

**BURSA BÖLGESİNDE ZAMAN SERİLERİ, SPI VE SPEI
KURAKLIK İNDİSLERİ KULLANILARAK KURAKLIK
ANALİZİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Gülce ARIKAN UYSAL



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BURSA BÖLGESİNDE ZAMAN SERİLERİ, SPI VE SPEI KURAKLIK
İNDİSLERİ KULLANILARAK KURAKLIK ANALİZİ ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA**

Gülce ARIKAN UYSAL
0000-0003-2821-6105

Prof. Dr. Kemal Sulhi GÜNDOĞDU
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Gülce ARIKAN UYSAL tarafından hazırlanan “BURSA BÖLGESİNDE ZAMAN SERİLERİ, SPI VE SPEI KURAKLIK İNDİSLERİ KULLANILARAK KURAKLIK ANALİZİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Kemal Sulhi GÜNDOĞDU

Başkan : Aaaaa. Dr. Aaaaaaaa AAAAAAAA
000-000-000-000
Aaaaaaaa Üniversitesi,
Aaaaaaaa Fakültesi,
Aaaaaaaa Anabilim Dalı

İmza

Üye : Aaaaa. Dr. Aaaaaaaa AAAAAAAA
000-000-000-000
Aaaaaaaa Üniversitesi,
Aaaaaaaa Fakültesi,
Aaaaaaaa Anabilim Dalı

İmza

Üye : Aaaaa. Dr. Aaaaaaaa AAAAAAAA
000-000-000-000
Aaaaaaaa Üniversitesi,
Aaaaaaaa Fakültesi,
Aaaaaaaa Anabilim Dalı

İmza

Üye : Aaaaa. Dr. Aaaaaaaa AAAAAAAA
000-000-000-000
Aaaaaaaa Üniversitesi,
Aaaaaaaa Fakültesi,
Aaaaaaaa Anabilim Dalı

İmza

Üye : Aaaaa. Dr. Aaaaaaaa AAAAAAAA
000-000-000-000
Aaaaaaaa Üniversitesi,
Aaaaaaaa Fakültesi,
Aaaaaaaa Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

.././....

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.../.../.....

Gülce ARIKAN UYSAL

TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Danışman Adı-Soyadı
Tarih

Öğrencinin Adı-Soyadı
Tarih

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BURSA BÖLGESİNDE ZAMAN SERİLERİ, SPI VE SPEI KURAKLIK İNDİSLERİ KULLANILARAK KURAKLIK ANALİZİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Gülce ARIKAN UYSAL

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kemal Sulhi GÜNDOĞDU

Tüm tarımsal faaliyetler iklim ile doğrudan ilişkili durumdadır. Son yıllarda, sıcaklık ve yağış rejimlerinde meydana gelen değişiklikler ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nı olumsuz etkilemektedir. Artan sıcaklıklar ve düzensiz yağışlar bazı bölgelerde bitkisel üretimde sulama ihtiyacını artırırken, bazı bölgelerde ise aşırı ve düzensiz yağışlar üretime ciddi zararlar vermektedir. Günümüzde, iklim değişikliği birçok iklim bilimci tarafından göz ardı edilemeyecek bir sorun olarak kabul görmüştür. Ülkemizde tarımsal üretimi en çok etkileyecek olan doğal afetlerden biri kuraklıktır. Bu çalışmada, tarımsal üretimde ülkemizin önemli şehirlerinden biri olan Bursa için kuraklık analizi yapılmıştır. Bunun yanında yağış ve sıcaklık değerleri için 1990 - 2019 yılları arasında parametrik olmayan Mann–Kendall ve Şen'in Trend Analizleri yapılmıştır. Trend analizi sonuçlarına göre, yağış verilerinde istatistiksel olarak anlamlı trendlere ulaşılamamış, sıcaklık verilerinde artış trendleri gözlenmiştir. Kuraklık analizi için SPI ve SPEI yöntemleri kullanılmış, her iki yöntem sonucu 1960 – 2019 yılları için ekstrem değerlere ulaşılsa da genelde normal kuraklık seviyelerinin hakim olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, Yağış, Sıcaklık, Standart Yağış İndisi (SPI), Standart Yağış ve Evapotranspirasyon İndisi (SPEI), Trend Analizi
2022, xiii + 76 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

A STUDY ON DROUGHT ANALYSIS USING TIME SERIES, SPI AND SPEI DROUGHT INDICES IN BURSA REGION

Gülce ARIKAN UYSAL

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystems Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Kemal Sulhi GÜNDOĞDU

All agricultural activities are directly related to the climate. In recent years, temperature increases and changes in precipitation regimes adversely affect the Mediterranean Basin, which includes our country. While increasing temperatures and irregular precipitation increase the need for irrigation in crop production in some regions, excessive and irregular precipitation in some regions seriously damages production. Nowadays, climate change has been accepted by many climate scientists as a problem that cannot be ignored. In our country, drought is one of the natural disasters that will affect agricultural production the most. In this study, a drought analysis was made for Bursa, which is one of the important cities of our country in agricultural production. In addition, non-parametric Mann-Kendall and Sen's Trend Analyzes were conducted between 1990 - 2019 for precipitation and temperature values. According to results of the trend analysis, statistically significant trends could not be reached in the precipitation data, increasing trends were observed in the temperature data. SPI and SPEI methods were used for drought analysis, although extreme values were reached for the years 1960 – 2019 as a result of both methods, it was determined that normal drought levels were dominant in general.

Keywords: Drought, Precipitation, Temperature, Standardized Precipitation Index (SPI), Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI), Trend Analyzes
2022, xiii + 76 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez hazırlama sürecimde benden hiç vazgeçmeyen, ihtiyaç duyduğum her an bilgi ve tecrübeleriyle bana katkı sağlayan, şahsıyla ve akademik yönüyle her zaman örnek alacağım saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Kemal Sulhi Gündoğdu'ya, meteorolojik verilerin elde edilmesi ve fikri katkıları ile destek olan Sayın Hüseyin İlhan'a, kendisine ulaştığımda beni geri çevirmeyen, içten yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Murat Karaer'e, hayatıma dokunmuş tüm öğretmenlerime, bana hep çok sevildiğimi hissettiren, hayatımın her anında olduğu gibi yüksek lisans sürecimde de arkamda olduklarını bildiğim sevgili babam Hasan Nuri Arıkan ve güzel annem Kezban Arıkan'a, tez çalışmamda yardımları ile hayatımı kolaylaştıran, tüm desteği ve sevgisi ile yanımda olan kıymetli eşim Burak Uysal'a teşekkürlerimi sunarım.

Gülce ARIKAN UYSAL

.../.../.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. İklim Değişikliği.....	4
2.2. Sera Gazı.....	4
2.3. Küresel Isınma, Küresel İklim Değişikliği ve Sonuçları.....	5
2.4. Kuraklık.....	7
2.5. Dünya'da ve Türkiye'de Yapılan Çalışmalar.....	12
2.5.1. Tarihsel süreç.....	12
2.5.2. İklim değişikliği.....	14
2.5.3. Kuraklık.....	15
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Araştırma bölgesinin belirlenmesi.....	18
3.1.2. Çalışma verilerinin elde edilmesi.....	20
3.1.3. Çalışma verilerinin belirlenmesi.....	20
3.2. Yöntem.....	20
3.2.1. Çalışmada kullanılan programlar.....	20
4. BULGULAR.....	25
4.1. Sıcaklık ve Yağış Değerlerinin Trend Analizi Sonuçları.....	25
4.1.1. Sıcaklık trend analizi.....	25
4.1.2. Yağış trend analizi.....	30
4.2. Kuraklık Analizi Sonuçları.....	34
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	59
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	67

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
A2	Yüksek emisyon senaryolu model simülasyonları
C ₀	SPEI formülasyonunda kullanılan sabit değer
C ₁	SPEI formülasyonunda kullanılan sabit değer
C ₂	SPEI formülasyonunda kullanılan sabit değer
cm	santimetre
d ₁	SPEI formülasyonunda kullanılan sabit değer
d ₂	SPEI formülasyonunda kullanılan sabit değer
d ₃	SPEI formülasyonunda kullanılan sabit değer
D	Yağış – PET farkı
ET _o	Referans evapotranspirasyon
i	zaman ölçeği (ay)
km	kilometre
km ²	kilometrekare
L momentleri	Bir olasılık dağılımının şeklini özetlemek için kullanılan bir dizi istatistik
m	metre
m ³	metreküp
mm	milimetre
P	Belirlenmiş bir D değerini aşma olasılığı
P	Yağış
PET	Potansiyel evapotranspirasyon
w	Yağışın evapotranspirasyondan fazla / az olmasına bağlı katsayı
X _i	Belirli bir periyottaki toplam yağış (mm)
X _{ort}	Aynı periyot için ortalama toplam yağış (mm)
°	Derece
'	Dakika
°C	Santigrat derece
°C/yıl	Yıllık periyotta değişen sıcaklık
%	Yüzde
σ	Standart sapma

Kısaltmalar	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
K	Kuzey
Max.	Maksimum
Min.	Minimum
MK – Z	Mann - Kendall – Z Testi
Ort.	Ortalama
PDSI	Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi
ppmv	hacimce milyonda bir parçacık
SPI	Standart yağış indisi
SPEI	Standart yağış ve evapotranspirasyon indisi
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
yy.	Yüzyıl

