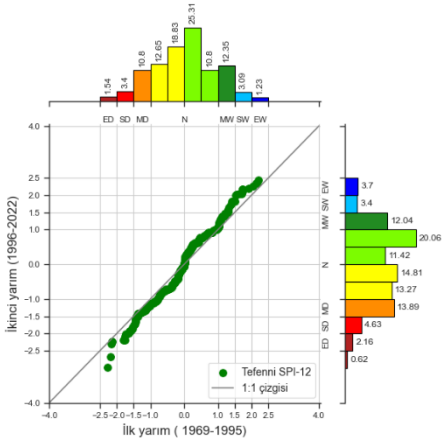
(i)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Senirkent SPI-12
1:1 çizgisi

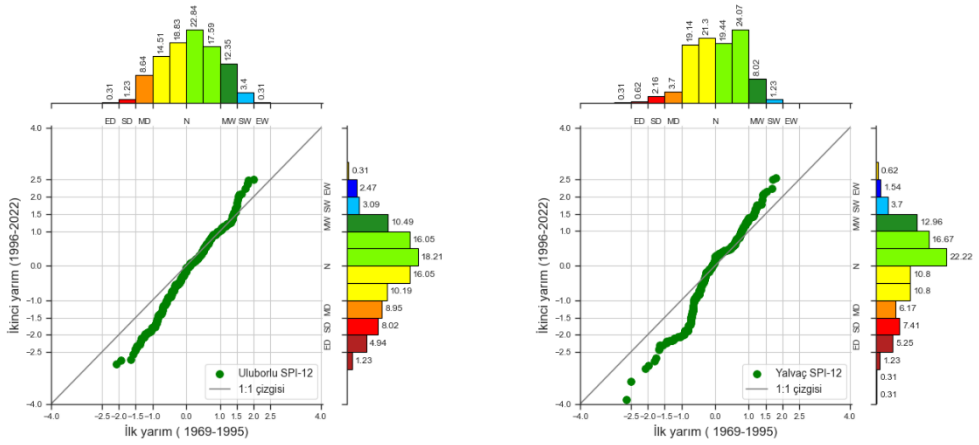
(j)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Seydişehir SPI-12
1:1 çizgisi

(k)


İkinci yarım (1996-2022)
İlk yarım (1969-1995)
Tefenni SPI-12
1:1 çizgisi

(l)



(m) (n)

Şekil 3.15 SPI-12 F-ITA grafikleri (a) A. Havalimanı, (b) Alanya, (c) Beyşehir, (d) Burdur, (e) Eğirdir, (f) Hadim, (g) Isparta, (h) Korkuteli, (i) Manavgat, (j) Senirkent, (k) Seydişehir, (l) Tefenni, (m) Uluborlu, (n) Yalvaç

3.7 Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

3.7.1 K-SPI ve D-SPI İndeksleri Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde, Antalya Havzası'ndaki 16 meteoroloji istasyonuna ait klasik Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (K-SPI) ile dinamik Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (D-SPI) analiz sonuçları, SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 zaman ölçekleri dikkate alınarak, karşılaştırılmıştır. Tüm istasyonlar arasından belirgin farklılık gösteren örnek istasyonlar dikkate alınarak sonuçlar üzerinden ayrıntılı tartışma gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde, önceki bölümlerde sunulan analiz sonuçları temel alınarak yöntemler arasındaki en belirgin farklılıklar tartışılmaktadır.

SPI-3 zaman ölçeği analiz sonuçları incelendiğinde, D-SPI uygulamasının kısa vadeli ve mevsimsel dalgalanmalara daha duyarlı olduğu gözlemlenmektedir. Özellikle Manavgat, Isparta ve Senirkent istasyonları için hesaplanan D-SPI değerlerinin, K-SPI değerlerine göre, daha düşük seviyelerde olduğu, buna bağlı olarak kuraklık olaylarının daha kritik sınıflar ile tanımladığı belirlenmiştir.

SPI-6 zaman ölçeğinde ise, iki uygulama arasındaki fark belirli dönemlerde azalmakla birlikte, özellikle 2016 yılında Isparta istasyonunda kaydedilen belirgin kuraklık anomalisinde D-SPI yönteminin daha çarpıcı kuraklık tespitinde

bulunduğu görülmektedir. Bu yıl için ilgili istasyonda, K-SPI değeri -1.6 olarak hesaplanırken, buna karşın D-SPI analiz değeri -2.5 seviyesine kadar düşmektedir.

SPI-12 zaman ölçeği sonuçlarına gelince, K-SPI ve D-SPI arasındaki fark belirgin şekilde azalmış, istasyonlar için uygulama sonuçları arasında yüksek uyum sağlanmıştır.

Bu bulgular genelinde, D-SPI uygulaması ile kısa ve orta vadeli kuraklık analizlerinde zaman zaman daha kritik sonuçlar elde edildiği, uzun vadeli analizlere gelindiğinde uygulama sonuçları arasında kayda değer farkın olmadığı görülmektedir.

Bu nedenle kuraklık analizleri ve bu analizlere bağlı değerlendirmelerde, özellikle de kısa ve orta vadeli kuraklık izlemelerinde klasik ve dinamik SPI uygulamaların yapılmasının önemli olduğu, buna karşın uzun vadeli analizler için indekslerin hesap şeklinin önemli olmadığı görülmüştür.

3.7.2 Trend (Eğilim) Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde, Antalya Havzası'nda 1969–2022 dönemine ait yağış ve sıcaklık verileri ile SPI analiz sonuçları üzerinden tanımlanan trendler karşılaştırılıp değerlendirilmiştir.

Yağış verileri üzerinde yapılan klasik eğilim analizleri genel anlamda anlamlı bir trend ortaya koymamıştır. Bazı istasyonlarda F-ITA grafikleri ile parçalı azalan trendler belirlenmiş, ancak bu değişimler klasik yöntemlere göre istatistiksel anlamlılık sınırını aşamamıştır. Sonuçta, Antalya Havzası genelinde yağış rejimi özelinde klasik uygulamalara göre uzun vadede göreceli bir durağanlık söz konusudur. Yenilikçi yöntemler, genel eğilimlerin yanısıra alt sınıf aralıkları eğilimlerini ve bunlara bağlı frekans değişimlerini istasyon istasyon tanımlayabilmektedir.

Havza ortalama sıcaklık verileri trendlerine gelindiğinde çok daha belirgin desenlerin söz konusu olduğu görülmektedir. Kıyı kesimlerde (Manavgat, Alanya, A.Havalimanı) ve kuzeydeki bazı istasyonlarda (Isparta, Yalvaç) kayda değer artış trendleri görülmüştür. Sen’s Slope analizlerine göre bu artışlar, uzun yıllar ortalama sıcaklık değerlerinde, 1.5-3.5°C arasındadır.

SPI indeksleri eğilimleri zaman ölçekleri referans alınarak incelenirse, SPI-3 analizleri için genelde belirgin bir trend saptanmamış, SPI-6 ve SPI-12 zaman ölçeklerinde ise bazı istasyonlarda anlamlı azalma eğilimleri tespit edilmiştir. Manavgat, Alanya ve A.Havalimanı gibi sahil istasyonlarında SPI-6 ve SPI-12 eğilim analizleri, orta ve uzun vadeli kuraklık şiddetinde belirgin bir artış olduğunu işaret eder.

SPI-12 zaman ölçeğinde, havzanın güneydoğu kesiminde (Alanya-Manavgat) kuraklık şiddeti artmış, kuzeydeki bazı istasyonlarda (Eğirdir, Isparta) ise trendler durağan kalmıştır. Bu bulgular iklim değişikliği etkilerinin havza genelinde homojen olmadığını, özellikle deniz etkisine açık alanlarda daha da çok hissedildiğini gösterir.

Sonuç olarak, Antalya Havzası'nda sıcaklık trendlerinin anlamlı artış gösterdiği, yağışlarda kayda değer herhangi bir trend olmadığı; SPI tabanlı kuraklık ve eğilim analizlerine göre ise orta ve uzun vadeli kuraklık şiddetinde artış eğilimlerinin ortaya çıktığı belirlenmiştir.

3.8 Antalya Havzası Yağış, Sıcaklık ve Kuraklık Trend Haritaları

Bu bölümde, Antalya Havzası'na ilişkin bulguların uzamsal olarak görselleştirilmesi, aylık ortalama yağış ve ortalama sıcaklık verileri, trendleri ve SPI trend analizleri için hazırlanan mekânsal haritalar ile gerçekleştirilmiştir.

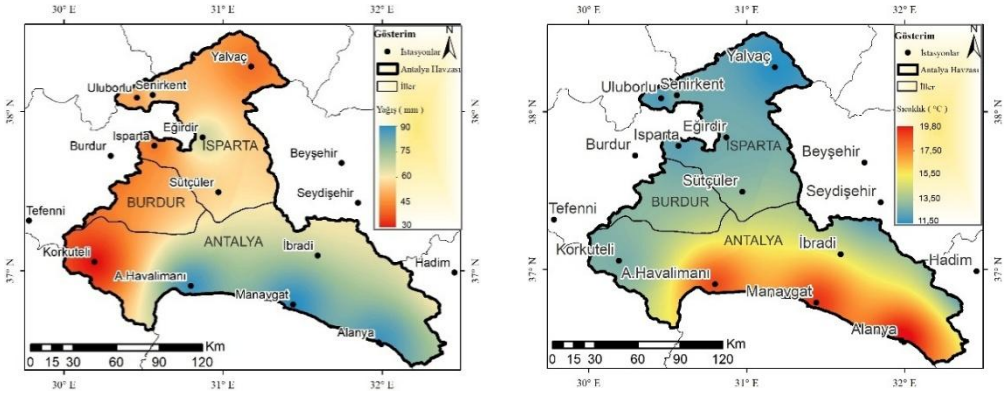
İlk olarak aylık ortalama yağış ve sıcaklık verilerinin mekânsal dağılımı incelenmektedir. Şekil 3.16a' da verilen ortalama yağış haritasına göre, havzanın kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde yağış miktarları nispeten düşük olup, güney ve güneydoğuda yağış miktarlarının belirgin şekilde artış gösterdiği görülebilmektedir. Şekil 3.16b'de verilen ortalama sıcaklık haritası incelendiğinde ise, kıyı kesimlerde özellikle A.Havalimanı, Alanya ve Manavgat çevresinde sıcaklıkların iç kesimlere göre belirgin şekilde daha yüksek olduğu tespit edilmektedir.

Sen's Slope analiz sonuçları kullanılarak oluşturulan Şekil 3.16c'de verilen yağış eğilim haritasına göre havza genelinde belirgin bir artış veya azalış trendinin olmadığı, değişimlerin yer yer belli istasyonlar ve çevresi ile sınırlı kaldığı anlaşılmaktadır. En belirgin artış eğilimi Eğirdir ve çevresinde görülürken, Yalvaç

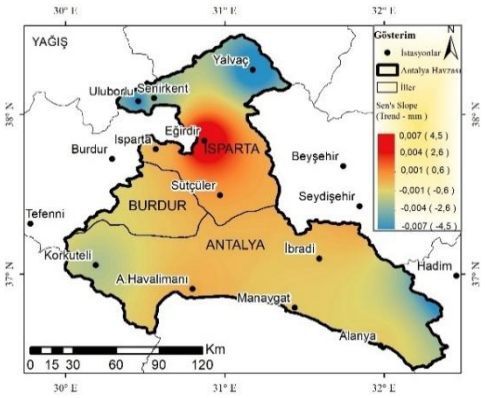
ve Uluborlu bunun aksine azalma eğiliminin en belirgin olduğu istasyonlardır. Şekil 3.16d' de sunulan sıcaklık eğilim haritasına göre, havzanın iç kesimlerinde kuzeye doğru yaklaşık 1.5℃'lik ortalama sıcaklık artışları yaşanırken, havzanın güneybatısı, güneyi ve sahil kesiminde, yaklaşık 2˚C civarında ve yer yer üzerinde, özellikle de Alanya ve Manavgat'ta ortalama sıcaklıklarda kayda değer artışlar görülmektedir.

SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 kuraklık indeksleri ve zaman ölçekleri dikkate alınarak Şekil 3.16e, f ve g'de oluşturulan trend eğilim haritaları karşılaştırıldığında, kuraklık eğilimleri zaman ölçeklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. SPI-3 haritalarında yer yer belirgin eğilimler görülmekle birlikte, havzada genel bir azalma eğilimi net olarak görülememektedir. SPI-6 haritalarına göre havzanın güneyinde özellikle Manavgat ve Alanya sahil istasyonlarında, eğilimlere bağlı olarak kuraklık şiddeti değerleri artmaktadır. SPI-12 haritası yorumlandığında uzun yıllar içinde yaşanan kuraklık olaylarının artış trendleri açıkça görülmekte olup, özellikle havzanın güneydoğusunda kuraklık şiddetinde ciddi seviyede artışlar ortaya çıkmıştır.

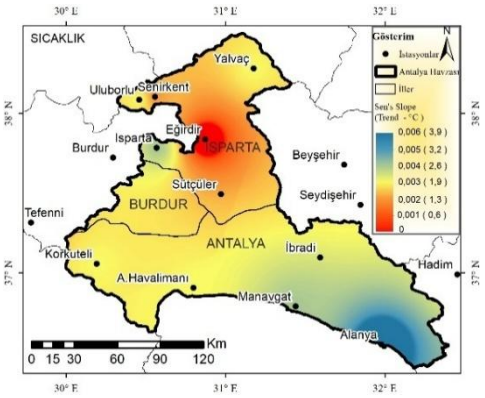
Antalya Havzası'nda kuraklık eğilimleri özellikle sahil kesimlerinde daha yoğundur. Aşağıda sunulan haritalar Antalya havzasında iklim değişikliğine uyum stratejilerinin bölgesel farklılıklar dikkate alınarak geliştirilmesi gerektiğini gösterir.



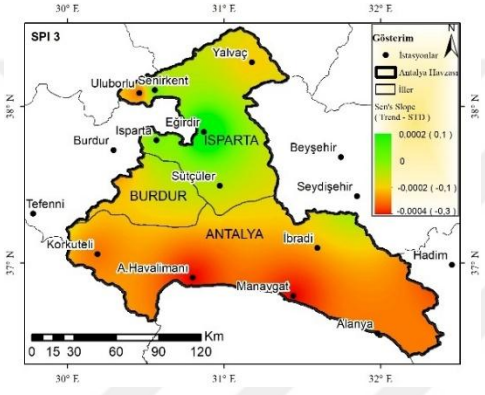
(a) Ortalama Yağış (b) Ortalama Sıcaklık



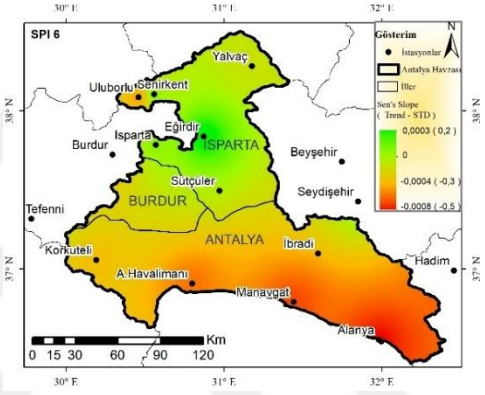
(c) Yağış trendleri



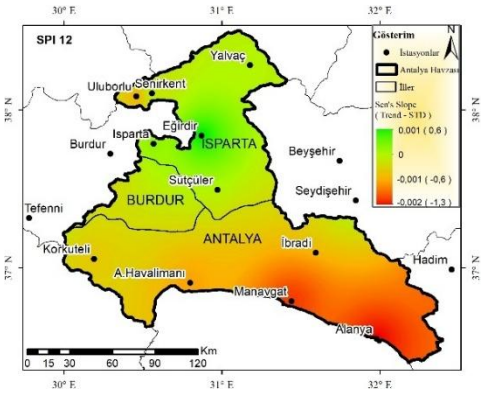
(d) Sıcaklık trendleri



(e) SPI-3 kuraklık trendleri



(f) SPI-6 kuraklık trendleri



(g) SPI-12 kuraklık trendleri

Şekil 3.16 Antalya Havzası'na ait (a-b) ortalama yağış ve sıcaklık dağılımları, (c-d) SS yağış ve sıcaklık trendleri ve (e-f-g) SPI-3, SPI-6 ve SPI-12 SS kuraklık trendleri.