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1.	2020 yılı küresel yıllık ortalama sıcaklığın 1850 – 1900 yılları (Endüstri Öncesi Dönem)’ndan farkı..... 14
Şekil 3.1.	Bursa iline ait harita..... 18
Şekil 3.2.	Türkiye yıllık referans toplam buharlaşma (ETo) normal haritası... 23
Şekil 4.1.	Yıllık ortalama sıcaklık değerleri ve yıllara göre değişimi..... 27
Şekil 4.2.	1990 – 1999, 2000 – 2009 ve 2010 - 2019 yılları arası yıllık ortalama sıcaklık..... 27
Şekil 4.3.	Mevsimlik ortalama sıcaklık değişimi..... 28
Şekil 4.4.	Aylık ortalama sıcaklık değişimi..... 29
Şekil 4.5.	Yıllık ortalama yağış değişimi..... 31
Şekil 4.6.	1990 – 1999, 2000 – 2009 ve 2010 - 2019 yılları arası ortalama yağış değişimi..... 31
Şekil 4.7.	Mevsimlik ortalama yağış değişimi..... 32
Şekil 4.8.	Aylık ortalama yağış değişimi..... 33
Şekil 4.9.	1 aylık zaman periyodunda SPI değerleri..... 34
Şekil 4.10.	3 aylık zaman periyodunda SPI değerleri..... 37
Şekil 4.11.	6 aylık zaman periyodunda SPI değerleri..... 40
Şekil 4.12.	9 aylık zaman periyodunda SPI değerleri..... 42
Şekil 4.13.	12 aylık zaman periyodunda SPI değerleri..... 44
Şekil 4.14.	1 aylık zaman periyodunda SPEI değerleri..... 46
Şekil 4.15.	3 aylık zaman periyodunda SPEI değerleri..... 49
Şekil 4.16.	6 aylık zaman periyodunda SPEI değerleri..... 52
Şekil 4.17.	9 aylık zaman periyodunda SPEI değerleri..... 54
Şekil 4.18.	12 aylık zaman periyodunda SPEI değerleri..... 56

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1.	Dünyadaki doğal afetlerin karakteristik özellikleri ve çeşitli etkilerinin puanlamasına göre önem sıraları.....	10
Çizelge 2.2.	Akdeniz ülkelerinde doğal afetlerin önem sırası.....	11
Çizelge 3.1.	Bursa iklimi.....	19
Çizelge 3.2.	SPI ve SPEI kuraklık sınıfları.....	23
Çizelge 4.1.	Sıcaklık değerlerinin trend analizi sonucu.....	26
Çizelge 4.2.	Yağış değerleri trend analizi.....	30
Çizelge 4.3.	1960 – 2019 yılları 1 aylık zaman ölçeğinde SPI analiz sonuçları...	35
Çizelge 4.4.	Bursa’da 1960 – 2019 yılları arasında aylık kuraklık düzeylerinin görülme frekansı.....	36
Çizelge 4.5.	Kuraklık düzeylerine göre görülme yüzdeleri ve ay sayıları.....	36
Çizelge 4.6.	1960 – 2019 yılları 3 aylık zaman ölçeğinde SPI analiz sonuçları...	38
Çizelge 4.7.	Bursa’da 1960 – 2019 yılları arasında 3 aylık zaman periyodunda mevsimsel kuraklık düzeylerinin görülme frekansı.....	39
Çizelge 4.8.	Kuraklık düzeylerine göre görülme yüzdeleri ve mevsim sayıları...	40
Çizelge 4.9.	1960 – 2019 yılları 6 aylık zaman ölçeğinde SPI analiz sonuçları...	41
Çizelge 4.10.	1960 – 2019 yılları 9 aylık zaman ölçeğinde SPI analiz sonuçları....	43
Çizelge 4.11.	1960 – 2019 yılları 12 aylık zaman ölçeğinde SPI analiz sonuçları..	45
Çizelge 4.12.	1960 – 2019 yılları 1 aylık zaman ölçeğinde SPEI analiz sonuçları..	47
Çizelge 4.13.	Bursa’da 1960 – 2019 yılları arasında SPEI aylık kuraklık düzeylerinin görülme frekansı.....	48
Çizelge 4.14.	SPEI kuraklık düzeylerine göre görülme yüzdeleri ve görüldüğü ay sayısı.....	48
Çizelge 4.15.	1960 – 2019 yılları 3 aylık zaman ölçeğinde SPEI analiz sonuçları..	50
Çizelge 4.16.	Bursa’da 1960 – 2019 yılları arasında 3 aylık zaman periyodunda mevsimsel SPEI kuraklık düzeylerinin görülme frekansı.....	51
Çizelge 4.17.	SPEI kuraklık düzeylerine göre görülme yüzdeleri ve mevsim sayıları.....	52
Çizelge 4.18.	1960 – 2019 yılları 6 aylık zaman ölçeğinde SPEI analiz sonuçları.....	53
Çizelge 4.19.	1960 – 2019 yılları 9 aylık zaman ölçeğinde SPEI analiz sonuçları.....	55
Çizelge 4.20.	1960 – 2019 yılları 12 aylık zaman ölçeğinde SPEI analiz sonuçları.....	57

1. GİRİŞ

Bursa; iklimi, toprak yapısı ve coğrafi konumu dolayısıyla ülkemizin önemli tarım şehirleri arasında yer almaktadır. Toplam yüzölçümü 1 088 638 hektar alana sahip olan Bursa ilinin, 347 090,60 hektarını tarım yapılan kültür arazileri oluşturmaktadır. Tarım yapılan alanın 290 456 ha'lık kısmı sulanabilir arazilerden oluşmasına rağmen, yalnızca 142 920 hektar alan sulanmaktadır. Mustafakemalpaşa, Karacabey, Yenişehir, İnegöl ve Gürsu Ovaları'nda en çok domates, soğan, karpuz, yonca, buğday, mısır, çeltik ve ayçiçeği, bunların yanı sıra zeytin, armut, şeftali, elma ve ceviz gibi ürünlerde yetiştirilmektedir. Türkiye sıralamasına göre; tarımsal üretim değeri on birinci sıradadır (Anonim, 2019 a).

Tarım yapılan arazilerin %41,48'inde tarla bitkileri üretilmekte olup, %36,83'ünde meyve bahçeleri, bağlar ve zeytinlikler bulunur. Yaklaşık %12'lik kısmında ise sebze üreticiliği yapılmaktadır (Anonim, 2019 a). Türkiye'de en çok sebze üretimi yapan dört şehirden biri Bursa'dır (TÜİK, 2018).

Tüm tarımsal faaliyetler iklim ile doğrudan ilişkili durumdadır. Son yıllarda sıcaklık artışları ve yağış rejimlerindeki değişiklikler özellikle Akdeniz Havza'sını olumsuz etkilemektedir. Sıcaklık artışları ve yağış düzensizliği bitkisel üretimde sulama ihtiyacını artırabilmektedir.

Günümüzde çok sayıda iklim bilimci, doğal afetlerdeki belirgin artışı, insan kaynaklı sera gazlarının atmosfere salınması sonucunda kuvvetlenen sera etkisine (küresel ısınmaya) bağlamaktadır (Türkeş, 2001).

Küresel iklim değişikliği, beraberinde gelen aşırı hava olaylarıyla; tarım, hayvancılık, balıkçılık ve ekosistemleri etkilemesi sebebiyle gıda güvenliği için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. İçinde bulunduğumuz yüzyılın sonuna doğru tropik ve tropik altı bölgelerde ürün yetiştirme mevsimlerinde sıcaklıkların mevsimsel uç sıcaklıkları büyük oranda aşmasıyla beraber, ürünlerden alınan verim küresel iklim değişikliğinden ciddi anlamda etkilenebilecektir. Birçok Afrika ülkesi ve diğer az gelişmiş bölgeler gıdaya

ulaşım konusunda ciddi sıkıntı yaşayacakken, Asya'daki gelişmekte olan ÷lkelerde kıtlık riskinin artacağı, Latin Amerika'da ise önemli tarım ürünleri ve hayvancılık üretiminde iklim değişikliğine bağlı olarak düşüşler yaşanacağı öngörülmektedir (IPCC, 2012; Kadioğlu, 2012).

Dünyada rekor seviyede hava sıcaklıkları sıklıkla gör÷lmeye başlanmış olup, bu sıklığın artabileceği belirtilmektedir. Çünkü iklim değişimi ile birlikte gör÷lebilecek birkaç derecelik artış, aşırı hava sıcaklığında çok büyük artışlara sebebiyet verecektir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne göre; 2100 yılına kadar ortalama 1 ila 3,5°C arasında bir küresel sıcaklık artışı meydana geleceği öngörülmektedir (IPCC, 2001). Öngör÷len bu artışlar da beraberinde ekstrem doğa olaylarını ve doğal afetleri getirecektir. Seller, taşkınlar, fırtınalar, kuraklık, çölleşme gibi afet boyutlarına erişecek olayların küresel boyutlara ulaşacağı ve gör÷lme sıklığının artacağı belirtilmektedir (Öztürk, 2002).

Türkiye, karmaşık bir iklim yapısına sahip olması nedeniyle iklim değişikliği açısından kırılgan özelliktedir. Dolayısıyla iklim değişikliğinden en çok etkilenecek ÷lkeler arasında yer almaktadır. Farklı topografyası ve karmaşık iklimi nedeniyle ÷lkenin farklı bölgeleri iklim değişikliğinden farklı oranlarda ve farklı biçimlerde etkilenecektir (Öztürk, 2002). İklim değişikliği projeksiyonları sıcaklıkların yükselmesi ile yağışların ÷lke güneyinde azalacağı konusunda hemfikirdir. Yağışların azalmasıyla beraber su kaynaklarında meydana gelecek azalma, ÷lkenin güney kısımlarındaki havzalarda olumsuz etkiler oluşturacaktır. Su kaynaklarında meydana gelebilecek azalmalar tarım ve hayvancılık alanında belirgin biçimde hissedilecektir. Ülkemizin sıcak hava dalgaları ile kuraklık ve orman yangınlarına maruz kalabileceği öngörülmektedir (şen, 2013).

Kuraklık tahmini en zor fakat oldukça geniş etkileri olan bir afettir (Anonim, 2018). Etkisi aniden gör÷lmese dahi en zararlı doğal afetlerden biridir (Gümüş ve ark., 2016). Etkilerini en düşük seviyelere indirebilmek amacıyla izlenmesi gerekir. Kuraklık önceden belirlenip izlenebilir ise şiddeti artmadan önlem alınabilir (İlgar, 2010).

Kuraklık hesaplanırken; bir bölgedeki yağış ve evapotranspirasyon dengesinin uzun süreli ortalaması dikkate alınmalıdır. Kuraklık, zaman ve yağış etkileri ile ilişkilidir (Anonim, 2018). Ürün büyüme mevsiminde meydana gelen yağış başlangıcındaki veya yağış yoğunluğundaki değişim ürün verimine doğrudan etkilidir.

Bu çalışmada; uzun yıllar ortalama sıcaklık ve yağış verilerine uygulanan trend analizi ile sıcaklık ve yağış trendleri tespit edilmiş, böylece yağış ve sıcaklık anomalileri olup olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, SPI ve SPEI indisleri kullanılarak 12 aylık zaman periyodu dikkate alınarak kuraklık analizi yapılmış, elde edilen verilerin yıllık kuraklık karakterleri değerlendirilmiş ve iki yöntemin birbiriyle kıyaslaması yapılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. İklim Değişikliği

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne göre iklim değişikliği; karşılaştırılabilir zaman periyodunda gözlemlenen doğal iklim değişikliğine ilaveten, doğrudan veya dolaylı yoldan küresel atmosfer bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucu iklimde oluşan bir değişiklik olarak tanımlanmıştır (Türkeş, 2008).

İklim bilimcilere göre hava durumu; atmosferde değişebilir süreçlere bağlı, yerkürenin herhangi bir noktasında, herhangi bir anda meydana gelen atmosferik olayların tümü olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 2001).

İklim; yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca yaşanan ya da gözlenen tüm hava olaylarının, atmosferik süreçlerin ve iklim elemanlarının değişkenlikleri, uç oluşumları ve ortalama değerleri gibi uzun süreli istatistiklerin birleşimi ile tanımlanabilmektedir (Türkeş, 2001).

Hava durumu ve iklim arasındaki en önemli fark, zamandır. İklim, uzun süreli ve dönemsel iken; hava durumu, kısa süreli atmosfer koşulları olarak nitelendirilir. Bu nedenle iklim değişikliği; "İklim koşullarındaki küresel ölçekli ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişikliklerdir." şeklinde tanımlanabilir (Türkeş, 2001).

Küresel iklim; dünyanın varoluşundan bugüne kadar her daim değişme eğilimi göstermiştir (Türkeş 2013).

2.2. Sera Gazı

Temelde %78,08 azot, %20,95 oksijen, %0,93 karbondioksit ve çok sayıda diğer gazlardan oluşan atmosfer, yeryüzündeki yaşam için olmazsa olmaz bir unsurdur. Atmosfer tıpkı seralarda olduğu gibi kısa dalgalı güneş ışınımını geçirip, yeryüzünden

geri yansıyan uzun dalgalı (termik) ışınımın büyük kısmının uzaya kaçmasına engel olmaktadır. Yer ışınımının uzaya kaçmasına engel olan, atmosferin üst tabakalarında bulunan gazlar “sera gazları” olarak adlandırılır. Sera gazlarının termik ışıma karşı az geçirgen olması sebebiyle doğal bir süreç olan yerkürenin ısı dengesini düzenlemesi olayına ise sera etkisi adı verilir (Türkeş, 2001).

Doğal sera gazı olarak bilinen en önemli gazlar; su buharı (H₂O), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O) ve ozon (O₃) gazlarıdır. Sera gazı birikiminde sanayi devrimi sonrası bir artış meydana gelmiştir. 1750 yılından itibaren CO₂ birikimi %30, CH₄ birikimi %145 ve N₂O birikimi %15 oranında artmıştır. 1958’den beri yapılmakta olan Mauna Loa ölçümlerine göre atmosferdeki CO₂ birikimi hızla artmaktadır (Keeling ve Whorf, 2009; Anonim, 2013). Sanayi öncesi dönemde yaklaşık 280 ppmv, 1994’te 358 ppmv olarak belirlenen CO₂ salınımlarındaki artışın günümüzdeki hızıyla devam etmesi durumunda, 21. yy. sonuna kadar 500 ppmv’yi bulacağı öngörülmektedir (IPCC 1996, Türkeş 2001).

Sera gazı birikimleri, sülfat parçacıkları (fosil yakıtların yanması ile ortaya çıkan kükürtdioksit (SO₂) ve insan kaynaklı aerosoller), on bir yıllık ve daha uzun süreli döngüler ile meydana gelen güneş ışınımındaki değişiklikler de bin yıllar gibi çok uzun zamanlar olsa da iklim değişimlerinin oluşumunda etkili olmuştur (Türkeş, 2001).

Sera gazlarındaki artışa Sanayi Devrimi sonrası artan fosil yakıt kullanımının yanı sıra dünyanın birçok yerinde meydana gelen ormansızlaşma ve orman tahribatı da sebep olarak gösterilmelidir (Öztürk 2002).

2.3. Küresel Isınma, Küresel İklim Değişikliği ve Sonuçları

Küresel ısınma, Arktik buzulların alansal azalmasındaki temel etmenlerdendir ve bu azalma deniz seviyesinde yükselmeye, atmosfer dolaşımının değişimine, dolayısıyla da iklim sisteminde değişikliğe yol açacaktır (Türkeş, 2001).

Küresel ısınma, 1980'lerden sonra daha çok hissedilmiş, 1990'lı yıllarda en yüksek seviyelerine ulaşmıştır. Güvenilir aletlerle ölçüm yapılmaya başlanan 1860'tan beri, her iki yarımküre ve toplam küresel yüzey sıcaklıklarına bakarak, yaşanan en sıcak yıllar 2015, 2016 ve 2020 yıllarıdır. Bu yıllardan 2016'da yıllık sıcaklık ortalaması, sanayi devrimi öncesi yıllardan 1,2°C daha fazla olmuştur (WMO, 2019 - 2021).

Küresel sıcaklık artışlarına bağlı oluşan iklim değişikliğinde bölgesel ve zamansal farklılıklar olması olasıdır. Dünyanın bazı bölgelerinde aşırı hava olayları ve yağışlar görülürken, diğer bölgelerinde şiddetli kuraklık hakim olabilecektir (Türkeş, 2001). Ayrıca yüzey sıcaklıklarına meydana gelen ısınma trendlerinin çoğunlukla karalar üzerindeki egemenliği dikkat çekici bir olgudur (Türkeş, 2012).

Türkiye Akdeniz Havzası'nın en doğusunda bulunduğundan, ülkenin büyük kısmı Akdeniz iklimi özelliklerini göstermektedir. Akdeniz ikliminde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Yazların kurak geçmesinin en önemli sebebi, ekvatordaki ısınmaya bağlı bir biçimde havanın yerküre tarafından ısınarak yükselip alçak basınç alanı oluşturarak, kutuplara doğru hareketi sonucu soğuyup çökmesi ile yüksek basınç alanı yaratarak alçalan havanın tekrar yüzeyden ekvatora doğru ilerleyip ekvatordaki yükselen havayı değiştirmesi olarak tanımlanan Hadley Dolaşım Hücresi'nin kuzeye kayarak Azor yüksek basınç sistemini güçlendirmesidir. Soğuk dönemde Türkiye'ye yağış getiren Atlantik kaynaklı alçak basınç sistemleri, yazları güçlenen Azor sebebiyle Akdeniz Havzası'na nüfuz edemez, bu sebeple havzanın tamamına yakınında yağışlar azalır. Yapılan çalışmalarda küresel ısınma sonucu, Azor'un kuzeye kayarak ülkenin güney kesimlerinde daha az yağışa sebep olacağı görülmüştür. Akdeniz Havzası'nda sıcaklıkların artması ve yağış azlığı, su kaynakları açısından riskli olan ve 36 - 42° K enlemlerinde, çöl ikliminin hemen üzerinde bulunan ülkemizin gelecekte daha da hassas olacağı öngörülmektedir (Şen, 2013).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü verileri incelendiğinde, ülkemizde ortalama yaz sıcaklıklarında önemli bir artış gözlenmekte, sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde de sıcaklık artışı görülmektedir. Buna karşın kış sıcaklıklarında önemli bir değişim

görülmemiştir. Yıllık toplam yağış konusunda yapılan değerlendirmeler ise herhangi bir değişimin olmadığını göstermektedir (Şen, 2013).