4
SONUÇ

Bu tez çalışmasında Antalya Havzası için, 1969–2022 dönemine ait meteorolojik veriler kullanılarak, eksik verilerin tamamlanmasından verilerin kalite kontrolüne, homojenlik testleri, veri setlerine uygun olasılık dağılım model seçimi ve kuraklık indeksi hesaplamalarından trend analizlerine kadar, kapsamlı bir kuraklık değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın başında eksik veriler, Climatol programı kullanılarak, veri bütünlüğü ve doğal değişkenlik korunacak şekilde, minimum müdahaleyle tamamlanmış; ardından, yağış ve sıcaklık verilerinin homojenlikleri üç farklı istatistiksel test aracılığıyla analiz edilmiştir. Yağış verilerinin homojen olduğu, sıcaklık verilerinin ise test sonuçlarına göre genelde homojen olduğu, sadece bir istasyon verisinden şüphelenilirken bir istasyon verisi için de homojenliğin bozulduğu tespit edilmektedir.

Kuraklık analizleri için ilk olarak veri setlerinin Gamma dağılımına uygunlukları kontrol edilmiştir. Gama'nın uygun olmadığı veri setleri için, GEV ve Weibull alternatif olasılık dağılımları kullanılarak kuraklık hesapları yapılmıştır. Klasik (K-SPI) ve dinamik (D-SPI) Standartlaştırılmış Yağış İndeksi uygulamaları kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, özellikle kısa (SPI-3) ve orta (SPI-6) vadeli zaman ölçekleri uygulama sonuçları arasında belirgin farkların ortaya çıktığı, uzun zaman ölçeği olarak tanımlanan SPI-12 için her iki uygulama model sonuçlarının yakın değerlere sahip oldukları görülmektedir. Dinamik SPI (D-SPI) uygulaması, yağış verilerini her ay için kendi içerisinde ayrı ayrı değerlendirerek mevsimsel döngülere de duyarlılık gösteren bir analiz yaklaşımı sunmuştur. Bu uygulama, her ayı kendi içinde normalize ettiği için, özellikle belirli dönemlerde görülen kısa süreli ve ani kuraklık olaylarına karşı daha hassastır. Örneğin, yaz aylarında düşük yağış değerleri mevsimsel normallik arz ederken, klasik SPI (K-SPI) yöntemi bu düşüklüğü genel ortalamaya göre

değerlendirdiğinden hatalı kuraklık sinyali oluşturabilir. Buna karşın dinamik yaklaşım, yalnızca aynı ayın geçmiş verileriyle karşılaştırma yaptığı için bu tür yanıltıcı sınıflandırmaların önüne geçilebilir. Yine kış aylarında beklenenin altında kalan yağışlar, dinamik uygulamada daha çarpıcı bir şekilde yansıtılarak, kuraklık koşulları en net biçimde tanımlanabilmektedir. D-SPI uygulaması, özellikle mevsimsel dalgalanmalara duyarlılığın önemli olduğu kuraklık analizlerinde klasik uygulamaya göre daha ayırt edicidir.

İstatistiksel metrikler ve IDCM analiz sonuçları, kısa ve orta vadeli değerlendirmelerde klasik ve dinamik SPI modelleri arasında önemli farkların olduğunu, buna karşın uzun vadede modellerin büyük oranda birbiriyle örtüştüğünü ortaya koymuştur. Trend analizleri kapsamında yapılan Mann-Kendall ve Sen's Slope testleri, sıcaklıklarda anlamlı ve havza geneline yayılan bir artış eğilimi olduğunu gösterirken, yağış verilerinde ise genel olarak istatistiksel anlamlılık düzeyine sahip olmayan küçük değişimler belirlenmiştir. SPI indekslerinin kullanıldığı trend analiz sonuçlarına göre, özellikle SPI-6 ve SPI-12 zaman ölçeklerinde havzanın güney kesiminde, özellikle Manavgat ve Alanya' da kuraklık şiddetinde anlamlı belirgin artışlar tespit edilmiştir. F-ITA analizlerine gelindiğinde, klasik ve yenilikçi yöntemlerle belirlenen, eğilimlere ek olarak ortaya çıkan frekans tabanlı değişimler de incelenmiştir. Analiz sonuçları; kuraklık ve sulaklık olayları alt sınıf aralıklarında dikkat çekici eğilimleri ve bunlara bağlı frekans değişimlerinin yaşandığını göstermiştir.

Yapılan analizler sonucunda, Antalya Havzası'nda kısa ve orta vadeli kuraklık izlemelerinde dinamik SPI uygulamasının kullanımının planlamalar açısından daha kritik olacağı; uzun vadeli değerlendirmelerde ise klasik ve dinamik SPI uygulamaları arasında belirgin bir farklılığın olmadığı sonucuna varılmıştır. Özellikle kıyı bölgelerinde artan sıcaklık ve kuraklık olaylarına bağlı olarak, su kaynakları yönetimi ve tarımsal faaliyetlerin iklim değişikliği etkilerini azaltacak şekilde planlanması gerektiği açıktır. Ayrıca, havzanın farklı alt bölgeleri arasında gözlenen mekânsal farklılıklar, iklim değişikliğine uyum stratejilerinin bölge bazlı olarak geliştirilmesinin kaynakların verimli kullanımının sağlanması açısından önemini de ortaya koymaktadır. Tez çalışmasında kullanılan dinamik kuraklık analiz uygulamasının ve frekans tabanlı eğilim analizlerinin gelecek çalışmalarda

tercih edilmesi kuraklık ve iklim değişikliği konularındaki kapsamlı incelemeler ve değerlendirmeler açısından önemlidir. Sonuç olarak, Antalya Havzası'nda kuraklık konusunda önlemler ve sürdürülebilir uygulamalar için, bu tez çalışmasında verilen klasik ve yenilikçi analiz yöntemlerinin bütüncül bir yaklaşımla birlikte kullanılması gerektiği açıktır.

KAYNAKÇA

Abu Arra, A., & Şişman, E. (2024). A comprehensive analysis and comparison of SPI and SPEI for spatiotemporal drought evaluation. Environmental Monitoring and Assessment,, 196(10), s. 980.

Arra, A. A., Alashan, S., & Şişman, E. (2024). Trends of meteorological and hydrological droughts and associated parameters using innovative approaches. Journal of Hydrology, 640, 131661.

Abu Arra, A., Alashan, S., & Şişman, E. (2025a). Advancing innovative trend analysis for drought trends: incorporating drought classification frequencies for comprehensive insights. Natural Hazards, 1-25.

Abu Arra, A., Alashan, S., & Şişman, E. (2025b). A new framework for innovative trend analysis: integrating extreme precipitation indices, standardization, enhanced visualization, and novel classification approaches (ITA-NF). Natural Hazards, 1-33.

Akca, S., Keskin, M. Z., Arra, A. A., & Şişman, E. (2023). Spatial and regression-based missing precipitation data imputation: Western Black Sea region. ntercontinental Geoinformation Days, 7, s. 180-183.

Alexandersson, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. Journal of Climatology, 6(6), s. 661-675.

Alvarez, I., Pereira, H., Lorenzo, M. N., Picado, A., Sousa, M. C., Taboada, J. J., & Dias, J. M. (2024). Drought projections for the NW Iberian Peninsula under climate change. Climate Dynamics, 62(6), s. 4775-4791.

Anderson, T. W., & Darling, D. A. (1954). A test of goodness of fit. Journal of the American Statistical Association, 49(268), s. 765-769.

Aragón, F. M., Oteiza, F., & Rud, J. P. (2021). Climate change and agriculture: Subsistence farmers' response to extreme heat. American Economic Journal: Economic Policy, 13(1), s. 1-35.

Assefa, T., & Mahnamfar, F. (2023). Assessment of drought characteristics and trend analysis in Antalya Basin, Turkey. Journal of Civil Engineering and Urbanism, 13(1), s. 18-24.

Berhail , N., & Katipoğlu, E. (2023). SPI-SPEI comparative drought monitoring in semi-arid basins. Meteorology and Atmospheric Physics, 136(3), s. 327-340.

Bowman, D. M., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane,, M. A., . . . Pyne, S. J. (2009). Fire in the Earth system. science, 324(5926), s. 481-484.

Buishand, T. A. (1972). Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. Journal of Hydrology, 58(1-2), s. 11-27.

Dabanlı, İ., Şen, Z., Yeleğen, M. Ö., Şişman, E., Selek, B., & Güçlü, Y. S. (2016). Trend assessment by the innovative-Şen method. Water resources management, 30, 5193-5203.

Dabanlı, İ., Mishra, A. K., & Şen, Z. (2017). Long-term spatio-temporal drought variability in Turkey. Journal of Hydrology, 552, s. 779-792.

FAO. (2019). Agricultural drought and climate change. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Freitas, A. A., Carvalho, V. S., & Reboita, M. S. (2024). Extreme Precipitation Events During the Wet Season of the South America Monsoon: A Historical Analysis over Three Major Brazilian Watersheds. Climate, 12(11), s. 188.

Gilbert, R. O. (1987). Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Van Nostrand Reinhold.

Guijarro, J. A. (2018). Homogenization of climatic series with Climatol. Reporte técnico State Meteorological Agency (AEMET), Balearic Islands Office, Spain., 31(1), s. 1-12.

Guijarro, J. A. (2023). Climate Tools (Series Homogenization and Derived Products), version 4.1. 0. 2023.

Guttman, N. B. (1998). Comparing the Palmer drought index and the standardized precipitation index. Journal of the American Water Resources Association, 34(1), s. 113-121.

Guttman, N. B. (1999). Accepting the standardized precipitation index: A calculation algorithm. Journal of the American Water Resources Association, 35(2), s. 311–322.

Gül, M., & Kayaalp, G. (2024). The impact of climate change on water resources in Turkey. Water Resources Management, 38(4), s. 1123-1140.

Hamed, K. H., & Ramachandra Rao, A. (1998). A modified Mann–Kendall trend test for autocorrelated data. Journal of Hydrology, 204(1-4), s. 182–196. doi:

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 University Press.

IPCC. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, Ed.).

Isinkaralar, O., Sharifi, A., & Isinkaralar, K. (2024). Assessing spatial thermal comfort and adaptation measures for the Antalya basin under climate change scenarios. Climatic Change, 177(8), s. 118.

Katipoğlu, A. G., & Reşat, A. C. (2020). Fırat havzasındaki yağış verilerinin kırılma noktasının incelenmesi. 4. Uluslararası GAP Matematik-Mühendislik-Fen ve Sağlık Bilimleri Kongresi.

Kendall, M. G. (1975). Rank Correlation Methods (4th ed.). Charles Griffin.

Keskin, A. Ü., Kır, G., & Z. U. (2023). Karadeniz Bölgesi Yağış, Sıcaklık ve Rüzgar Hızı Parametrelerinin Homojenliklerinin ve Eğilimlerinin Değerlendirilmesi. 6(1), s. 129-145.

Keyantash, J. A., & Dracup, J. A. (2002). The quantification of drought: An evaluation of drought indices. Bulletin of the American Meteorological Society, 83(2), s. 1167-1180.

Kolmogorov, A. N. (1933). Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari, 4, s. 83-91.

Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. Econometrica, 13(3), s. 245-259.

Massey , F. J. (1951). The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. Journal of the American statistical Association, 46(253), s. 68-78.

McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, s. pp. 179-184.

Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. Journal of Hydrology, 391(1-2), s. 202-216.

Nalbantis, I., & Tsakiris, G. (2009). Assessment of hydrological drought revisited. Water Resources Management, 23(5), s. 881-8997.

Nwayor, I. J., & Robeson, S. M. (2024). Exploring the relationship between SPI and SPEI in a warming world. Theoretical and Applied Climatology, 155(4), s. 2559-2569.

Pearson, K. (1900). On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. Philosophical Magazine, 50(302), s. 157-175.

Peres, D. J., Bonaccorso, B., Palazzolo, N., Cancelliere, A., Mendicino, G., & Senatore, A. (2023). A dynamic approach for assessing climate change impacts on drought: an analysis in Southern Italy. Hydrological Sciences Journal, 68(9), s. 1213-1228.

Pettitt, A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), 28(2), s. 126-135.

Pulwarty, R. S., & Sivakumar, M. V. (2014). Information systems in a changing climate: Early warnings and drought risk management. Weather and Climate Extremes, 3, s. 14-21.

Rezaee, A., Mosaedi, A., Beheshti, A., & Zarrin, A. (2023). Analyzing trend and periodicity of climatic variables during 1961-2020 over Iran, based on observation data.

Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association, 63(324), s. 1379-1389.

Serkendiz, H., & Tatlı, H. (2023). Sosyo-Ekonomik ve Biyofiziksel Bileşenlerine Dayalı Geliştirilen Dirençlilik İndeksi ile Türkiye'de Kuraklığın İncelenmesi. Resilience, 7(1), s. 73-91.

Serreze, M. C., & Barry, R. G. (2014). The Arctic Climate System. Cambridge University Press.

Shepard, D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. Proceedings of the 1968 ACM National Conference, s. 517–524.

Shuai, H., Li, F., Zhu, J., Tingen II, W. J., & Mukherjee, S. (2024). Modeling the impact of extreme summer drought on conventional and renewable generation capacity: Methods and a case study on the Eastern US power system. Applied Energy, 363, s. 122977.

Sırdaş, S., & Şen, Z. (2010). Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması. İTÜDERGİSİ/d, 2(2).

Stagge, J. H., Tallaksen, L. M., Gudmundsson, L., Van Loon, A. F., & Stahl, K. (2015). Candidate distributions for climatological drought indices (SPI and SPEI). International Journal of Climatology, 35(13), s. 4027-4040.

SYGM. (2018). Antalya Havzası Kuraklık Yönetim Planı. Ankara: SYGM.

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

Şen, Z., & Şişman, E. (2024). Probabilistic standardization index adjustment for standardized precipitation index (SPI). Theoretical and Applied Climatology, 155(4), s. 2747-2756.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, S. Y. (2023). Antalya Havzası kuraklık yönetim planı: Nihai rapor.

Tallaksen, L. M., & Van Lanen, H. A. (2004). Hydrological drought: Processes and estimation methods for streamflow and groundwater. Elsevier.

Taylan, E. D. (2024). An Approach for Future Droughts in Northwest Türkiye: SPI and LSTM Methods. Sustainability,, 16(16), s. 6905.

Taylan, E. D., & Damçayırı, D. (2016). Isparta Bölgesi Yağış Değerlerinin IDW ve Kriging Enterpolasyon Yöntemleri ile Tahmini. Teknik Dergi, 27(3), s. 7551-7559.

Theil, H. (1950). A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. Nederl. Akad. Wetensch., Proc., 53, s. 386–392.

Tongal, H. (2019). Spatiotemporal analysis of precipitation and extreme indices in the Antalya Basin, Turkey. Theoretical and Applied Climatology, 138(3), s. 1735-1754.

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

Trenberth, K. E., Fasullo, J. T., & Shepherd, T. G. (2015). Attribution of climate extreme events. Nature Climate Change. 5(8), s. 725-730.

Tsakiris, G., Pangalou, D., & Vangelis, H. (2007). Regional drought assessment based on the reconnaissance drought index (RDI). Water Resources Management, 21(5), s. 821-833.

Türkes, M. (2012). Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4(2), s. 1-32.

Türkiye., W. (2024). Kuraklığın gölgesinde: Antalya'da tarım ve su yönetimi. Doğal Hayatı Koruma Vakfı.

United Nations. (1997). United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa: Text with annexes. United Nations Publications.

Venema, V. K., Mestre, O., Aguilar, E., Auer, I., Guijarro, J. A., Domonkos, P., & ... Brandsma, T. (2012). Benchmarking homogenization algorithms for monthly data. Climate of the Past,, 8(1), s. 89-115.

Vicente-Serrano, S. M., Begueria, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multi-scalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI). Journal of Climate, 23(7), s. 1696-1718.

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multi-scalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI). Journal of Climate, 23(7), s. 1696-1718.

Vogel, R. M., & Fennessey, N. M. (1993). L-moment diagrams should replace product moment diagrams. Water Resources Research, 29(6), s. 1745-1752.

Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. Water International, 111(120), s. 111-120.

World Meteorological Organization. (2012). Standardized precipitation index user guide. World Meteorological Organization, 1090.