Yüksek emisyon senaryosu (A2) model simülasyonları, bulunduğumuz yüzyıl sonlarında yıllık sıcaklıkların 3,1 – 5,2°C arasında artacağını ve ülke genelinde yağışların azalacağını öngörmektedir. Sıcaklık artışının Akdeniz, Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu bölgeleri gibi ülkenin güneyi ve doğusunda kıyı bölgelerine kıyasla daha fazla olacağı, yağış azalışının da özellikle Akdeniz ve Ege'nin güneyinde daha fazla olacağı öngörülmüştür. Yağış konusunda Karadeniz ve Marmara'da çok fazla değişim olmayacağı düşünülmektedir. Bölgesel modeller de küresel modelleri destekler sonuçlar vermektedir. Simülasyonlara göre ülke genelinde Akdeniz iklimi hakimiyetinin artacağı düşünülmektedir (Şen 2013).

IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu'na göre; 1901 – 2012 yılları arasında yerküre sıcaklığının 0,9°C artış gösterdiği ortaya koyulmuştur. CO₂, CH₄ ve N₂O gazlarının konsantrasyonlarının 2014 yılı itibariyle geçtiğimiz 800 000 yılın en yüksek düzeyinde olduğu saptanmıştır. CO₂ konsantrasyonlarının ise sanayi öncesi devirlere göre %40 daha fazla olduğu belirtilmiştir. Yüksek güvenilirlik seviyesinde 1983 – 2012 yılları arasının son 800 yılın en sıcak 30 yıllık dönemi olduğu görülmüştür. Buzulların erimesi, okyanus seviyelerinin yükselmesi ve Sanayi Devrimi sonrası salınan karbonun %30'unun okyanuslarca emilmesi sonucu okyanuslarda asitlenme meydana gelmiştir. 21. yüzyılın sonuna kadar küresel yüzey sıcaklıklarında Sanayi Devrimi öncesine kıyasla biri dışında tüm IPCC senaryolarına göre 1,5°C, iki yeni senaryoya göre ise 2°C kadar artış olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, küresel ısınmanın 2100 yılı sonrasında da süreceği öngörülmektedir (IPCC, 2013, 2014).

2.4. Kuraklık

DSİ verileri Türkiye'nin yıllık toplam kullanılabilir yüzey ve yeraltı sularının 112 milyar m³ olduğunu göstermektedir. Toplam kullanılan su miktarı 44 milyar m³'tür. Toplam kullanılan su miktarının ise % 73'ü sulama suyu olarak kullanılmaktadır (Şen, 2013).

İklim değişikliği projeksiyonlarına göre, yağışlarda olduğu gibi ülkenin güney havzalarında su potansiyelinin azalması beklenmektedir (Şen, 2013). Akdeniz genelinde

yağışlarda %20 oranında azalma meydana gelmiş, su talebi ise iki kat artmıştır (Apak, 2009).

Kuraklık, yağışların kaydedilen normal düzeylerinin altına düşmesi sonucu arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi ve hidrolojik dengenin bozulmasına neden olan doğal olay olarak tanımlanır (WMO, 1997). Kuraklık ifadesi suyun yetersizliğinin değil, normalinden saparak azalması durumunun karşılığıdır (Doğan, 2013). Meteorolojik kuraklık, tarımsal kuraklık, hidrolojik kuraklık ve bu üçünün etkisi ile meydana gelen sosyo-ekonomik kuraklık biçiminde sınıflandırılır (Wilhite ve Glantz 1987).

Kuraklığın ifadesinde başı çeken göstergelerden olan meteorolojik kuraklık; uzun yıllar ortalamalarına kıyasla yağış miktarında meydana gelen, belirgin olarak normal değerlerin altına düşecek biçimde bir azalma şeklinde tanımlanabilir ve çoğunlukla bölgeseldir. Yağış meteorolojik kuraklığın en önemli değeridir ve meteorolojik kuraklık farklı iklim bölgelerinde büyük değişiklikler göstermektedir (Gümüş ve ark., 2016). Tarımsal kuraklık; toprakta, bitki kök bölgesinde, bitkinin su ihtiyacını karşılayacak kadar suyun bulunmaması durumu olarak açıklanabilir. Nem kaybı ve su kaynaklarında kıtlık oluştuğunda meydana gelmesi sebebiyle meteorolojik kuraklık ile yakın ilişkilidir (Anonim, 2018). Yağışın yanı sıra bitki su tüketim miktarı ve toprak özellikleri de tarımsal kuraklığı etkileyen ana faktörler olarak değerlendirilebilir (Dinç ve ark., 2016). Tarımsal kuraklık; meteorolojik kuraklıktan sonra, hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkan tipik bir durumdur (İlgar 2010). Hidrolojik kuraklık; uzun süren yağışsız dönemler veya yağış miktarlarının az olması dolayısıyla yüzey suları ve yeraltı sularının keskin bir biçimde azalması durumudur. Meteorolojik kuraklık ile doğrudan bağlantılı olmasına rağmen, meteorolojik kuraklık sona erse bile hidrolojik kuraklığın etkileri uzun süre kalıcı olabilir (Dinç ve ark., 2016). Hidrolojik kuraklığın en önemli etkeni olan iklimin yanında; orman tahribatı, yanlış arazi kullanımı ve arazinin verimsizleşmesi de etkendir. Dolayısıyla su kıtlığı frekansındaki değişimlere, arazi kullanımında meydana getirdiği değişimler sebebiyle insan etkileri oldukça fazladır (Anonim, 2018). Sosyo-ekonomik kuraklık ise yağış azlığı sebebiyle su kısıtlılığının neden olduğu, bazı bölgelerde artan nüfusla birlikte daha şiddetli hissedilen tarımsal üretim, temiz su ve su ile elde edilen enerjide (hidroelektrik) arzın talepleri karşılayamaması şeklinde kendini göstermektedir.

Yer ve zamana bağımlıdır (Dinç ve ark., 2016). Kısaca; sosyo–ekonomik kuraklık yağışlardaki azalmanın sonucu olarak, üretimin ihtiyacı karşılayamadığı zamanlarda ortaya çıkar (İlgar, 2010).

Kuraklık; başlangıç ve bitişi belirlenemeyen, katlanarak (kümülatif) artan, eş zamanlı birden fazla kaynağı etkileyen ve ekonomik boyutu çok yüksek bir olaydır (İlgar, 2010). Kademeli ve yavaş ilerler. Kısa süreli olabileceği gibi şiddetli ve uzun süreli de olabilir. Dünya Meteoroloji Teşkilatı'nın seksen yedi ülke arasında düzenlenen anket sonuçlarına göre, Türkiye dahil yetmiş dört ülkenin kuraklıktan en çok etkilendiği görülmüştür (WMO, 1992). İklimin doğal bir özelliği olan kuraklığın herhangi bir bölgede meydana gelmesi muhtemeldir (Aghrab, vd. 2008). Kurak iklimler, hâlihazırda nem eksikliği bulunan ve yüksek değişkenlikli yağışa sahip olmaları sebebiyle kuraklık karşısında çok daha hassastır (Anonim, 2018).

1960'larda Sahel ve subtropikal kuşakta meydana gelen ani yağış azalmaları, 1970'lere geldiğinde Türkiye'nin de içinde bulunduğu Doğu Akdeniz Havzası'nda etkili olmaya başlamıştır. Ülkemizde meydana gelen bu kurak koşullardan en fazla Marmara, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri etkilenmiştir (Ceylan ve Kömüşçü, 2008).

Kuraklık; açlık, kıtlık, susuzluk ve tüm bunlara bağlı olarak işsizliği de beraberinde getirir (İlgar, 2010). Ekili alanların verimliliğinde azalma, hastalık ve zararlıların artışı ve düşük ürün kalitesi ile tarımsal üretimde otlak veriminde azalma, hayvanlar için yeterli miktarda besin ve su elde edilememesi ile hayvansal üretimde azalan su ile yavru kaybına sebep olması ve yetiştirme alanlarının azalması ile balık yetiştiriciliğinde büyük zararlar vermektedir. Dolayısıyla direkt tarımsal üretim ile bağlantısı bulunan endüstrilerde de ciddi kayıplar meydana gelecektir.

Bryant (1993)'ın, dünyada en etkili otuz bir doğal afetin şiddeti, oluşum süreleri, kayıplar ve etkilerini baz alarak yaptığı değerlendirmeler sonucu önem sırasına göre bir tablo düzenlenmiştir (Çizelge 2.1.). Dünya'da meydana gelen bu otuz bir çeşit afetin yirmi sekizi meteorolojik kökenli doğal afetlerdir. Deprem ve volkan patlamaları dışındakilerin büyük bir kısmı da hidrometeorolojik karakterli doğal afetlerden oluşmaktadır. Orman

yangınları, tarımsal zararlıların istilaları, kuraklık, çölleşme, göl ve deniz su seviye yükselmeleri, çığ ve seller hava şartları ile çok yakından ilişkisi olan doğal afetlerdir. 1990'lı yılların ortalarından beri klimatolojik afetlerde (orman yangınları, kuraklık vb.) aşırı sıcakların neden olduğu bir artış gözlenmektedir (Kadioğlu, 2012).

Çizelge 2.1. Dünyadaki doğal afetlerin karakteristik özellikleri ve çeşitli etkilerinin puanlanmasına göre önem sıraları¹

Önem Sırası	Afet	Karakter ve Etkilerinin Değerlendirilmesi						Etkisinin Kalıcılığı
		Afetin Şiddeti	Etkili Olduğu Süre	Etkilediği Toplam Alan	Toplam Can Kaybı	Toplam Ekonomik Kayıp	Sosyal Etkisi	
1	Kuraklık	1	1	1	1	1	1	1
2	Tropikal Siklon	1	2	2	2	2	2	1
3	Bölgesel Sel ve Taşkınlar	2	2	2	1	1	1	2
4	Deprem	1	5	1	2	1	1	2
5	Volkan	1	4	4	2	2	2	1
6	Orta Enlem Fırtınaları	1	3	2	2	2	2	2
7	Tsunami	2	4	1	2	2	2	3
8	Orman ve Çalı Yangınları	3	3	3	3	3	3	3
9	Toprak Şişmesi	5	1	1	5	4	5	3
10	Deniz Seviyesi Değiş.	5	1	1	5	3	5	1
11	Buzullar	4	1	1	4	4	5	5
12	Toz Fırtınaları	3	3	2	5	4	5	4
13	Heyelan	4	2	2	4	4	4	5
14	Kıyı Erozyonları	5	2	2	5	4	4	4
15	Çığ	2	5	5	3	4	3	5
16	Kabarma & Sıvılaşma	5	1	2	5	4	5	4
17	Tornado	2	5	3	4	4	4	5
18	Kar Fırtınası	4	3	3	5	4	4	5
19	Kıyı Buzları	5	4	1	5	4	5	4
20	Ani Seller	3	5	4	4	4	4	5
21	Sağanak Yağışlar	4	5	2	4	4	5	5
22	Yıldırım Çarpması	4	5	2	4	4	5	5
23	Kar Tipisi	4	3	4	4	4	5	5
24	Okyanus Dalgaları	4	4	2	4	4	5	5
25	Dolu Fırtınası	4	5	4	5	3	5	5
26	Donan Yağmur	4	4	5	5	4	4	5
27	Kuvvetli Rüzgarlar	5	4	3	5	5	5	5
28	Toprak Çökmesi	4	3	5	5	4	4	5
29	Çamur ve Dağ Döküntüsü Akışı	4	4	5	4	4	5	5
30	Hava Destekli Akımlar (Air-supported Flows)	4	5	5	4	5	5	5
31	Kaya Düşmesi	5	5	5	5	5	5	5

¹Buradaki puanlamada ve önem sırasında, ölçek 1'den (en büyük veya önemliden) 5'e (en küçük veya önemsiz) kadar değişmektedir. (Bryant, E. A. 1993, [MMO,1999])

Çizelge 2.2. Akdeniz ülkelerinde doğal afetlerin önem sırası

Hızlı Gelişen	Yavaş Gelişen
1. Deprem	1. Ormansızlaşma
2. Seller ve Taşkınlar	2. Kuraklık
3. Orman Yangınları	3. Heyelan
4. Dolu Fırtınaları	
5. Çığlar	
6. Donlar	

(DeParatesi, S. R. G., 1989, [MMO, 1999])

Doğal afetlerin önem sıraları ve çeşitleri (Çizelge 2.2.) bölgeler arası farklılıklar göstermekte olup, ülkemizde özellikle Akdeniz Bölgesi için ilk sırayı kuraklık alır (AFAD, 2016).

Yağış eksikliğinden kaynaklı kuraklığın yeraltı suları, su rezervleri, topraktaki nem, kar kütleleri ve akarsular gibi su kaynakları üzerindeki etkisinin süre ve şiddet bakımından farklı oluşu, kuraklığın izlenmesi için yağış eksikliğinin zaman dilimlerinde sayısal bir biçimde anlatılmasını gerektirmektedir (Kömüşçü ve ark., 2003).

Kuraklık, farklı zaman periyotlarında araştırılması gereken bir olaydır. Dolayısıyla kuraklık analizi kuraklığın etkilerini en aza indirebilmek adına büyük önem arz etmektedir. Kuraklığın tanımlanması ve şiddetinin belirlenmesi amacıyla çok sayıda kuraklık indisi bulunmaktadır. Deciles İndisi (Smith vd., 1993), Erinç İndisi (Türkeş, 1990), Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (Palmer, 1965), Standartlaştırılmış Yağış İndisi (McKee vd. 1993) ve Standartlaştırılmış Yağış ve Evapotranspirasyon İndisi kuraklığın araştırılması ve izlenmesi amacıyla geliştirilmiş yaklaşımlardır (Dinç ve ark., 2016). Kuraklık indisleri ile elde edilen sonuçlar, bir ülke veya bölgenin iklimi ve kuraklık artış veya azalışları ile alakalı bilgi edinmemize yardımcı olur (Ilgar 2010).

2.5. Dünya’da ve Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

2.5.1. Tarihsel süreç

Dünya, varoluşundan günümüze kadar yaklaşık 4,5 milyar yıldır birçok defa doğal dengenin bozulmasına yahut değişmesine ve bu durumun ekolojik sistemlerde kalıcı etkiler yaratmasıyla birlikte coğrafi değişimlere de neden oluşuna şahit olmuştur. Bu değişimlere iklim sistemi de dahil olmuştur. İnsanlık tarihinin başlamasından sonra da iklimdeki değişiklikler devam etmiş, buzul ve buzullar arası dönemler yaşanmıştır. Etkileri bilinen en son ve en önemli doğal iklim değişiklikleri Dördüncü Zaman’daki (Kuvaterner Zaman) buzul ve buzul arası dönemlerde oluşmuştur (Türkeş, 2001). Doğal etkenlerle süregelen bu değişmelere ilaveten, Sanayi Devrimi’nin gerçekleştiği 19. yüzyılın ortalarından itibaren, insan etkilerinin de katkısı yadsınamaz bir boyut almıştır. IPCC tarafından 2007 yılında yayımlanan “İklim Değişikliği Dördüncü Değerlendirme Raporu”nda, iklimin bu denli hızlı ve küresel boyutlarda meydana gelen ısınma sonucu değişmesinde, insan kaynaklı etki oranının oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir. İnsanın iklime ve aşırı hava olaylarına etkisi gelecekte de görülmeye devam edecektir (Kadioğlu, 2012).

Günümüzden 20000 yıl öncesinde kuzey yarımküreyi etkisi altına alan soğuklar, Avrupa’nın kuzeyinin tamamen buzullarla kaplanmasına, deniz seviyesinde günümüze göre 125 m alçalma olmasına sebep olmuştur. Deniz seviyesindeki alçalma sonucu Alaska ve Sibirya birleşerek tek parça haline gelmiştir. Bu dönemin 4000 yıl kadar sürdüğü ve sonrasında sıcaklıkların artarak buzulların eridiği belirtilmektedir (Ahrens, 1994).

11000 yıl kadar önce sıcaklığın hızlıca düşmesi sonucu, Avrupa’nın kuzeyi ve Amerika’nın kuzeydoğusu buzullar ile kaplanmıştır. Bu durumdan bin yıl kadar sonra sıcaklık yükselmiş, günümüzden 8000 yıl kadar öncesinde de karalardaki buzullar tamamen kaybolmuştur (Öztürk, 2002).

Yine 6000 – 6500 yıl kadar öncesinde Orta Holosen Maksimumu olarak adlandırılan, küresel sıcaklığın günümüzdeki değerinden 1 derece daha yüksek olduğu, ekosistemlerin çeşitlendiği ve bitkilerin geliştiği, bugünkü dünyamıza benzer bir dönem yaşanmıştır. Bu dönem sonunda genel bir soğuma ve buzullaşma oluşmuş, kuzey yarımkürenin şu anki görünümü meydana gelmiştir (Öztürk, 2002).

1200’lerde birkaç yüzyıl fırtına, sel, kuraklık gibi ekstrem durumlar söz konusu olmuş, ılıman fakat değişken bir iklim yapısı gözlenmiştir (Öztürk, 2002). 1400 – 1550 yılları arası iklim kararlı bir seyirde gitmiş, sonrasında 300 yıl süren “Küçük Buzul Çağı” yaşanmıştır. Sert, uzun kışlar ve kısa süreli, bol yağışlı yazlar görülmüş, dağ buzullarının seviyeleri vadilere kadar inmiştir (Öztürk, 2002).

1816 yılında Avrupa’da iklim anomalileri sonucu kıtlık çok büyük boyutlarda seyretmiş, birçok canlı açlıktan dolayı hayatını kaybetmiştir. Mayıs ve eylül aylarında ABD ve Kanada’da 1800 kişi donarak ölmüş, bu sebeple bu dönem “Yazsız Yıl” olarak adlandırılmıştır (Ahrens, 1994).