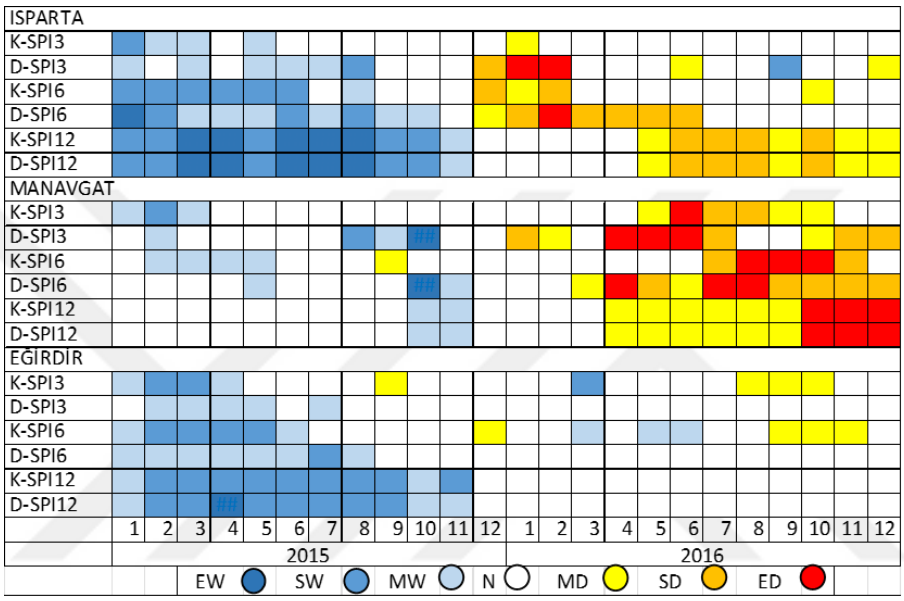
Yang, X., Liao, X., Di, D., & Shi, W. (2023). A review of drought disturbance on socioeconomic development. Water, 15(22), s. 3912.

Yue, P., & Pilon, P. (2004). A comparison of the power of the t test, Mann–Kendall and bootstrap tests for trend detection. Hydrological Sciences Journal, 49(1), s. 21–37.

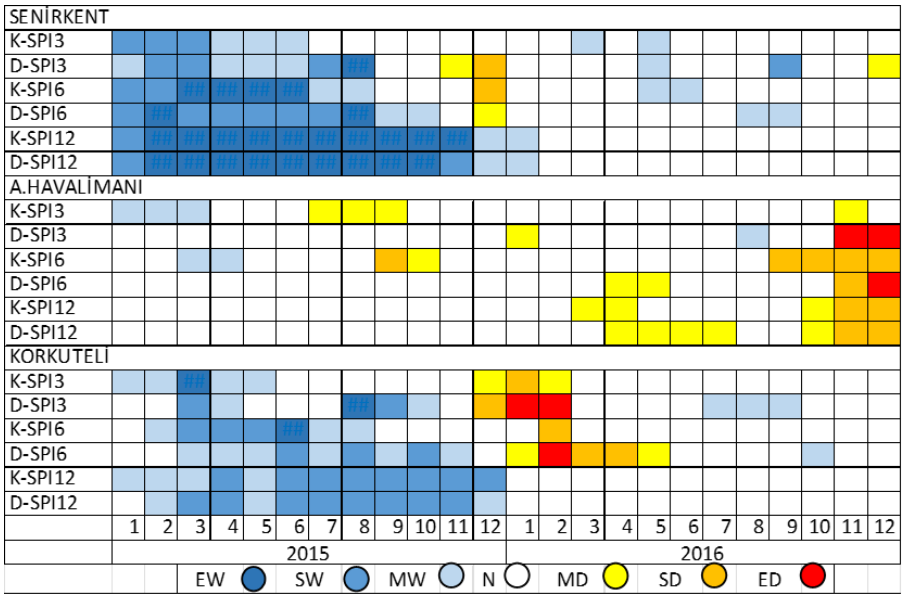
Yue, S., & Wang, C. Y. (2004). The Mann–Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. Water Resources Management, 18(3), s. 201–218.

Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B., & Khan, F. I. (2011). A review of drought indices. Environmental Reviews, 19, s. 333-349.

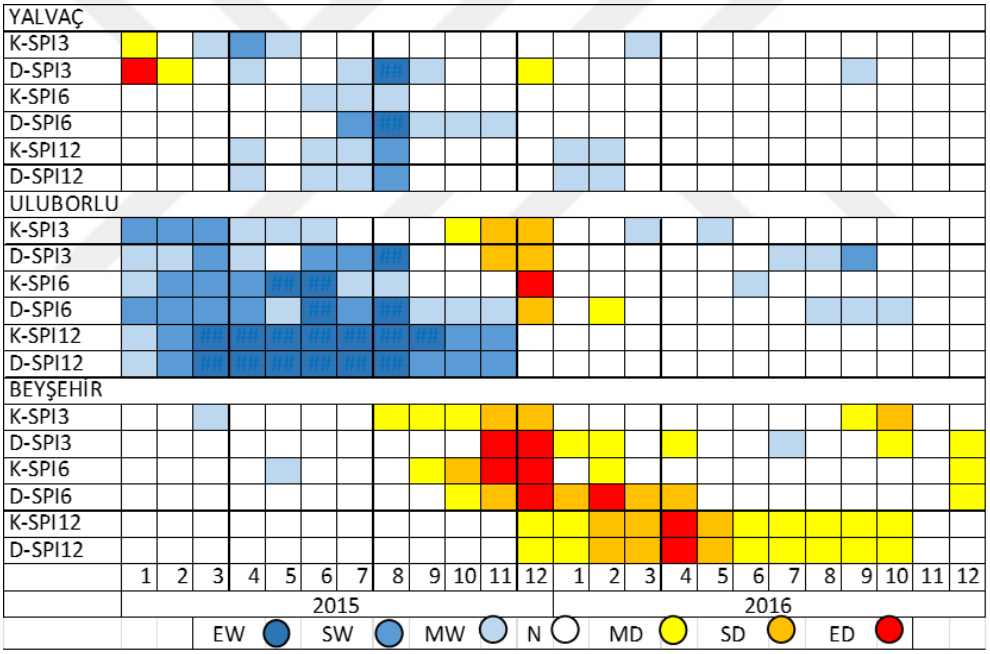
A
K-SPI VE D-SPI KURAKLIK ANALİZ SONUÇLARI



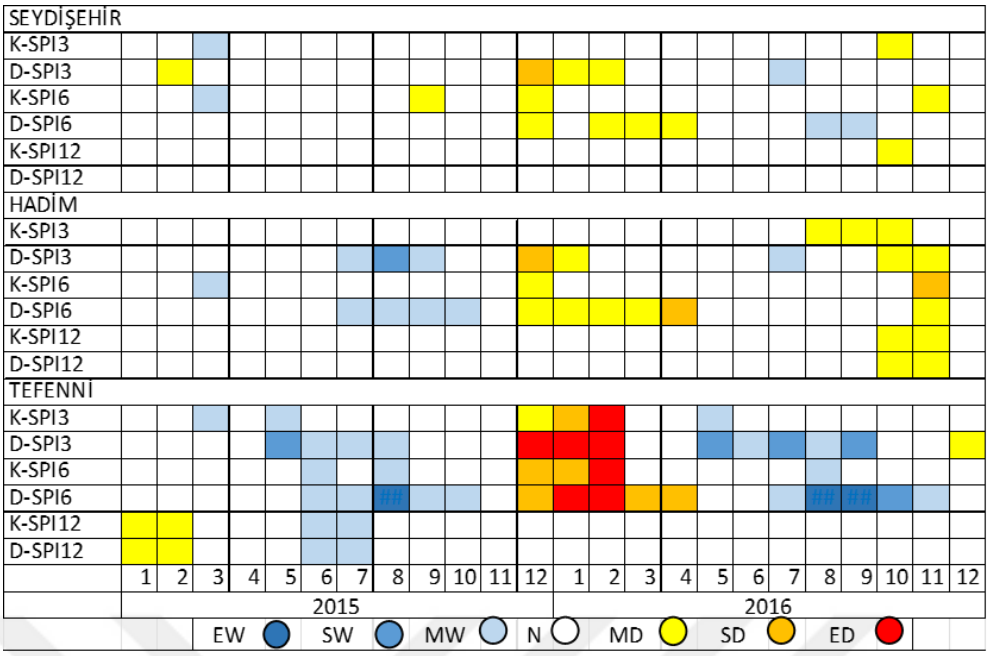
Şekil A.1 Isparta, Manavgat ve Eğirdir istasyonlarının 2015–2016 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları



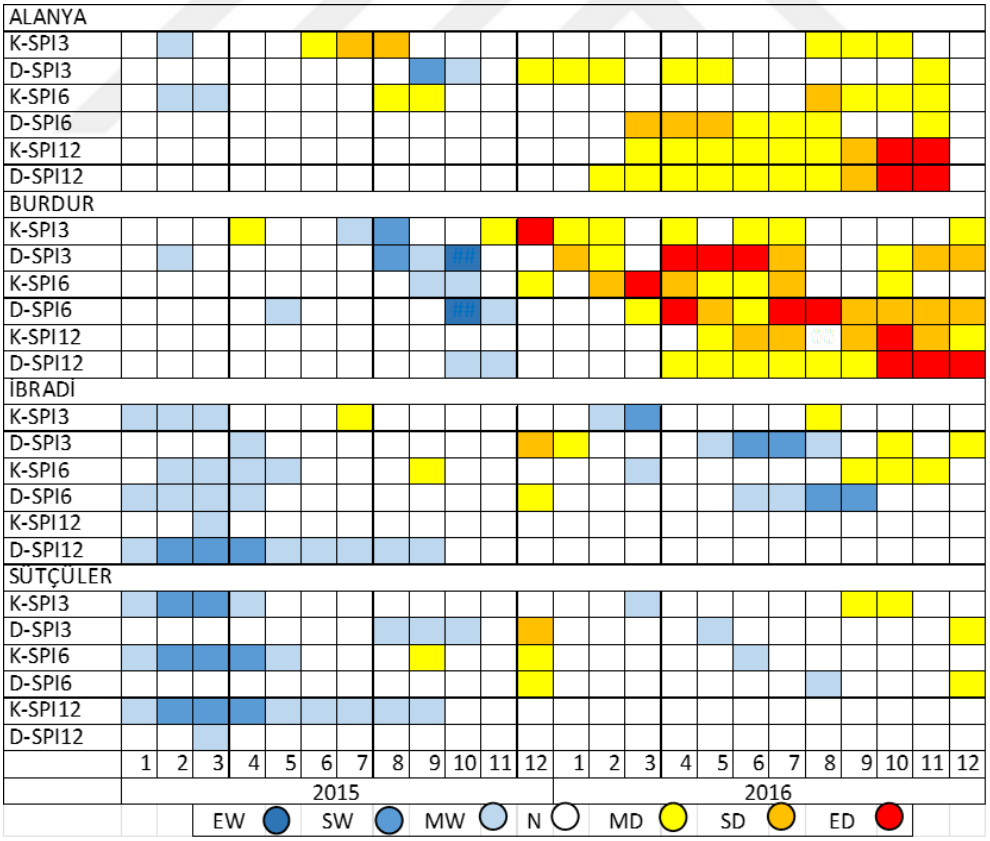
Şekil A.2 Senirkent, A.Havalimanı ve Korkuteli istasyonlarının 2015–2016 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları



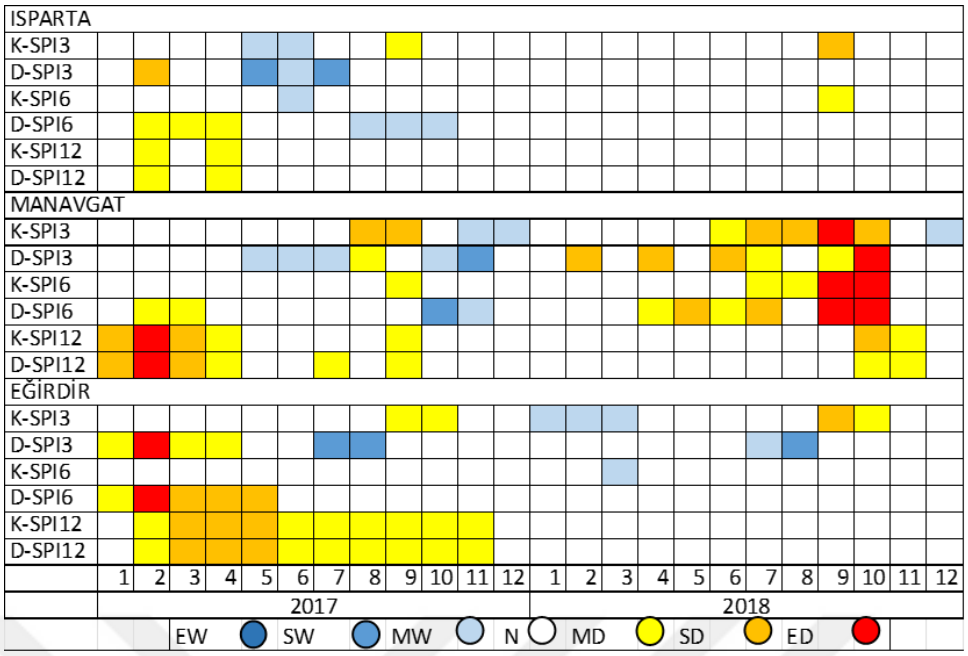
Şekil A.3 Yalvaç, Uluborlu ve Beyşehir istasyonlarının 2015–2016 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları



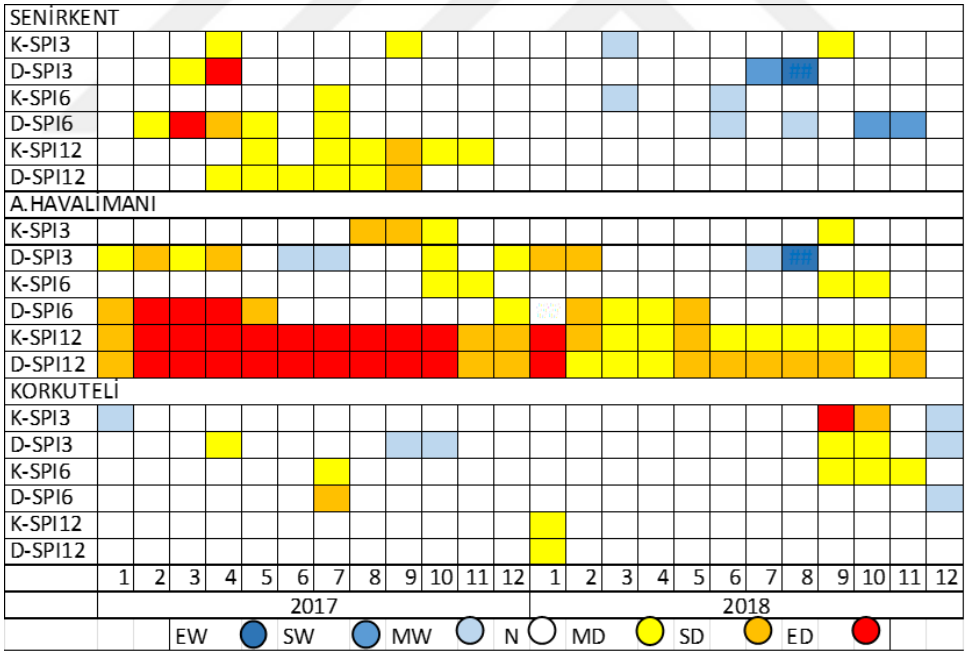
Şekil A.4 Seydişehir, Hadim ve Tefenni istasyonlarının 2015–2016 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları



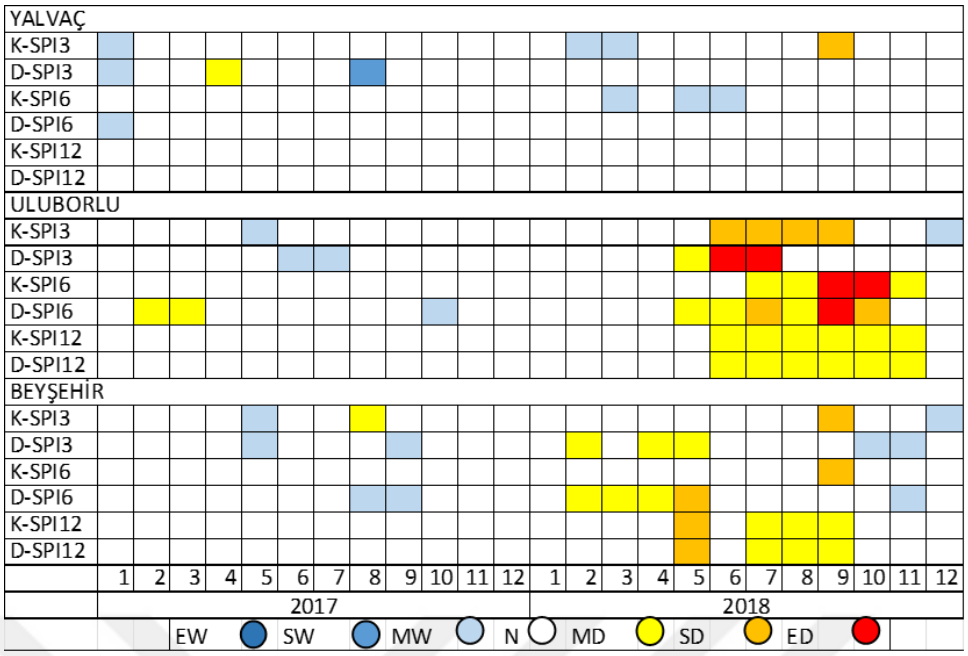
Şekil A.5 Alanya, Burdur, İbradi ve Sütçüler istasyonlarının 2015–2016 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları