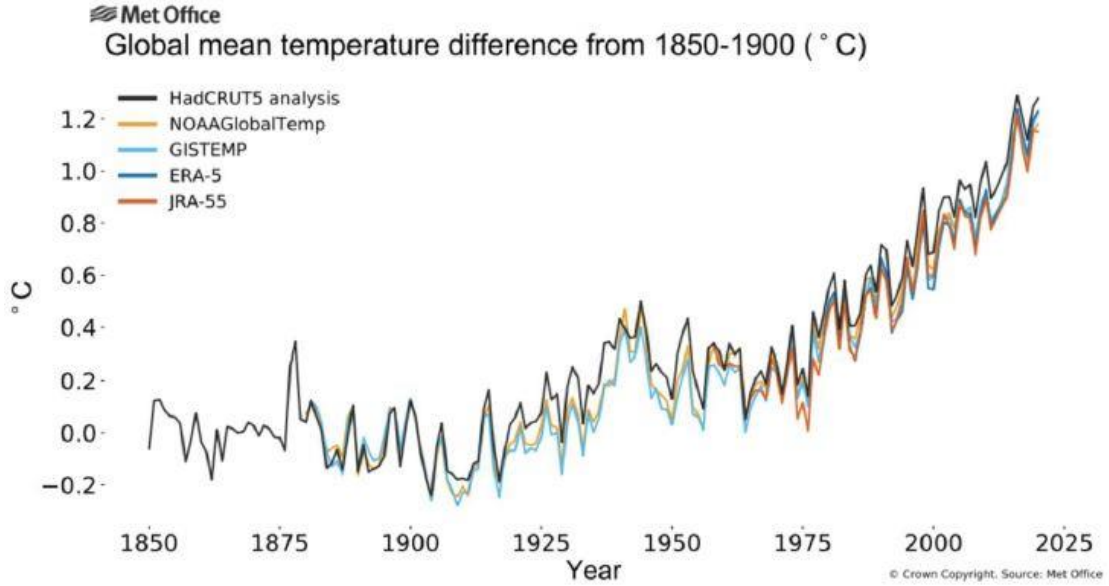
1800’lerin sonlarında ve 1900 – 1940 yılları arası dönemde ortalama küresel sıcaklık 0,5 derece artmış, sonrasında yirmi beş yıllık bir soğuma yaşanmıştır (Öztürk, 2002).

1900’lü yılların sonlarında ise; 1970’lerden 1990’lara ortalama dünya sıcaklığı bir artış eğilimine girmiş, doksanlı yıllarda dünya, ölçüm yapılmaya başlandığı tarihten itibaren en sıcak sekiz yılını yaşamıştır. Her iki yarımkürede de 1998 yılı en sıcak yıl olmuş, bunu 1997 yılı izlemiştir (Öztürk, 2002).

WMO’nun 2019 yılı raporuna göre; 2016 yılı, güçlü bir El – Niño kasırgasının da yaşanmasıyla birlikte kaydedilmiş en sıcak yıldır. Öyle ki sanayi öncesi devirlerin 1,2°C üzerinde bir sıcaklık meydana gelmiştir. 2015 ve 2017 yıllarında ise sanayi devrimi öncesi sıcaklıklar ile 1,1°C sıcaklık farkı mevcuttur (WMO, 2019).

19 Nisan 2021’de yayımlanan WMO 2020 Küresel İklim Durumu Nihai Raporu’nda; 2020 yılı La Niña’nın soğutucu etkisine rağmen, yaşanan en sıcak üç yıldan biri olarak

açıklanmıştır. Küresel ortalama sıcaklığın, 2016 yılına benzer bir şekilde, sanayi öncesi devirlerin yaklaşık olarak 1,2°C üzerinde seyrettiği belirtildi. 2015 – 2020 yılları arası kaydedilmiş en sıcak altı yıl iken, 2011 – 2020 yılları ise kaydedilmiş en sıcak on yıl (Şekil 2.1.) olarak açıklandı (WMO, 2021).



Şekil 2.1. 2020 yılı küresel yıllık ortalama sıcaklığın 1850 – 1900 yıllarından (Endüstri Öncesi Dönem) farkı (WMO, 2021)

2.5.2. İklim değişikliği

Türkeş ve ark. (2000) küresel iklim değişikliği ve olası etkilerini dünya ve Türkiye açısından değerlendirmişlerdir. İklim değişikliğine sebep olan etmenleri ve iklim değişikliğinin neden olabileceği durumları göz önüne sermişlerdir.

Türkeş (2001), küresel sıcaklıklardaki uzun süreli eğilim ve değişimleri incelemek amacıyla İngiltere East Anglia Üniversitesi Çevre Bilimleri Fakültesi İklim Araştırma Birimi'nin yayımladığı aylık ortalama verileri en küçük kareler doğrusal regresyon yöntemi ve 13 noktalı binom süzgeci uygulayarak çözümlendiği çalışmasında, tüm dizilerde ısınma eğilimlerinin olduğunu göstermiştir.

Şen (2013), çalışmasında global projeksiyonlara göre ülkenin sıcaklık ve yağış rejimlerindeki değişiklikleri göz önüne alarak Türkiye'nin iklim değişikliği açısından durumunu değerlendirmiş ve geleceğe yönelik planlama yapılırken iklim değişikliği etkilerinin hesaba katılması gerektiği söylemiştir.

Öztürk (2002), çeşitli sebepler ile oluşan iklim değişikliklerinin dünya ve Türkiye üzerinde olası etkilerini incelemiştir.

2.5.3. Kuraklık

Russell, 1886 yılında kuraklık alanında çalışmalar yapan ilk araştırmacıdır. Çalışmalarında, günümüz çalışmalarına kıyasla oldukça basit sonuçlar elde etmiştir. Kuraklık dönemini su eksikliği, hayvan ölümleri ve tarımsal üretimde zarar oluşturan yağış eksikliğinin meydana geldiği aylık ya da yıllık periyotlar olarak tanımlamıştır (Güner, 1996).

Dinç, Aydınşakir ve Işık (2016), SPI (Standart Yağış İndisi) yöntemini kullanarak Antalya ilinin kuraklık analizi üzerine çalışma yapmışlar ve ilin normale yakın kuraklık değerleri arasında yer aldığını hesaplamışlardır.

İlgar (2010), SPI yöntemi ile Çanakkale ili kuraklık durumu ve eğilimlerini incelemiş, ilin yıllık kuraklık koşullarında artış gözlemlemiştir.

Arslan ve ark. (2016) Kızılırmak Havzası içi SPI değerlerini 1, 3, 6, 9, 12 ve 60 aylık dönemler için hesaplayarak, geçmiş yıllardaki kuraklıklarla kıyaslama yapıldığında Kızılırmak Havzası'nda meydana gelen kuraklık sürelerinde 12 ve 60 aylık dönemler bakımından önemli artışlar olduğunu ortaya koymuşlardır.

Sırdaş (2002), Normalleştirilmiş Yağış İndisi yöntemini temel model olarak alıp, günümüzde yaygın biçimde kullanılan birçok kuraklık indisi ile değerlendirmelerde bulunmuştur. Normalleştirilmiş yağış indisleri ile elde edilmiş olan sonuçların kuraklık

değerlerini tamamen yansıtmadığını, yağışlı olmayan periyotlarda da kuraklık değerlendirmesi yapabilecek bir kıstas gereksinimi olduğunu ortaya koymuştur.

Apak (2009), Ege Bölgesi'nde standart yağış indisi ile 1930 – 1970 ve 1971- 2006 yılları için iki ayrı periyotta kuraklık analizi yaparak, 1971 – 2006 periyodunun 1930 -1970 periyoduna kıyasla daha kurak olduğu sonucuna ulaşmıştır. İki ayrı periyot ile kuraklık analizi yapılması, kuraklık şiddetinde meydana gelen değişimin açık bir biçimde görülebilmesini sağlamıştır. Yapılan bu analizler sonucunda Ege Bölgesi'nin kuraklık sınırına yakın ve daha az yağış alır olduğu tespit edilmiştir.

Arslan, Bilgil ve Veske (2016), Kızılırmak Havzası'nda 1973 – 2013 yılları arasında meydana gelen kuraklıkları standart yağış indisini kullanarak 1, 3, 6, 9, 12 ve 60 aylık periyotlar ile hesaplamış ve havzada hafif, orta ve şiddetli kuraklıklar meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Gümüş, Başak ve Oruç (2016), standart yağış indisini kullanarak 1, 3, 6 ve 12 aylık dönemler ile Şanlıurfa İstasyonu için kurak ve yağışlı dönemlerin şiddeti, büyüklüğü ve dağılımını belirlemişlerdir.

Karaer ve Gültaş (2018), yaptıkları çalışmada 1, 3, 6, 12, 24 aylık periyotlarda SPI yöntemi ile Bilecik ili kuraklık analizi yapmışlar ve kuraklığın 6 ve 12 aylık periyotlarda hissedildiğini, kuraklığın genellikle yaz aylarında görüldüğünü tespit etmişlerdir.

Çamalan ve ark. (2017), SPEI (Standart Yağış ve Evapotranspirasyon İndisi) kuraklık indisi ile 1, 3 ve 12 aylık zaman dilimlerinde hesaplama yapmış ve kuraklığın zamansal ve mekânsal açıdan oluşum sıklığını incelemiş, gelecekte meydana gelebilecek kuraklaşma eğilimini klimatolojik açıdan değerlendirmişlerdir.

Temur (2017), Türkiye genelinde ve havzalar bazında iklim değişikliğini tespit etmek amacıyla sıcaklık ve yağış verilerini dört ayrı homojenlik testine tabi tutmuş, sonrasında Mann–Kendall ve Şen'in Trend Analizi metotları ile artış, azalış eğilimlerini incelemiştir.

Ayrıca havza bazlı trendlerin belirlenebilmesi için Thiessen Yöntemi'ni kullanmıştır. Yapılan trend analizlerine göre Türkiye'de altı havzada iklim değişikliği gözlenmiştir.

Öney (2020), çalışmasında Gediz Havzasında, aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış verilerini kullanarak, SPEI ve L momenti teknikleri ile kuraklık analizi yapmıştır. Buna göre; 4 - 5 yılda orta kurak, 10 yılda şiddetli kurak, 20 yıl ve sonrası için ise aşırı kurak koşulların oluşacağını öngörmüştür.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma bölgesinin belirlenmesi

Bursa, Marmara Bölgesinin Güney Marmara Bölümü'nde, 39°35' - 40°37' kuzey paralelleri ile 28°5' - 29°57' doğu meridyenleri arasında yer alır. Kuzeyinde Marmara Denizi, Yalova, kuzeydoğusunda Kocaeli ve Sakarya, doğusunda Bilecik, güneybatısında ve güneyinde Kütahya, batısında ise Balıkesir ile komşudur (Şekil 3.1.). Yüz ölçümü 10819 km²'dir. İlin genelinde yüksekliği 0 ile 500 metre arasında değişen düzlükler hakim iken, 500 - 1000 metre arasında değişen platolar ve büyük bir bölümü 1000 - 1500 metre yüksekliğindeki dağlık alanlar mevcuttur. İl merkezinin rakımı 155 m'dir.



Şekil 3.1. Bursa iline ait harita (Armağan ve ark., 2010)

Bursa, genel olarak ılıman iklim özellikleri göstermektedir. Ancak, iklim bölgelere göre değişmekte olup, kuzeyde Marmara Denizi'nin yumuşak ve ılık Akdeniz iklimine karşılık güneyde Uludağ'ın sert iklimi görülmektedir.

İlin en sıcak ayları temmuz - ağustos, en soğuk ayları ise aralık - ocaktır (Çizelge 3.1.). 52 yıllık gözlem süresi itibarı ile yıllık ortalama yağış miktarı 70,6 cm'dir. İlde ortalama nispi nem % 69 civarındadır.

Çizelge 3.1. Bursa iklimi (Anonim, 2019 b, c)

Bursa iklimi													
Aylar	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıl
En yüksek sıcaklık (°C)	23,8	26,9	32,0	36,2	36,5	41,3	43,8	42,2	39,6	37,3	31,0	27,3	43,8
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	9,6	10,9	13,7	18,8	23,7	28,4	30,8	31,0	27,2	21,7	16,4	11,7	20,3
Ortalama sıcaklık (°C)	5,4	6,3	8,4	12,8	17,6	22,1	24,6	24,3	20,1	15,2	10,7	7,4	14,5
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	1,7	2,2	3,6	7,1	11,2	14,9	17,2	17,1	13,6	9,9	6,0	3,5	9,0
En düşük sıcaklık (°C)	-19,2	-16,8	-10,5	-3,1	0,9	4,0	9,0	8,6	4,4	-1	-5,4	-16,3	-19,2
Ortalama yağış (mm)	87,6	74,6	69,7	63,4	44,3	34,3	15,3	15,7	39,5	68,8	78,5	103,4	695,1

İlin yüzey şekilleri birbirlerinden eşiklerle ayrılmış çöküntü alanları ve dağlardan oluşmaktadır. Çöküntü alanlarının başlıcaları İznik ve Uluabat Gölleri'yle, Yenişehir, Bursa ve İnegöl Ovaları'dır. Bu ovalar 10819 km² yüzölçümünün %17'sini kaplamaktadır. İl sınırları içinde Uluabat (1134 km²) ve İznik (298 km²) gölleri bulunmaktadır. Mustafakemalpaşa Çayı, Uludağ'ın güney yamaçlarından doğan ve Uludağ'dan kaynağını alan küçük derelerin beslediği Nilüfer Çayı, Gökusu Çayı, Koca Dere, Kara Dere, Aksu Deresi Bursa ilinin başlıca akarsularıdır. Marmara Denizi'ne kıyısı olan ilin, 135 km kıyı şeridi bulunmakla birlikte bunun 22 km'lik kısmı kullanılabilir.

Bursa ili topraklarının yaklaşık %35'ini dağlar kaplamaktadır. Dağlar genellikle doğu-batı yönünde uzanan sıradağlar şeklindedir. Bunlar; Orhangazi'nin batısından Gemlik Körfezi'nin batı ucunda bulunan Bozburun'a doğru uzanan Samanlı Dağları, Gemlik Körfezi'nin güney yüzünü kaplayan ve Bursa Ovası'nı denizden ayıran Mudanya Dağları, İznik Gölü'nün güneyi ile Bursa Ovası'nın kuzey kesimleri arasında yer alan Katırlı

Dağları, Mudanya Dağları'nın uzantısı olan Karadağ ve 2543 m yüksekliği ile Marmara Bölgesi'nin en yüksek dağı olan Uludağ'dır (Anonim 2019 c).

3.1.2. Çalışma verilerinin elde edilmesi

Standart Yağış İndisi (SPI) ve Standart Yağış ve Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) yöntemiyle, Bursa ili kuraklık analizinin yapılabilmesi amacıyla Bursa Merkez Meteoroloji İstasyonu (İst. No: 17116)'na ait ortalama sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır. Bu amaçla 1960 – 2019 dönemine ait yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir.

3.1.3. Çalışma verilerinin belirlenmesi

Çalışma verileri olarak, Bursa Merkez Meteoroloji İstasyonu'na ait anlamlı ve eksiksiz verilerin başladığı 1960 yılından itibaren 2019 yılına kadar günlük sıcaklık ve yağış ile ortalama sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Çalışmada kullanılan programlar

Çalışmada, Bursa Merkez Meteoroloji İstasyonu'na ait aylık maksimum ve minimum sıcaklık ve yağış, aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Kullanılan veriler içinde herhangi bir eksik bulunmamaktadır.

Sıcaklık ve yağışın aylık, mevsimlik ve yıllık ortalama değerleri aylık, mevsimlik ve yıllık zaman ölçeğinde ele alınarak MAKESENS programı ile Mann–Kendall ve Şen'in Trend Eğim Yöntemi ile trend analizine tabi tutulmuştur. Bunun yanında son otuz yıl için onar yıllık periyotlarda da trend analizi aynı yöntemle göre yapılmıştır.

SPI, McKee ve diğerleri (1993) tarafından geliştirilmiş olup, kolay hesaplanabilen, sadece yağış değerlerine bağlı ve olasılık ile ilişkili, su kaynaklarının tüm zamanlar için

izlenebilmesine olanak sağlayan, esnek bir yöntemdir (Sırdaş, 2002). Yağış değeri sayısal bir değere dönüştürülerek hesaplanır. Yağış, suyun varlığını etkileyen ana faktör konumundadır. Dolayısıyla yağış verileri kullanılarak, herhangi bir bölgede ve belli bir zaman ölçeğinde kuraklık durumundaki artış ya da azalışların takibini mümkün kılmaktadır (Din ve ark., 2016). SPI'nın normal dağılıma sahip oluşu, kurak dönemlerin yanı sıra nemli dönemlerin de izlemesine olanak tanımaktadır (McKee ve ark., 1993). SPI, kuraklık analizinde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir (Din ve ark., 2016). SPI aşağıda belirtilen formül ile hesaplanmaktadır. SPI'nın negatif değeri ile kurak periyot başlar, pozitif değere dönüşmesi ile de sonra erer (Arslan ve ark., 2016).

$$SPI = \frac{X_i - X_{ort}}{\sigma} \quad (3.1)$$

X_i : Belirli bir periyottaki toplam yağış (mm)

X_{ort} : Aynı periyot için ortalama toplam yağış (mm)

σ : Standart sapma

Dünya Meteoroloji rgt, meteorolojik kuraklıkların ölçülmesinde standartlaştırılmış yağış indisini kabul etmiştir. Fakat SPI, yalnızca yağış verilerine dayalı olup, sıcaklık, bağıl nem, buharlaşma, rüzgar hızı gibi diğer kuraklık faktörlerini dikkate almamaktadır (amalan ve ark., 2017).

SPEI; Serrano, Begueria ve Moreno tarafından geliştirilmiş, yağış ve sıcaklık verilerine dayalı bir yöntemdir. Sıcaklık değişkenliği ile kuraklık değerlendirmesi yapabilmektedir. SPEI hesaplaması, SPI hesaplama yöntemine dayalıdır. Farklı zaman ölçeklerinde hesaplanan, basit bir su dengesi metodolojisi olan aylık yağış ve potansiyel evapotranspirasyon (P - ETo) farkı kullanılmaktadır (amalan ve ark., 2017). Bu sebeple yalnızca yağışın dikkate alındığı SPI yönteminden daha güvenilir bir kuraklık ölçüsü sağlar. ETo, referans bir yüzeyin evapotranspirasyon oranı olup yalnızca iklim parametrelerinden etkilenir. Belirli bir yerde ve yılın belirli bir zamanında atmosferin buharlaşma gücünü ifade eder (Vincante - Serrano, 2014). Düzenli ve eksiksiz sıcaklık ve yağış verilerine gereksinim duyulmaktadır (Fuchs, 2012). SPEI, sıcaklıkta meydana gelen değişkenlik ve aşırılıkların olası etkilerini açıklayabilmektedir. SPEI, PDSI kadar

duyarlıdır ve SPI'nın doğal alansal dağılımını içermektedir (Çamalan ve ark., 2017). SPEI, PET'i modellemek için kullanılan, Thornthwaite, Penman–Monteith, Hargreaves, Turc denklemi gibi yöntemlerden herhangi birine bağlı değildir (Anonim, 2022). Fakat orijinal formülasyonunda Thornthwaite yöntemi kullanılmıştır. (Vincante - Serrano, 2014).

$$D_i = P_i - PET_i \quad (3.2)$$

D: Fark

P: Yağış

PET: Potansiyel Evapotranspirasyon

i: ay (zaman ölçeği)

$$SPEI = w - \frac{C_0 + C_1 w + C_2 w^2}{1 + d_1 w + d_2 w^2 + d_3 w^3} \quad (3.3)$$

$$P \leq 0,5 \rightarrow w = \sqrt{-2 \ln(P)}$$

$P \leq 0,5$ için, P belirlenmiş bir D değerini aşma olasılığıdır.