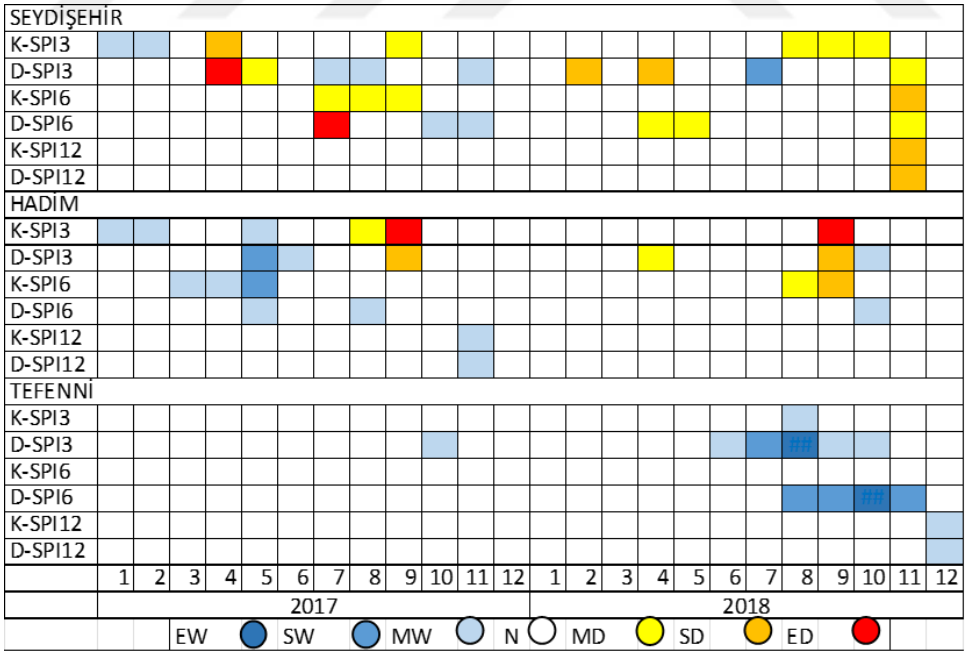
Şekil A.6 Isparta, Manavgat ve Eğirdir istasyonlarının 2017–2018 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları



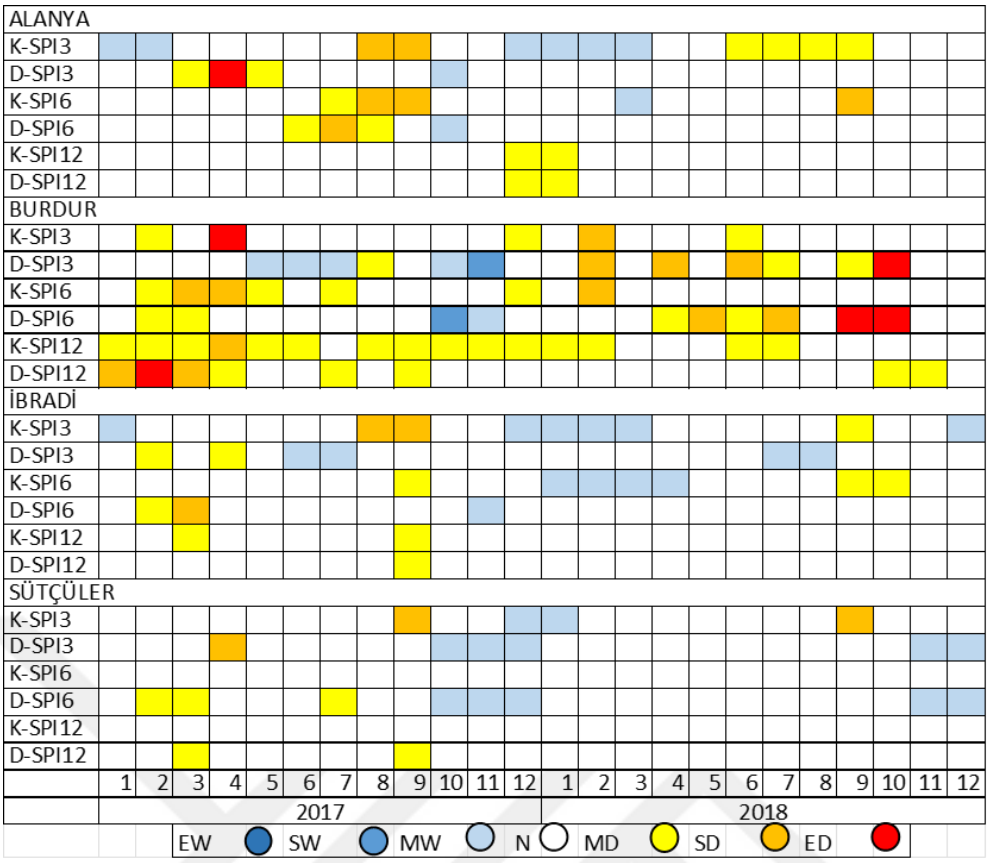
Şekil A.7 Senirkent, A.Havalimanı ve Korkuteli istasyonlarının 2017–2018 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları



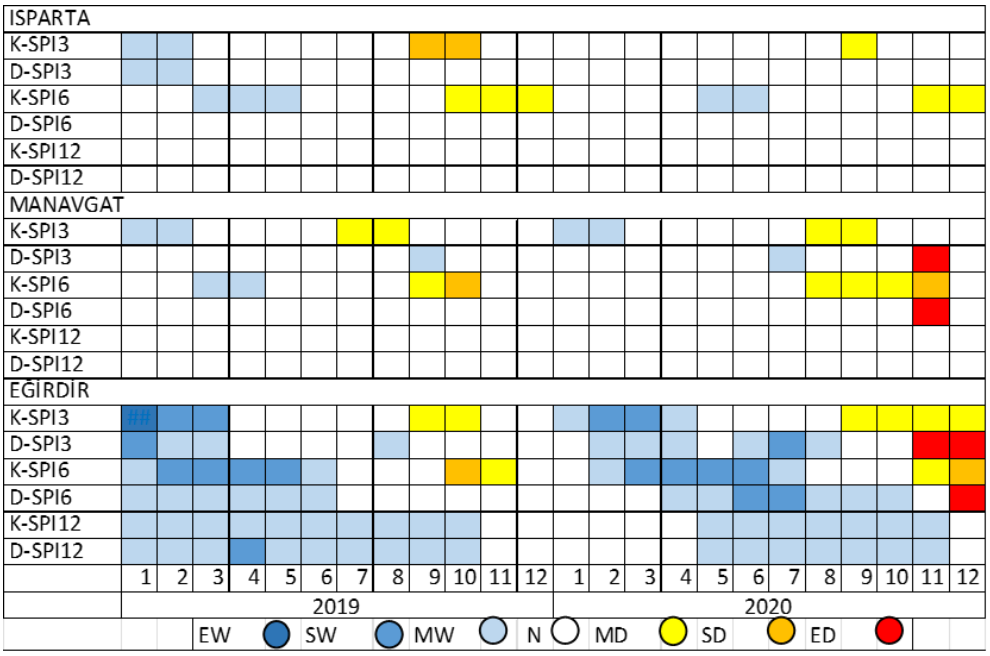
Şekil A.8 Yalvaç, Uluborlu ve Beyşehir istasyonlarının 2017–2018 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları



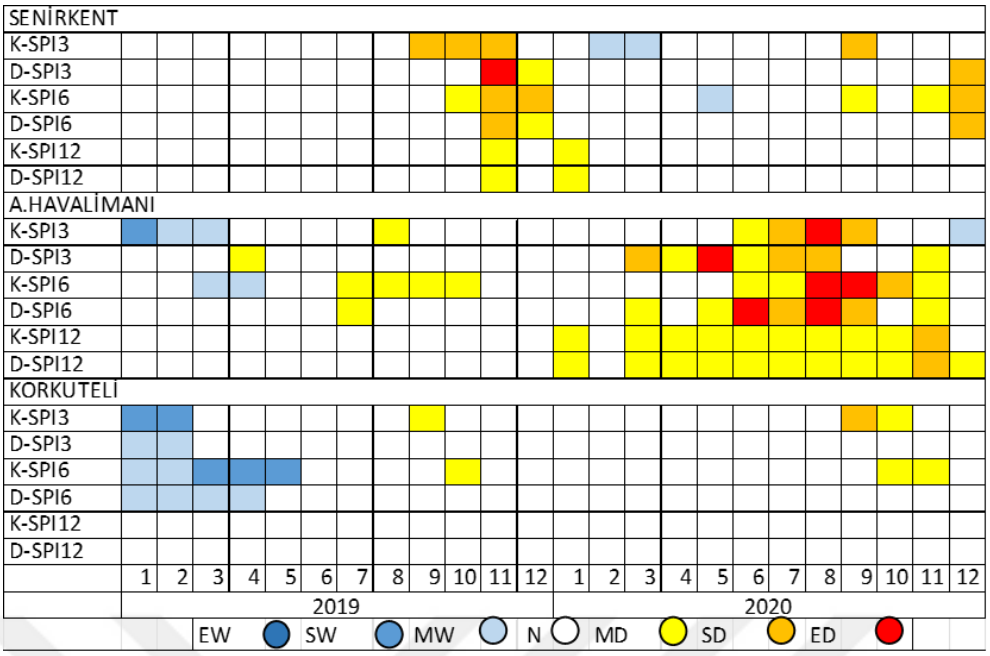
Şekil A.9 Seydişehir, Hadim ve Tefenni istasyonlarının 2017–2018 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları



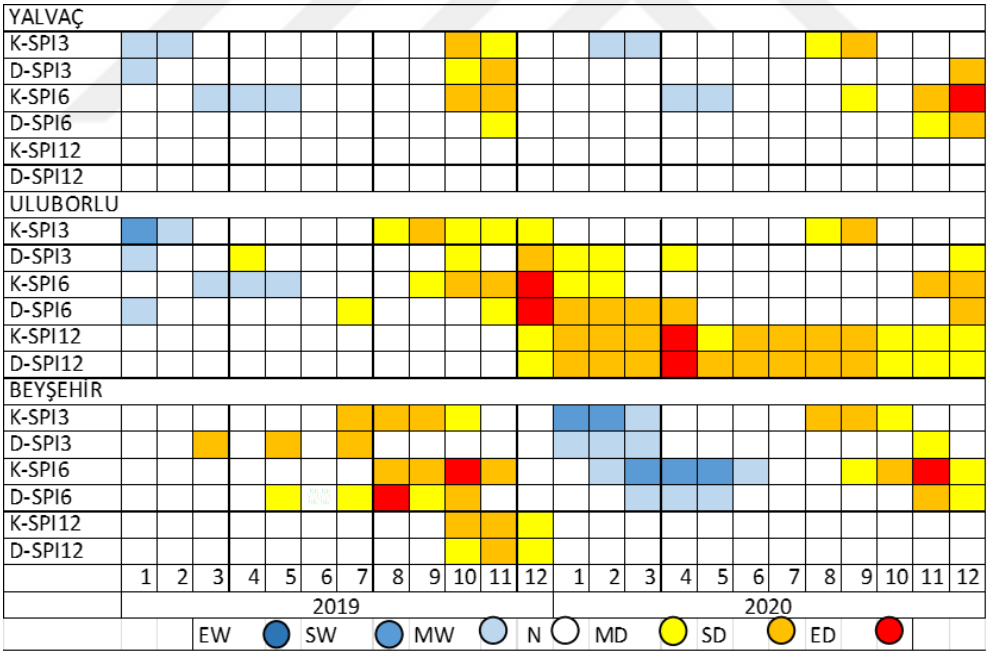
Şekil A.10 Alanya, Burdur, İbradi ve Sütçüler istasyonlarının 2017–2018 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları



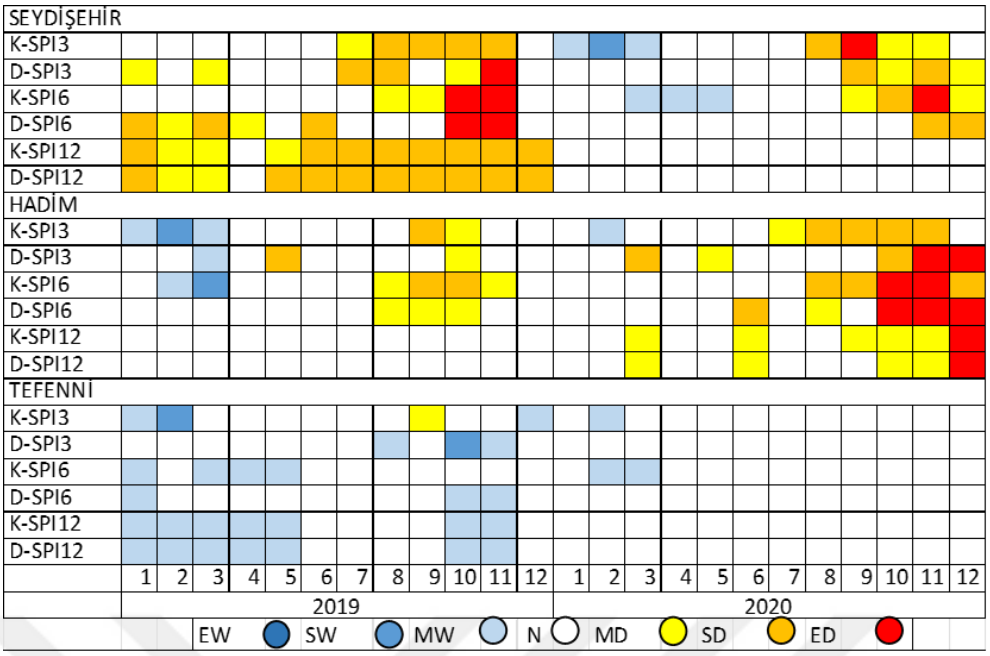
Şekil A.11 Isparta, Manavgat ve Eğirdir istasyonlarının 2019–2020 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları



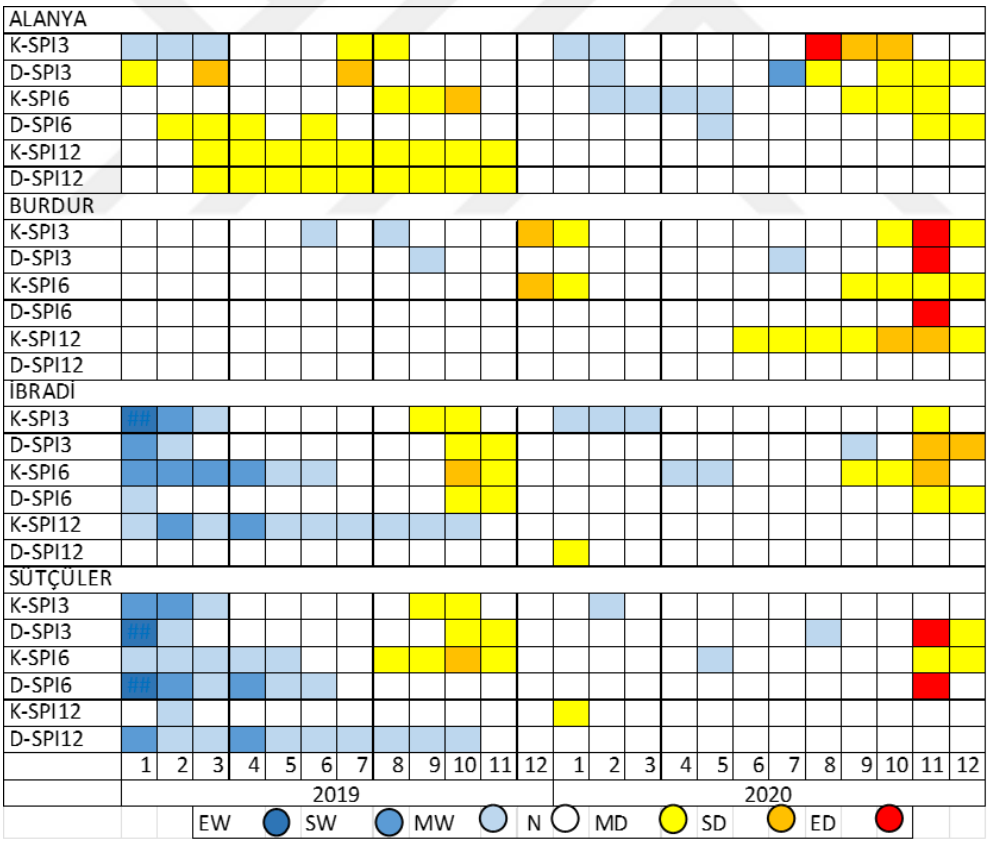
Şekil A.12 Senirkent, A.Havalimanı ve Korkuteli istasyonlarının 2019–2020 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları



Şekil A.13 Yalvaç, Uluborlu ve Beyşehir istasyonlarının 2019–2020 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları

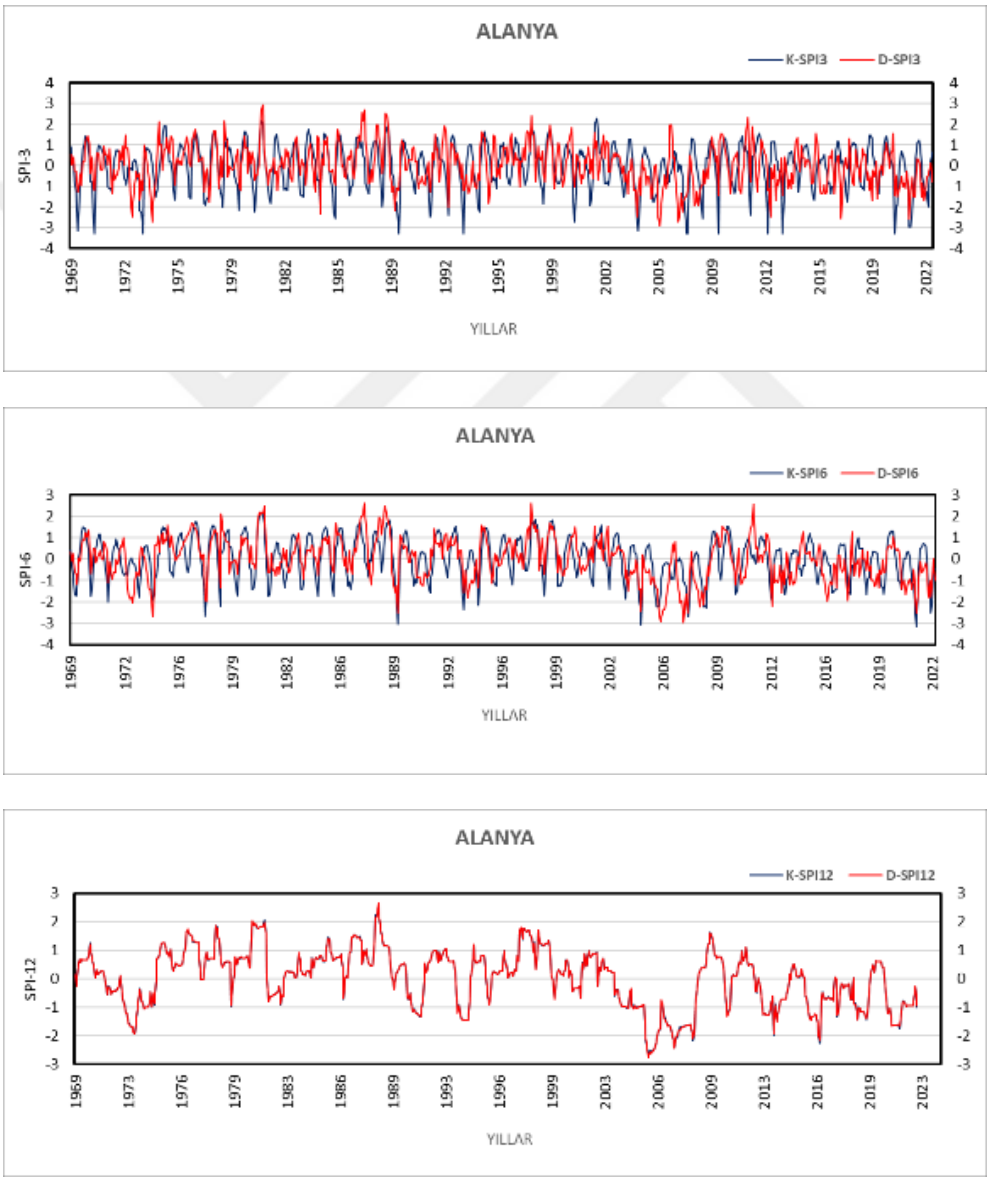


Şekil A.14 Seydişehir, Hadim ve Tefenni istasyonlarının 2019–2020 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları

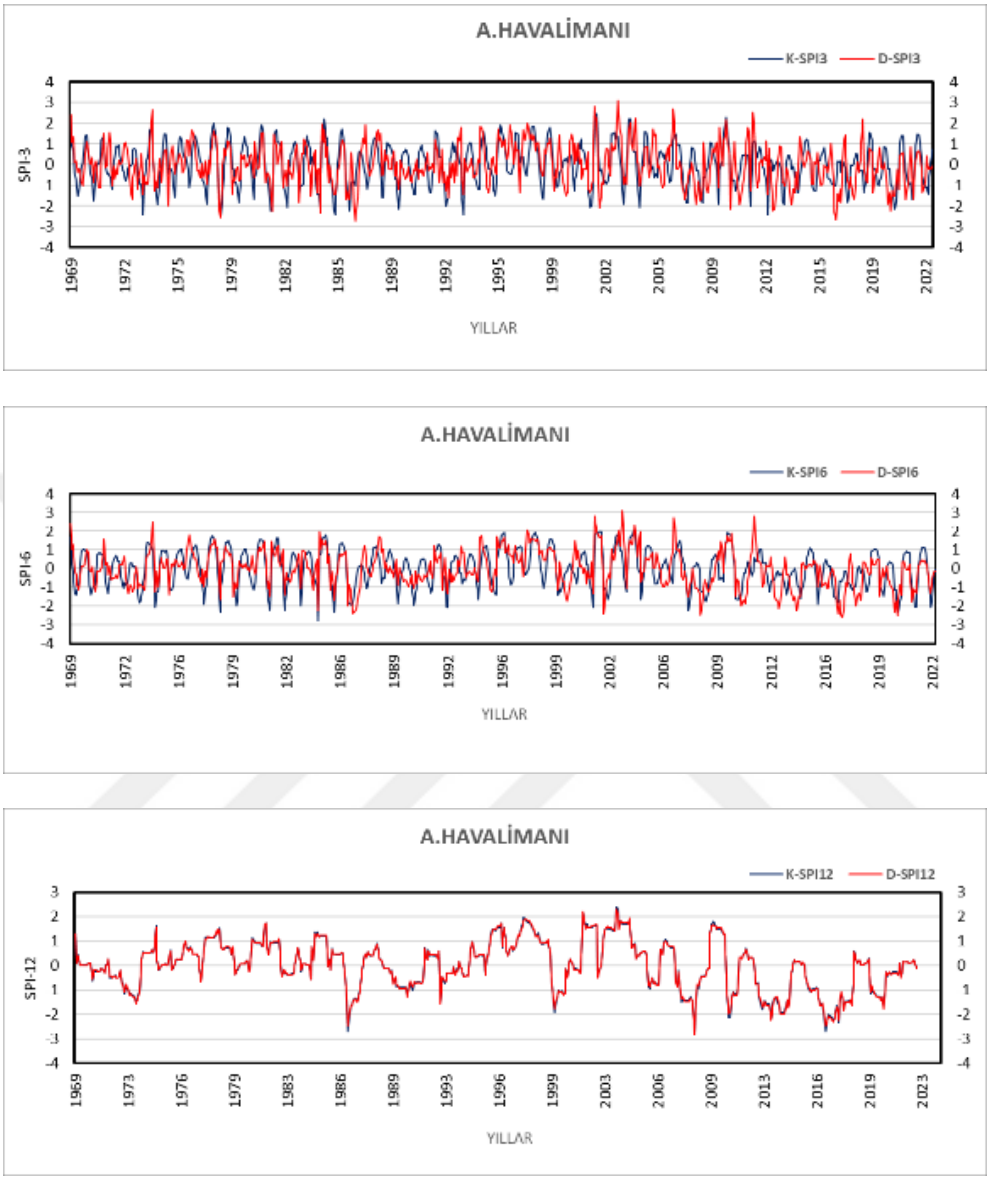


Şekil A.15 Alanya, Burdur, İbradi ve Sütçüler istasyonlarının 2019–2020 yılları arası klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları

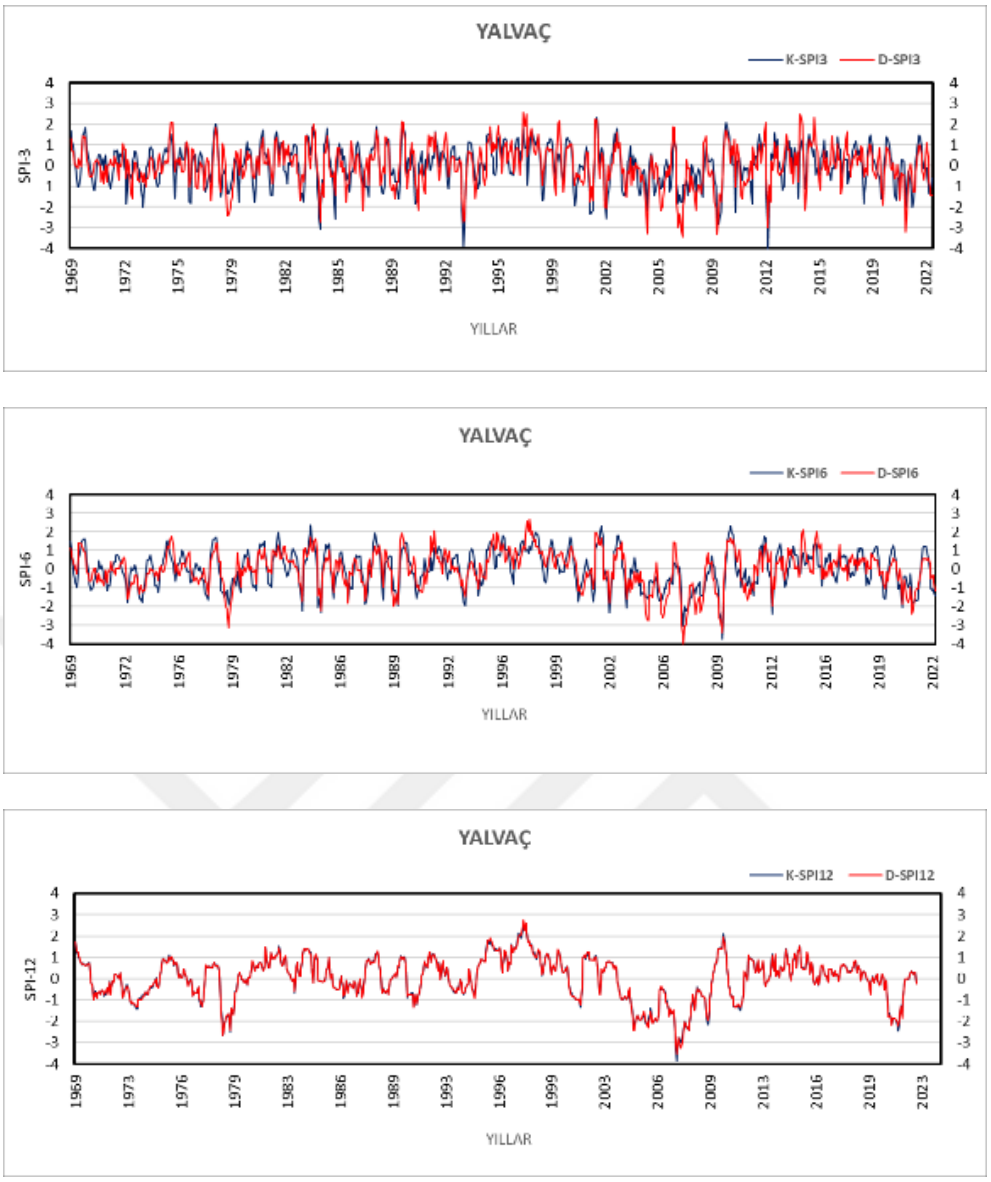
B
K-SPI VE D-SPI KURAKLIK ANALİZLERİ ZAMAN SERİLERİ



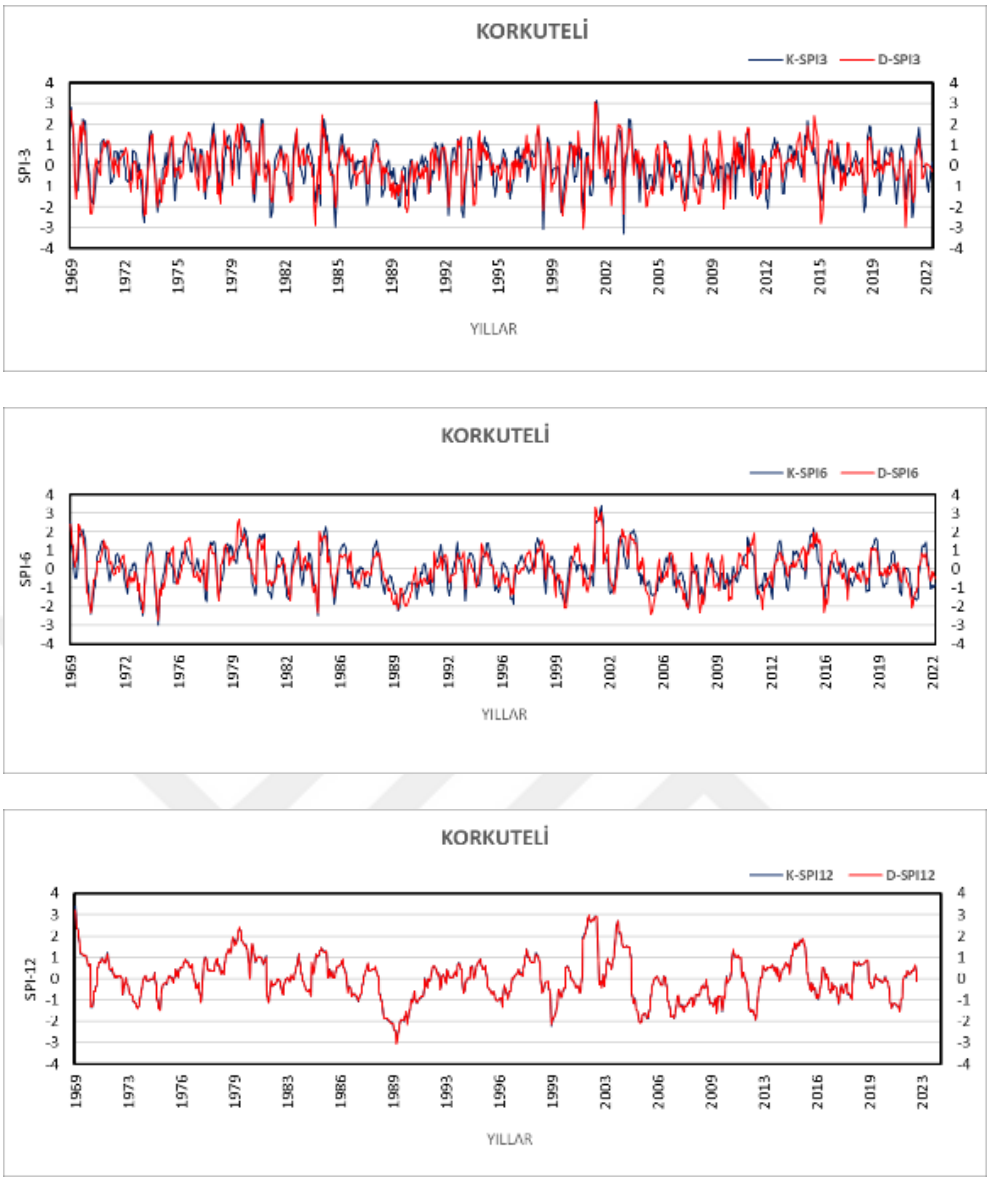
Şekil B.1 Alanya istasyonu K-SPI ve D-SPI kuraklık analizleri zaman serileri (1969–2022)



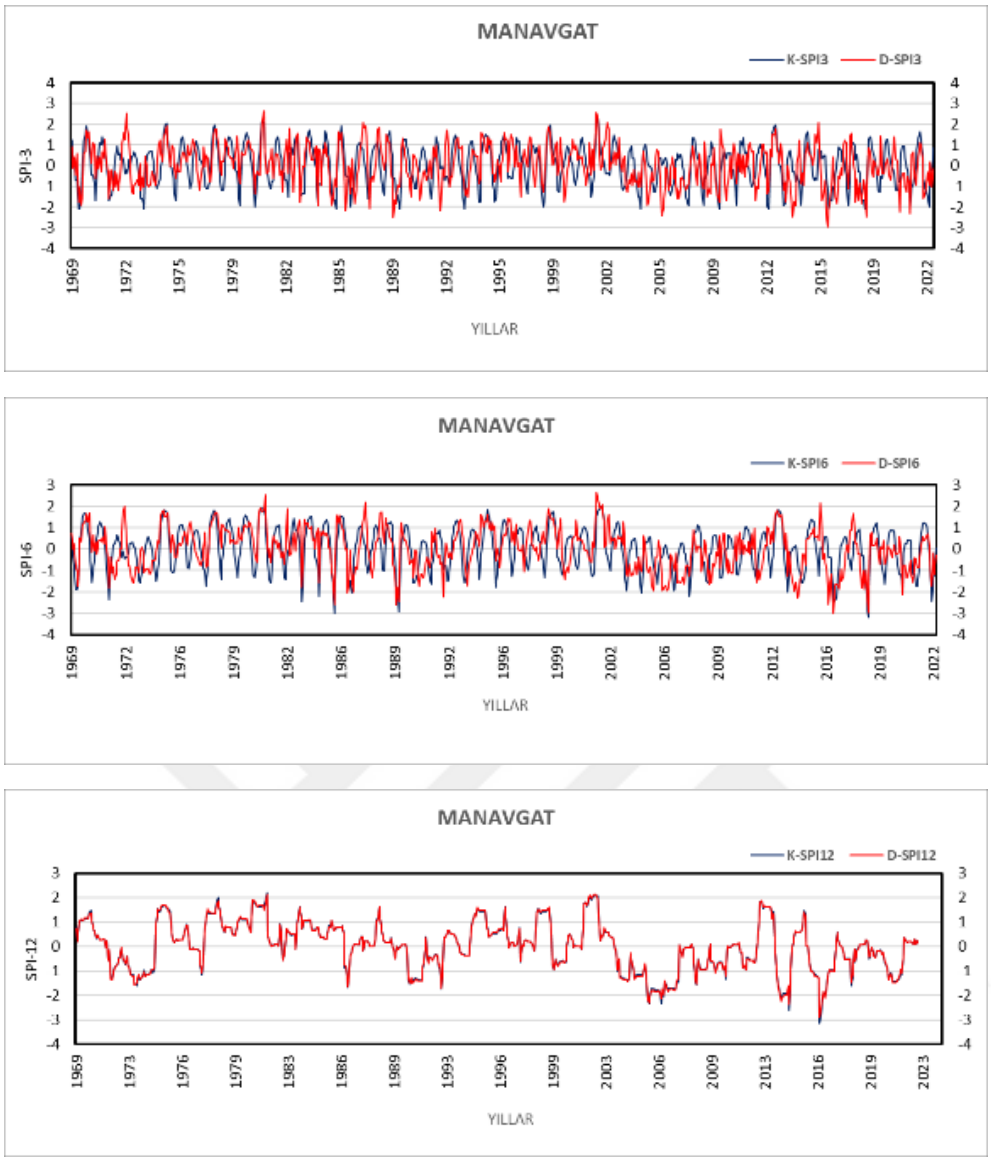
Şekil B.2 A. Havalimanı istasyonu K-SPI ve D-SPI kuraklık analizleri zaman serileri (1969–2022)



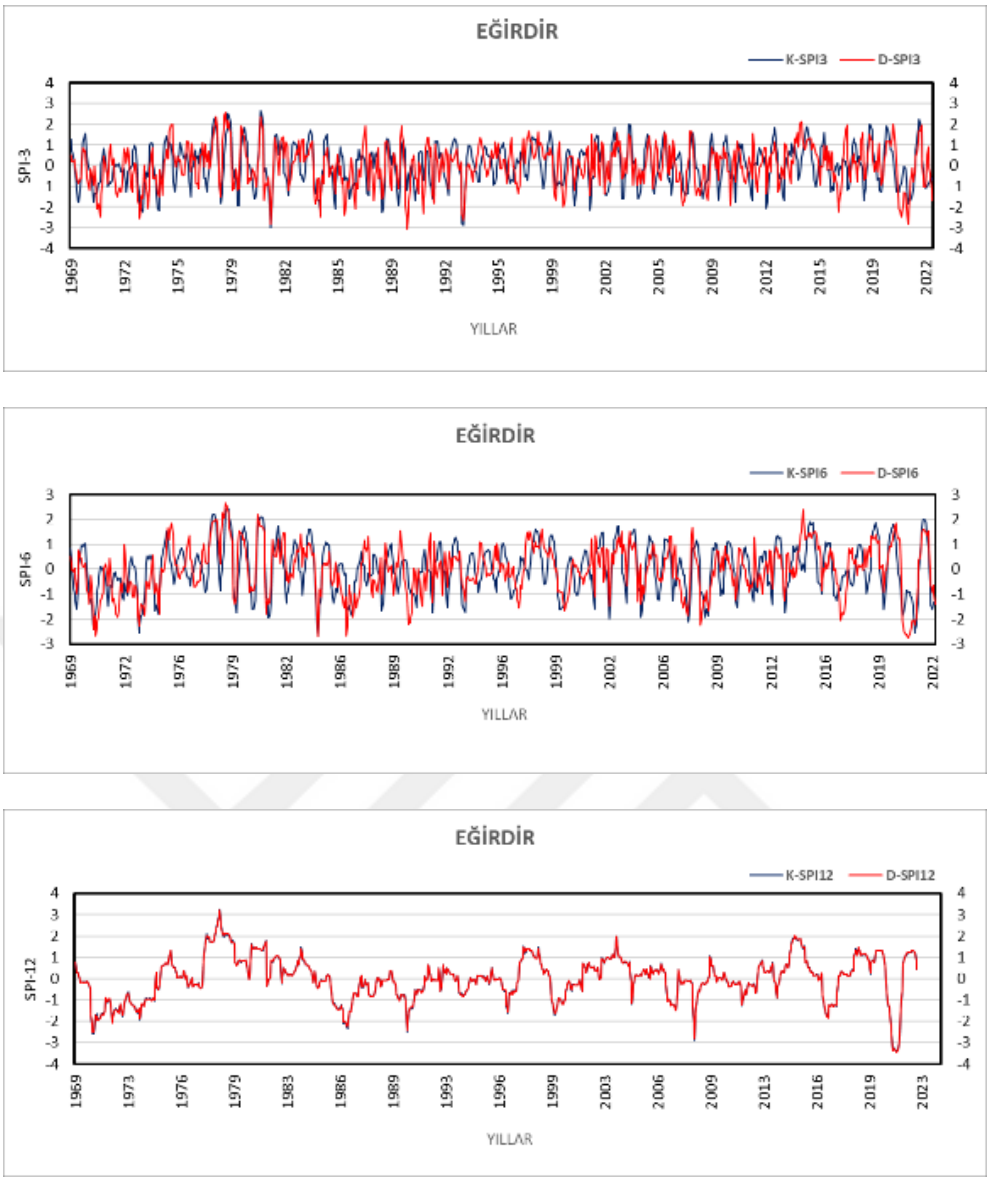
Şekil B.3 Yalvaç istasyonu K-SPI ve D-SPI kuraklık analizleri zaman serileri (1969–2022)



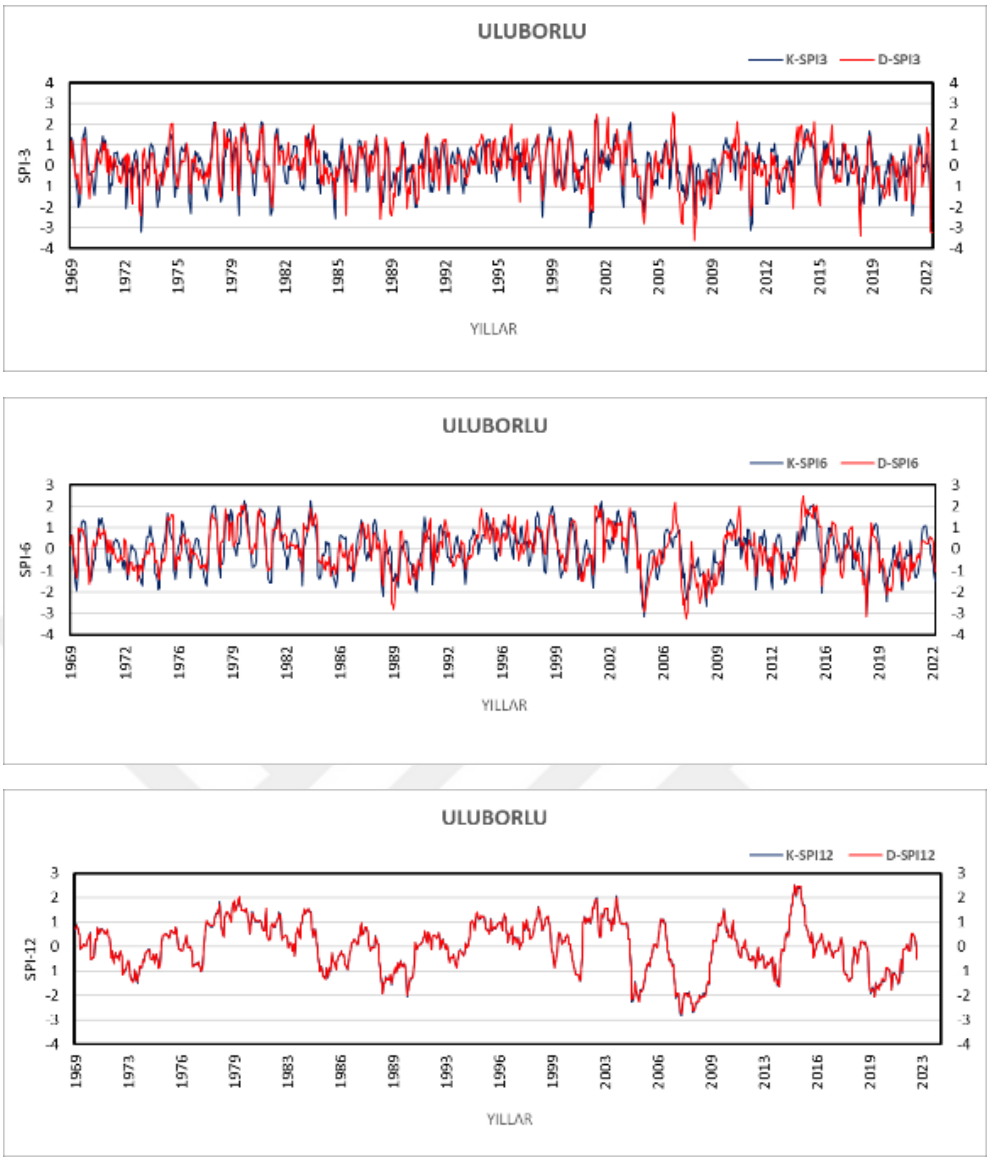
Şekil B.4 Korkuteli istasyonu K-SPI ve D-SPI kuraklık analizleri zaman serileri (1969–2022)



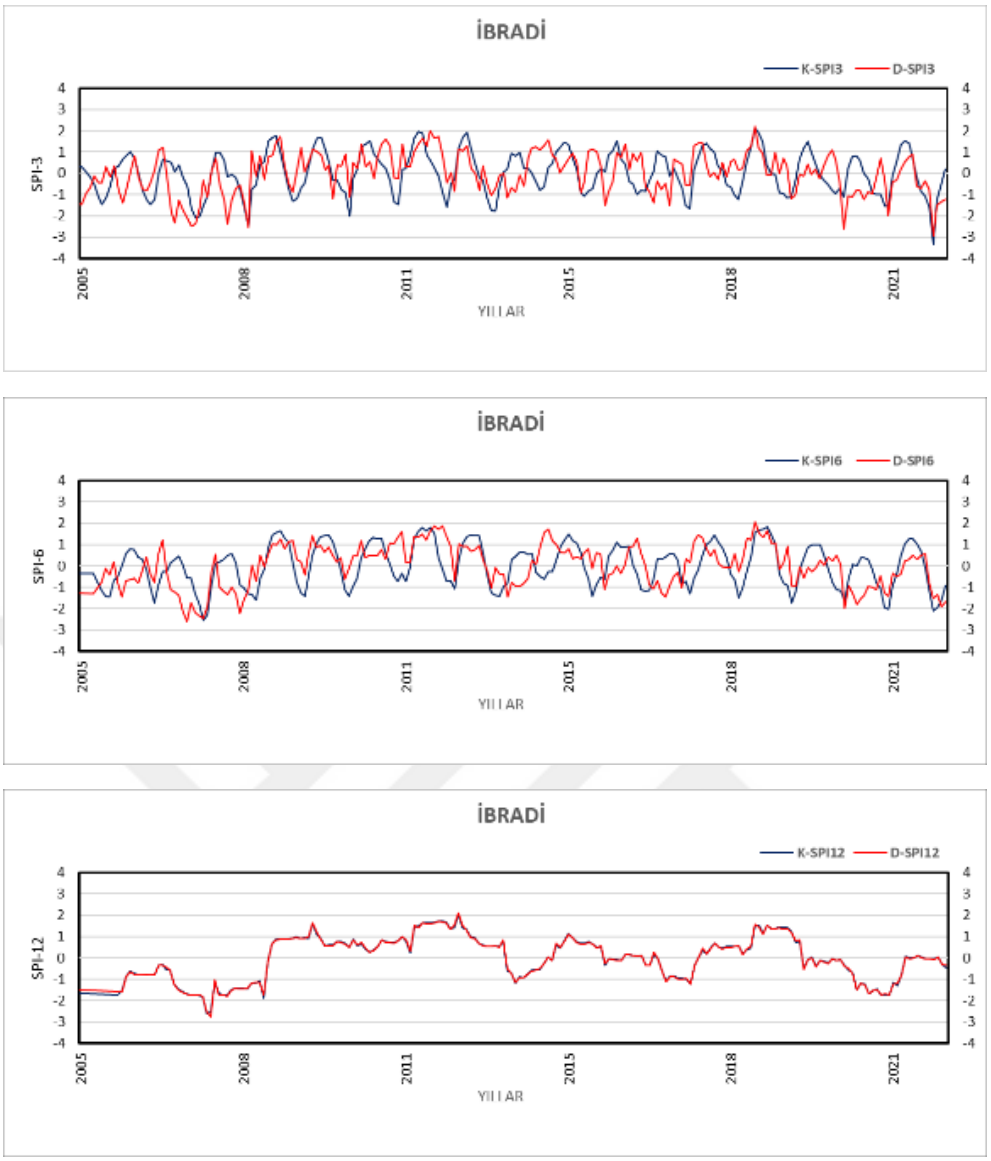
Şekil B.5 Manavgat istasyonu K-SPI ve D-SPI kuraklık analizleri zaman serileri (1969–2022)



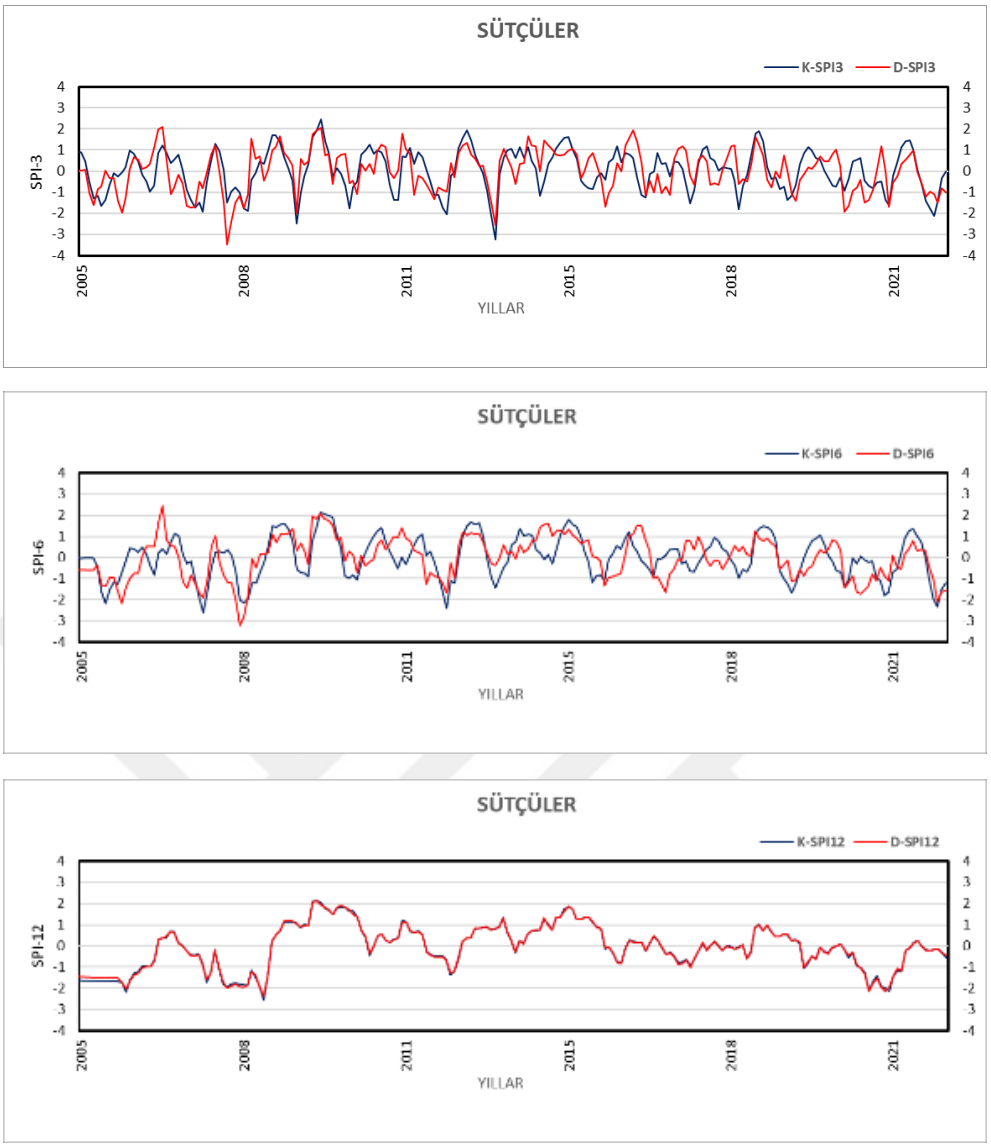
Şekil B.6 Eğirdir istasyonu K-SPI ve D-SPI kuraklık analizleri zaman serileri (1969–2022)



Şekil B.7 Uluborlu istasyonu K-SPI ve D-SPI kuraklık analizleri zaman serileri (1969–2022)



Şekil B.8 İbradi istasyonu K-SPI ve D-SPI kuraklık analizleri zaman serileri (2005–2022)



Şekil B.9 Sütçüler istasyonu K-SPI ve D-SPI kuraklık analizleri zaman serileri (2005–2022)

C
IDCM ANALİZ SONUÇLARI

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,77	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,08
	SW	%0,31	%0,62	%2,94	%1,39	%0,00	%0,00	%0,00	%5,26
	MW	%0,77	%0,77	%1,70	%8,51	%0,00	%0,00	%0,00	%11,76
	N	%0,31	%2,79	%6,50	%45,82	%5,11	%3,10	%1,24	%64,86
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,50	%1,86	%0,46	%0,15	%8,98
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%3,56	%0,77	%0,93	%0,00	%5,26
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,86	%0,31	%0,62	%2,79
	Toplam	%2,17	%4,49	%11,15	%65,79	%9,60	%4,80	%2,01	%52,32

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,16	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31
	SW	%0,47	%2,18	%3,42	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%6,22
	MW	%0,16	%0,31	%1,40	%9,02	%0,00	%0,00	%0,00	%10,89
	N	%1,24	%1,87	%4,82	%47,28	%5,44	%2,64	%1,09	%64,39
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%7,62	%1,87	%0,78	%0,78	%11,04
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%2,95	%1,09	%0,31	%0,47	%4,82
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,40	%0,62	%0,31	%2,33
	Toplam	%2,02	%4,51	%9,64	%67,03	%9,80	%4,35	%2,64	%53,50

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47
	SW	%0,00	%7,06	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%7,54
	MW	%0,00	%0,47	%7,85	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%8,63
	N	%0,00	%0,00	%0,16	%64,36	%0,78	%0,00	%0,00	%65,31
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%8,95	%0,78	%0,00	%10,05
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,63	%4,71	%0,16	%5,49
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,63	%1,88	%2,51
	Toplam	%0,47	%7,54	%8,48	%64,99	%10,36	%6,12	%2,04	%95,29

Şekil C.1 A.Havalimanı istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,15	%0,00	%0,15	%0,15	%0,00	%0,00	%0,00	%0,46
	SW	%0,77	%0,62	%1,08	%1,08	%0,00	%0,00	%0,00	%3,56
	MW	%0,15	%0,93	%3,25	%8,05	%0,93	%0,31	%0,00	%13,62
	N	%0,77	%2,63	%5,88	%44,58	%5,73	%1,70	%1,55	%62,85
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%7,28	%1,24	%0,31	%0,00	%8,82
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%3,72	%0,93	%0,15	%0,31	%5,11
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%1,86	%2,94	%0,31	%0,46	%5,57
	Toplam	%1,86	%4,18	%10,37	%66,72	%11,76	%2,79	%2,32	%50,46

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31
	SW	%0,78	%1,24	%2,18	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%4,20
	MW	%0,31	%0,62	%2,18	%11,35	%0,00	%0,00	%0,00	%14,46
	N	%0,62	%1,87	%6,22	%46,35	%6,07	%2,18	%1,09	%64,39
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,84	%0,78	%0,78	%0,31	%8,71
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%2,95	%1,40	%0,31	%0,47	%5,13
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,24	%0,47	%1,09	%2,80
	Toplam	%2,02	%3,73	%10,58	%67,50	%9,49	%3,73	%2,95	%52,26

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,78	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,94
	SW	%0,00	%4,40	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%4,40
	MW	%0,00	%0,31	%8,01	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%8,32
	N	%0,00	%0,00	%0,00	%68,45	%0,31	%0,00	%0,00	%68,76
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%9,11	%0,16	%0,00	%9,42
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%5,34	%0,00	%5,34
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%2,51	%2,83
	Toplam	%0,78	%4,87	%8,01	%68,60	%9,42	%5,81	%2,51	%98,59

Şekil C.2 Alanya istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,31	%0,77	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,08
	SW	%0,46	%1,24	%2,32	%0,46	%0,00	%0,00	%0,00	%4,49
	MW	%0,46	%1,70	%2,17	%5,26	%0,00	%0,00	%0,00	%9,60
	N	%0,46	%1,39	%4,95	%52,17	%5,88	%2,48	%0,46	%67,80
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,04	%0,62	%0,15	%0,77	%7,59
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%3,72	%1,08	%0,93	%0,46	%6,19
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,15	%1,70	%0,46	%0,93	%3,25
	Toplam	%1,70	%5,11	%9,44	%67,80	%9,29	%4,02	%2,63	%58,36

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,47	%0,78	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,24
	SW	%0,00	%1,09	%4,04	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%5,60
	MW	%0,16	%0,93	%2,33	%7,15	%0,00	%0,00	%0,00	%10,58
	N	%0,47	%2,02	%5,13	%48,83	%6,07	%2,80	%0,31	%65,63
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%7,47	%1,71	%1,09	%0,31	%10,58
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%1,09	%1,87	%0,78	%0,47	%4,20
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%0,78	%1,24	%2,18
	Toplam	%1,09	%4,82	%11,51	%65,01	%9,80	%5,44	%2,33	%56,45

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,94	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,26
	SW	%0,00	%4,24	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%4,71
	MW	%0,00	%0,31	%10,83	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%11,62
	N	%0,00	%0,00	%0,47	%66,25	%0,16	%0,00	%0,00	%66,88
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,63	%6,91	%0,00	%0,00	%7,54
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%4,55	%0,16	%5,18
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%2,83	%2,83
	Toplam	%0,94	%4,87	%11,77	%67,35	%7,54	%4,55	%2,98	%96,55

Şekil C.3 Beyşehir istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,31	%0,15	%0,31	%1,39	%0,15	%0,00	%0,00	%2,32
	SW	%0,15	%0,31	%1,24	%2,48	%0,00	%0,15	%0,00	%4,33
	MW	%0,31	%1,08	%1,39	%6,19	%0,00	%0,15	%0,00	%9,13
	N	%0,46	%2,94	%8,20	%45,82	%6,50	%3,25	%1,08	%68,27
	MD	%0,00	%0,15	%0,15	%5,88	%1,70	%1,08	%0,77	%9,75
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%2,48	%0,77	%0,31	%0,00	%3,56
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%1,86	%0,46	%0,15	%0,15	%2,63
	Toplam	%1,24	%4,64	%11,30	%66,10	%9,60	%5,11	%2,01	%50,00

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,47	%0,16	%0,62	%1,24	%0,47	%0,00	%0,00	%2,95
	SW	%0,00	%0,31	%0,62	%3,11	%0,62	%0,00	%0,00	%4,67
	MW	%0,31	%0,31	%1,87	%4,98	%0,47	%0,47	%0,00	%8,40
	N	%0,16	%4,51	%7,47	%45,72	%4,67	%3,42	%1,09	%67,03
	MD	%0,00	%0,31	%0,00	%6,69	%2,33	%1,09	%0,47	%10,89
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%2,80	%0,93	%0,47	%0,47	%4,67
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,78	%0,31	%0,16	%0,16	%1,40
	Toplam	%0,93	%5,60	%10,58	%65,32	%9,80	%5,60	%2,18	%51,32

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,47	%0,16	%0,47	%2,20	%0,31	%0,00	%0,00	%3,61
	SW	%0,31	%0,47	%0,78	%2,51	%1,10	%0,00	%0,00	%5,18
	MW	%0,00	%0,78	%0,94	%5,18	%0,16	%0,00	%0,00	%7,06
	N	%0,16	%5,34	%8,16	%45,68	%4,40	%2,83	%1,10	%67,66
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,12	%2,67	%2,04	%0,47	%11,30
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%1,88	%2,35	%0,00	%0,31	%4,55
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%0,16	%0,00	%0,16	%0,63
	Toplam	%0,94	%6,75	%10,36	%63,89	%11,15	%4,87	%2,04	%50,39

Şekil C.4 Burdur istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,62	%1,08	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,70
	SW	%0,15	%0,62	%2,01	%0,93	%0,00	%0,00	%0,00	%3,72
	MW	%0,15	%0,77	%1,70	%9,13	%0,00	%0,00	%0,00	%11,76
	N	%0,62	%2,17	%6,97	%47,21	%5,26	%2,01	%1,39	%65,63
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,81	%1,86	%1,08	%0,62	%10,37
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%2,94	%1,08	%0,15	%0,46	%4,64
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,08	%0,46	%0,62	%2,17
	Toplam	%1,55	%4,64	%10,68	%67,03	%9,29	%3,72	%3,10	%52,79

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,47	%1,09	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,56
	SW	%0,31	%0,78	%3,42	%0,93	%0,00	%0,00	%0,00	%5,44
	MW	%0,16	%0,47	%1,56	%8,55	%0,00	%0,00	%0,00	%10,73
	N	%0,31	%1,71	%6,22	%48,83	%4,35	%2,18	%1,24	%64,85
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,69	%1,56	%0,47	%0,47	%9,18
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%2,64	%2,33	%1,40	%0,78	%7,15
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%0,62	%1,09
	Toplam	%1,24	%4,04	%11,20	%67,65	%8,24	%4,51	%3,11	%55,21

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%1,73	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,88
	SW	%0,31	%3,30	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%3,92
	MW	%0,00	%0,31	%9,11	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%9,73
	N	%0,00	%0,00	%0,31	%68,29	%0,63	%0,00	%0,00	%69,23
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%7,85	%0,31	%0,00	%8,32
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%4,24	%0,16	%4,55
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%2,20	%2,35
	Toplam	%2,04	%3,77	%9,73	%68,76	%8,63	%4,71	%2,35	%96,70

Şekil C.5 Eğirdir istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,00	%0,62	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,62
	SW	%0,31	%0,62	%1,86	%1,08	%0,00	%0,00	%0,00	%3,87
	MW	%0,62	%0,62	%2,48	%7,59	%0,00	%0,00	%0,00	%11,30
	N	%0,00	%1,70	%6,66	%50,62	%4,80	%3,10	%1,08	%67,96
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,19	%0,93	%0,31	%0,46	%7,89
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%3,10	%0,31	%0,77	%0,31	%4,49
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%1,08	%1,55	%0,93	%3,87
	Toplam	%0,93	%3,56	%10,99	%68,89	%7,12	%5,73	%2,79	%56,35

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,31	%0,62	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,93
	SW	%0,47	%0,93	%3,58	%0,78	%0,00	%0,00	%0,00	%5,75
	MW	%0,31	%0,47	%1,24	%8,55	%0,00	%0,00	%0,00	%10,58
	N	%0,47	%1,09	%5,91	%50,23	%5,75	%1,87	%0,62	%65,94
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%7,47	%1,40	%0,47	%0,78	%10,11
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%1,40	%2,02	%0,78	%0,62	%4,82
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,62	%1,24	%1,87
	Toplam	%1,56	%3,11	%10,73	%68,43	%9,18	%3,73	%3,27	%56,14

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,94	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,26
	SW	%0,16	%5,49	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%5,65
	MW	%0,00	%0,47	%9,58	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%10,36
	N	%0,00	%0,00	%0,16	%66,72	%0,00	%0,00	%0,00	%66,88
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%7,54	%0,16	%0,00	%8,01
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%5,49	%0,00	%5,49
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%2,35	%2,35
	Toplam	%1,10	%6,28	%9,73	%67,35	%7,54	%5,65	%2,35	%98,12

Şekil C.6 Hadim istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47
	SW	%0,00	%0,47	%3,27	%2,80	%0,00	%0,00	%0,00	%6,54
	MW	%0,00	%0,47	%2,34	%8,41	%0,00	%0,00	%0,00	%11,21
	N	%0,47	%1,87	%9,35	%43,46	%7,48	%0,93	%1,40	%64,95
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%7,48	%1,40	%0,00	%0,47	%9,35
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%3,27	%0,93	%0,93	%0,47	%5,61
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%0,00	%1,40	%1,87
	Toplam	%0,93	%2,80	%14,95	%65,42	%10,28	%1,87	%3,74	%50,47

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00
	SW	%0,47	%1,90	%2,84	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%5,21
	MW	%0,00	%0,00	%2,37	%14,22	%0,00	%0,00	%0,00	%16,59
	N	%0,00	%2,37	%7,58	%37,44	%8,53	%1,90	%1,42	%59,24
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%11,37	%0,95	%0,47	%0,47	%13,27
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%1,42	%0,95	%0,95	%0,47	%3,79
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%0,95	%0,47	%1,90
	Toplam	%0,47	%4,27	%12,80	%64,45	%10,90	%4,27	%2,84	%44,08

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,49	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,49
	SW	%0,00	%4,39	%0,49	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%4,88
	MW	%0,00	%1,95	%5,85	%0,49	%0,00	%0,00	%0,00	%8,29
	N	%0,00	%0,00	%0,00	%67,32	%0,00	%0,00	%0,00	%67,32
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%9,27	%0,49	%0,00	%9,76
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%8,29	%0,00	%8,29
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,98	%0,98
	Toplam	%0,49	%6,34	%6,34	%67,80	%9,27	%8,78	%0,98	%96,59

Şekil C.7 İbradi istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%1,24	%0,15	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,39
	SW	%0,46	%0,77	%1,08	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%2,32
	MW	%0,15	%1,39	%3,25	%5,73	%0,00	%0,00	%0,00	%10,53
	N	%0,15	%2,17	%4,49	%55,42	%5,57	%2,48	%0,93	%71,21
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%4,49	%0,31	%0,46	%0,46	%5,73
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%2,63	%1,08	%0,15	%0,77	%4,64
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,46	%1,70	%1,55	%0,46	%4,18
	Toplam	%2,01	%4,49	%8,82	%68,73	%8,67	%4,64	%2,63	%61,61

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,78	%1,09	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,87
	SW	%0,62	%2,18	%2,18	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%4,98
	MW	%0,47	%0,62	%1,09	%6,38	%0,00	%0,00	%0,00	%8,55
	N	%0,31	%1,24	%7,15	%52,26	%5,29	%1,87	%0,00	%68,12
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%5,29	%2,33	%0,62	%0,62	%8,86
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%1,24	%2,64	%0,62	%0,62	%5,13
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,09	%1,09	%0,31	%2,49
	Toplam	%2,18	%5,13	%10,42	%65,16	%11,35	%4,20	%1,56	%59,56

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%2,83	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%3,30
	SW	%0,00	%3,45	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%3,61
	MW	%0,00	%0,16	%7,38	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%7,69
	N	%0,00	%0,00	%0,31	%68,45	%0,31	%0,00	%0,00	%69,07
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,63	%8,16	%0,47	%0,00	%9,26
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,63	%4,40	%0,16	%5,18
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%1,73	%1,88
	Toplam	%2,83	%4,08	%7,85	%69,23	%9,11	%5,02	%1,88	%96,39

Şekil C.8 Isparta istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,62	%1,55	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%2,17
	SW	%0,31	%1,24	%1,39	%0,15	%0,00	%0,00	%0,00	%3,10
	MW	%0,31	%0,46	%3,10	%6,04	%0,00	%0,00	%0,00	%9,91
	N	%0,15	%1,86	%4,33	%56,66	%4,80	%1,70	%0,00	%69,50
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%4,64	%1,08	%1,39	%0,93	%8,05
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%1,55	%1,39	%0,46	%1,08	%4,49
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,77	%1,39	%0,62	%2,79
	Toplam	%1,39	%5,11	%8,82	%69,04	%8,05	%4,95	%2,63	%63,78

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%1,09	%1,24	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%2,33
	SW	%0,47	%1,40	%2,64	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%4,98
	MW	%0,31	%0,62	%1,87	%6,07	%0,00	%0,00	%0,00	%8,86
	N	%0,31	%1,40	%4,20	%55,37	%4,67	%1,71	%0,00	%67,65
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,69	%1,56	%1,24	%0,93	%10,42
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,62	%2,18	%0,62	%0,62	%4,04
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,62	%1,09	%1,71
	Toplam	%2,18	%4,67	%8,71	%69,21	%8,40	%4,20	%2,64	%62,99

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%3,14	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%3,14
	SW	%0,00	%3,30	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%3,61
	MW	%0,00	%0,31	%6,91	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%7,69
	N	%0,00	%0,00	%0,00	%70,33	%0,00	%0,00	%0,00	%70,33
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%8,01	%0,16	%0,00	%8,16
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%4,71	%0,00	%4,87
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%2,04	%2,20
	Toplam	%3,14	%3,61	%7,22	%70,80	%8,16	%5,02	%2,04	%98,43

Şekil C.9 Korkuteli istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,62	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,93
	SW	%0,00	%1,55	%1,39	%0,46	%0,00	%0,00	%0,00	%3,41
	MW	%0,00	%0,93	%2,17	%10,37	%0,00	%0,00	%0,00	%13,47
	N	%0,62	%1,86	%7,74	%44,27	%5,26	%3,41	%1,24	%64,40
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,97	%1,08	%0,93	%0,15	%9,13
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%4,02	%2,01	%0,46	%0,46	%6,97
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,24	%0,31	%0,15	%1,70
	Toplam	%1,24	%4,64	%11,30	%66,10	%9,60	%5,11	%2,01	%50,31

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16
	SW	%0,47	%3,11	%1,87	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%5,60
	MW	%0,00	%0,62	%1,56	%9,33	%0,00	%0,00	%0,00	%11,51
	N	%0,31	%1,87	%7,15	%43,86	%7,15	%3,42	%0,62	%64,39
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%9,02	%0,93	%0,47	%0,16	%10,58
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%2,95	%1,09	%0,78	%0,62	%5,44
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,62	%0,93	%0,78	%2,33
	Toplam	%0,93	%5,60	%10,58	%65,32	%9,80	%5,60	%2,18	%51,17

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,78	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,10
	SW	%0,16	%6,28	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%6,75
	MW	%0,00	%0,16	%9,89	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%10,20
	N	%0,00	%0,00	%0,16	%63,42	%0,31	%0,00	%0,00	%63,89
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%10,20	%0,16	%0,00	%10,68
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,63	%4,55	%0,47	%5,65
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%1,57	%1,73
	Toplam	%0,94	%6,75	%10,36	%63,89	%11,15	%4,87	%2,04	%96,70

Şekil C.10 Manavgat istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,93	%0,46	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,39
	SW	%0,00	%1,24	%2,17	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%3,41
	MW	%0,00	%0,62	%3,56	%7,12	%0,00	%0,00	%0,00	%11,30
	N	%0,62	%2,01	%4,64	%51,24	%5,42	%1,86	%0,93	%66,72
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,50	%0,46	%0,93	%0,77	%8,67
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%3,10	%1,39	%0,46	%0,62	%5,57
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,93	%1,08	%0,93	%2,94
	Toplam	%1,55	%4,33	%10,37	%67,96	%8,20	%4,33	%3,25	%58,82

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,78	%1,87	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%2,64
	SW	%1,09	%0,62	%2,33	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%4,35
	MW	%0,16	%0,62	%1,09	%7,00	%0,00	%0,00	%0,00	%8,86
	N	%0,47	%1,24	%5,91	%54,74	%3,42	%1,09	%0,47	%67,34
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%7,78	%1,09	%0,31	%0,16	%9,33
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%2,95	%1,56	%0,78	%5,44
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%1,56	%2,02
	Toplam	%2,49	%4,35	%9,33	%69,98	%7,47	%3,42	%2,95	%61,43

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%2,51	%0,16	%0,00	%0,31	%0,16	%0,00	%0,00	%3,14
	SW	%0,00	%4,40	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%4,87
	MW	%0,00	%0,16	%8,32	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%8,63
	N	%0,78	%0,00	%0,16	%66,25	%0,16	%0,00	%0,00	%67,35
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%9,26	%0,63	%0,00	%10,36
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,94	%3,30	%0,16	%4,40
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%1,10	%1,26
	Toplam	%3,30	%4,71	%8,95	%67,19	%10,52	%4,08	%1,26	%95,13

Şekil C.11 Senirkent istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,93	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,24
	SW	%0,00	%0,31	%2,48	%1,39	%0,00	%0,00	%0,00	%4,18
	MW	%0,15	%0,77	%2,17	%8,51	%0,00	%0,00	%0,00	%11,61
	N	%0,62	%2,17	%6,19	%47,68	%6,66	%1,39	%0,93	%65,63
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%8,36	%0,62	%0,31	%0,62	%9,91
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%2,63	%1,08	%0,62	%0,77	%5,11
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,15	%0,31	%0,62	%1,24	%2,32
	Toplam	%1,70	%3,56	%10,84	%68,73	%8,67	%2,94	%3,56	%53,56

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,93	%0,62	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,56
	SW	%0,62	%0,47	%2,33	%0,78	%0,00	%0,00	%0,00	%4,20
	MW	%0,00	%0,16	%1,56	%9,49	%0,00	%0,00	%0,00	%11,20
	N	%0,47	%2,33	%5,60	%46,97	%6,07	%2,64	%0,78	%64,85
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%9,49	%0,62	%1,09	%0,78	%11,98
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%2,33	%1,56	%0,47	%0,31	%4,67
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%0,31	%0,93	%1,56
	Toplam	%2,02	%3,58	%9,49	%69,05	%8,55	%4,51	%2,80	%51,94

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%1,57	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,73
	SW	%0,16	%4,24	%0,63	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%5,02
	MW	%0,00	%0,16	%8,32	%0,94	%0,00	%0,00	%0,00	%9,42
	N	%0,00	%0,00	%0,47	%66,41	%0,63	%0,00	%0,00	%67,50
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%7,22	%0,47	%0,00	%8,16
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,78	%5,49	%0,16	%6,44
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%1,57	%1,73
	Toplam	%1,73	%4,55	%9,42	%67,82	%8,63	%6,12	%1,73	%94,82

Şekil C.12 Seydişehir istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47
	SW	%0,00	%1,40	%1,87	%1,40	%0,00	%0,00	%0,00	%4,67
	MW	%0,47	%0,93	%0,93	%8,41	%0,00	%0,00	%0,00	%10,75
	N	%0,00	%2,34	%8,41	%46,73	%7,01	%2,34	%0,47	%67,29
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%5,14	%2,80	%0,93	%0,47	%9,35
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%3,27	%0,47	%1,40	%0,00	%5,14
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%0,93	%0,47	%0,47	%2,34
	Toplam	%0,93	%4,67	%11,21	%65,42	%11,21	%5,14	%1,40	%54,21

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,47	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,95
	SW	%0,00	%0,95	%4,27	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%5,21
	MW	%0,00	%0,47	%2,84	%9,95	%0,00	%0,00	%0,00	%13,27
	N	%0,47	%2,84	%3,79	%49,76	%4,27	%1,90	%0,95	%63,98
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%5,21	%2,37	%0,95	%0,00	%8,53
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,95	%2,84	%1,42	%0,00	%5,21
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%0,95	%1,42	%2,84
	Toplam	%0,95	%4,74	%10,90	%65,88	%9,95	%5,21	%2,37	%59,24

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,98	%0,49	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,46
	SW	%0,00	%4,88	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%4,88
	MW	%0,00	%0,00	%8,29	%1,46	%0,00	%0,00	%0,00	%9,76
	N	%0,00	%0,00	%0,49	%65,37	%0,98	%0,00	%0,00	%66,83
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%7,32	%0,49	%0,00	%7,80
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%6,83	%0,49	%7,32
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,49	%1,46	%1,95
	Toplam	%0,98	%5,37	%8,78	%66,83	%8,29	%7,80	%1,95	%95,12

Şekil C.13 Sütçüler istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,31	%0,46	%0,77	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,55
	SW	%0,62	%0,62	%1,86	%0,93	%0,00	%0,00	%0,00	%4,02
	MW	%0,15	%1,08	%2,48	%6,04	%0,00	%0,00	%0,00	%9,75
	N	%0,00	%2,79	%4,64	%55,88	%4,02	%2,48	%0,46	%70,28
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%4,80	%0,77	%0,31	%0,77	%6,66
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%1,70	%1,24	%0,77	%1,08	%4,80
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%0,62	%1,08	%0,93	%2,94
	Toplam	%1,08	%4,95	%9,75	%69,66	%6,66	%4,64	%3,25	%61,76

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,78	%0,47	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,71
	SW	%0,16	%1,40	%3,58	%0,62	%0,00	%0,00	%0,00	%5,75
	MW	%0,31	%0,31	%2,02	%7,31	%0,00	%0,00	%0,00	%9,95
	N	%0,31	%2,02	%4,20	%54,90	%3,73	%1,71	%0,47	%67,34
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%5,75	%2,02	%0,62	%0,47	%8,86
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%2,02	%1,56	%0,62	%4,67
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,62	%1,09	%1,71
	Toplam	%1,56	%4,20	%10,26	%69,05	%7,78	%4,51	%2,64	%63,76

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%2,04	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%2,51
	SW	%0,00	%3,14	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%3,30
	MW	%0,00	%0,16	%11,77	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%12,40
	N	%0,00	%0,00	%0,31	%62,32	%0,31	%0,00	%0,00	%62,95
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%11,62	%0,47	%0,00	%12,56
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%3,77	%0,16	%4,08
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%2,20	%2,20
	Toplam	%2,04	%3,77	%12,24	%63,27	%12,09	%4,24	%2,35	%96,86

Şekil C.14 Tefenni istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,46	%0,77	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,24
	SW	%0,00	%1,86	%2,01	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%4,18
	MW	%0,31	%0,77	%3,56	%5,57	%0,00	%0,00	%0,00	%10,22
	N	%0,62	%1,70	%5,26	%53,10	%5,11	%1,24	%0,77	%67,80
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,19	%0,77	%0,77	%0,93	%8,67
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%2,63	%0,46	%0,46	%0,46	%4,02
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,46	%1,08	%0,77	%1,55	%3,87
	Toplam	%1,39	%5,11	%10,84	%68,27	%7,43	%3,25	%3,72	%61,76

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,31	%0,47	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,09
	SW	%0,16	%2,18	%2,95	%0,62	%0,00	%0,00	%0,00	%5,91
	MW	%0,47	%1,24	%1,87	%6,38	%0,00	%0,00	%0,00	%9,95
	N	%0,31	%1,40	%5,60	%53,03	%4,35	%1,71	%0,00	%66,41
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,07	%1,24	%1,24	%1,09	%9,64
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,93	%3,73	%0,31	%0,16	%5,13
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%0,47	%1,24	%1,87
	Toplam	%1,24	%5,29	%10,73	%67,03	%9,49	%3,73	%2,49	%60,19

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%1,26	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,57
	SW	%0,00	%2,98	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%3,30
	MW	%0,00	%0,47	%10,83	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%11,62
	N	%0,00	%0,00	%0,31	%66,09	%0,16	%0,00	%0,00	%66,56
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%8,48	%0,00	%0,00	%8,95
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47	%4,08	%0,16	%4,71
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%3,30	%3,30
	Toplam	%1,26	%3,77	%11,46	%66,88	%9,11	%4,08	%3,45	%97,02

Şekil C.15 Uluborlu istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

SPI-3	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,31	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,62
	SW	%0,46	%1,39	%2,01	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%3,87
	MW	%0,31	%0,77	%2,63	%7,59	%0,00	%0,00	%0,00	%11,30
	N	%1,08	%0,77	%4,64	%54,49	%4,33	%2,01	%0,00	%67,34
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%6,50	%0,46	%0,77	%1,70	%9,44
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%3,10	%0,62	%0,00	%0,77	%4,49
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%0,77	%0,62	%1,24	%2,94
	Toplam	%2,17	%3,25	%9,29	%71,98	%6,19	%3,41	%3,72	%60,53

SPI-6	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,00	%0,47	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,47
	SW	%0,00	%0,47	%3,58	%0,78	%0,00	%0,00	%0,00	%4,82
	MW	%0,78	%1,56	%2,95	%7,78	%0,00	%0,00	%0,00	%13,06
	N	%0,31	%1,24	%4,35	%54,12	%4,04	%1,24	%0,00	%65,32
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%4,98	%1,40	%0,93	%1,09	%8,40
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%1,09	%2,64	%0,78	%0,93	%5,44
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,16	%1,09	%1,24	%2,49
	Toplam	%1,09	%3,73	%10,89	%68,74	%8,24	%4,04	%3,27	%60,96

SPI-12	Dinamik								
Klasik		EW	SW	MW	N	MD	SD	ED	Toplam
	EW	%0,78	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%1,10
	SW	%0,16	%2,20	%0,16	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%2,51
	MW	%0,00	%0,00	%10,36	%0,31	%0,00	%0,00	%0,00	%10,68
	N	%0,00	%0,00	%0,47	%70,64	%0,63	%0,00	%0,00	%71,74
	MD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%4,55	%0,16	%0,00	%5,02
	SD	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,31	%4,24	%0,31	%4,87
	ED	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,00	%0,63	%3,45	%4,08
	Toplam	%0,94	%2,51	%10,99	%71,27	%5,49	%5,02	%3,77	%96,23

Şekil C.16 Yalvaç istasyonu klasik ve dinamik SPI analiz sonuçları IDCM karşılaştırması

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Ercan, C., & Şişman, E. (2023). The climate change impact on drought characteristics in Antalya Basin. International Ege Agriculture Congress, (s. 112). Izmir.

2. Ercan, C., Abu Arra, A., & Şişman, E. (2024). Innovative Trend Analysis of Drought: A Comparative Study Across Short, Medium and Long Timescales. International Bakü Conference On Scientific Research. Bakü.

3. Ercan, C., Abu Arra, A., & Şişman, E. (2024). The Paradox of Meteorological, Agricultural, and Hydrological Droughts. International Bakü Conference On Scientific Research. Bakü.

Makaleler

1. Ercan, C., Arra, A. A., & Şişman, E. (2025). Investigation of Precipitation and Temperature Trends Using Classical and Innovative Approaches with Corresponding Frequencies in Antalya Basin, Türkiye. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 103958.