$P > 0,5 \rightarrow$ SPEI'nin işareti ters alınır.

w: Yağışın evapotranspirasyondan fazla / az olmasına bağlı katsayı

$$C_0 = 2,515517$$

$$d_1 = 1,432788$$

$$C_1 = 0,802853$$

$$d_2 = 0,189269$$

$$C_2 = 0,010328$$

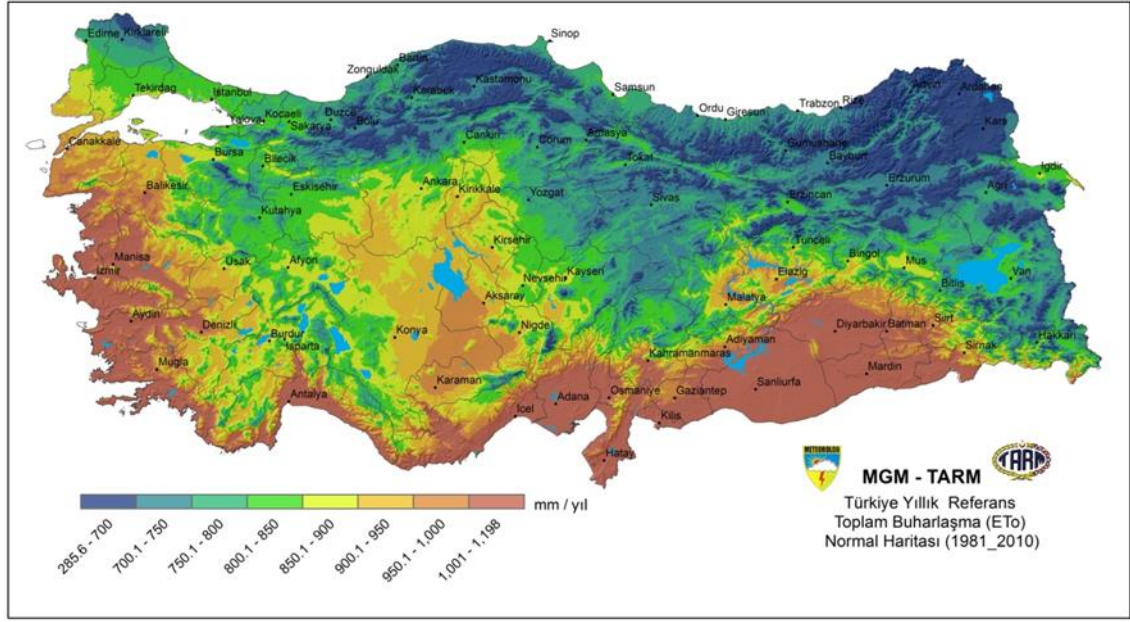
$$d_3 = 0,01308$$

değerleri,

formülasyonun

sabit değerleridir.

SPEI'nin ortalaması 0, standart sapması 1'dir (Çamalan ve ark., 2017).



Şekil 3.2. Türkiye Yıllık Referans Toplam Buharlaşma (ETo) Normal Haritası (Anonim, 2019 b)

Türkiye Yıllık Referans Toplam Buharlaşma (ETo) Normal Haritası (Şekil 3.2.)’ye göre 1981 – 2010 yılları arasında Bursa’nın batı bölgesinde evapotranspirasyon miktarının yüksek, kuzey, güney, doğu ve iç bölgelerinde orta değerlerde iken güneydoğu bölümünden iç bölgelerine kadar olan az bir kısmında ise düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Çalışma bölgemizde evapotranspirasyonun sebep olduğu buharlaşmayı göz ardı etmemek amacıyla SPEI yöntemi ile kuraklık analizi yapılarak SPI yöntemi ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.2. SPI ve SPEI kuraklık sınıfları

SPI - SPEI	Kuraklık Sınıfı
2,00 ve üzeri	Aşırı Nemli (Extremely Wet)
1,50 – 1,99	Çok Nemli (Very Wet)
1,00 – 1,49	Orta Nemli (Moderately Wet)
(-0,99) – 0,99	Normal (Normal)
(-1,00) – (-1,49)	Orta Kurak (Moderately Dry)
(-1,50) – (-1,99)	Şiddetli Kurak (Severely Dry)
(-2,00) ve altı	Aşırı Kurak (Extremely Dry)

Çizelge 3.2.'de SPI ve SPEI için ortak olarak kullanılan kuraklık sınıfları verilmiştir. Negatif değerler kurak dönemleri, pozitif değerler nemli dönemleri gösterirken -0,99 – 0,99 değerleri ise normal kuraklık sınıfını temsil etmektedir.

Çalışmamızda, kolay hesaplanabilir oluşuyla oldukça fazla kullanılan, yalnızca yağış değerlerine bağlı ve olasılık ile ilişkili, su kaynaklarının tüm zamanlar için izlenebilmesine olanak sağlayan, esnek bir yöntem olan SPI yöntemi ve hesaplamaları yapabilmek için SPI programı kullanılmıştır (Sırdaş, 2002).

Yağış ve sıcaklık verilerine dayalı, su dengesini baz alarak hesaplama yapan bir yöntem olan standart yağış ve evapotranspirasyon indisi; farklı zaman ölçeklerinde, en az 30 yıllık dönemler için düzenli ve eksiksiz yağış ve sıcaklık verileriyle hesaplama yapan bir yöntemdir. Hesaplama yaparken yağış ve potansiyel evapotranspirasyon farkını kullanır. Bu çalışmada, SPEI yöntemi ile hesaplama yapmamıza yardımcı olan SPEI Yazılımı kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Bu çalışma kapsamında, sıcaklık ve yağış verilerine trend analizi ve kuraklık analizleri yapılmıştır.

4.1. Sıcaklık ve Yağış Değerlerinin Trend Analizi Sonuçları

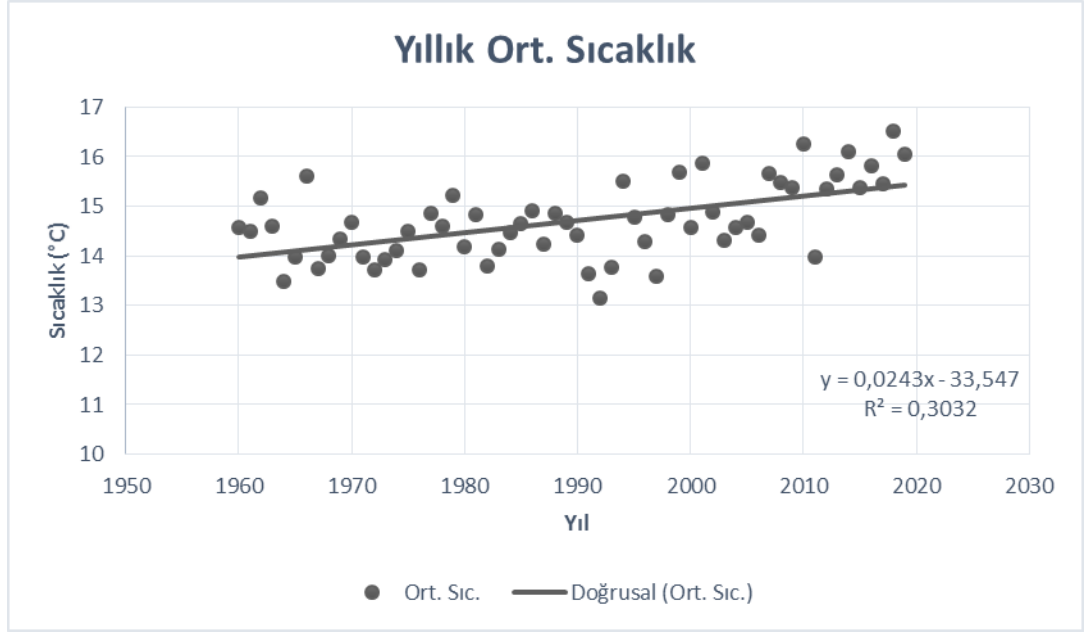
4.1.1. Sıcaklık trend analizi

Sıcaklık verileri üzerinde uygulanan trend analizlerine göre; Çizelge 4.1.'de verildiği üzere, %5 önem düzeyinde değişimin mart, nisan, mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül ayları, ilkbahar, yaz, sonbahar, kış mevsimleri ve yıllık düzeyde anlamlı olduğu görülmüş ve sıcaklık artışı meydana geldiği gözlemlenmiştir.

İstatistiksel açıdan %1 önem düzeyinde sıcaklıktaki değişimin, mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül ayları, ilkbahar, yaz mevsimleri ve yıllık düzeyde anlamlı olduğu ve sıcaklık artışı olduğu gözlemlenmiştir.

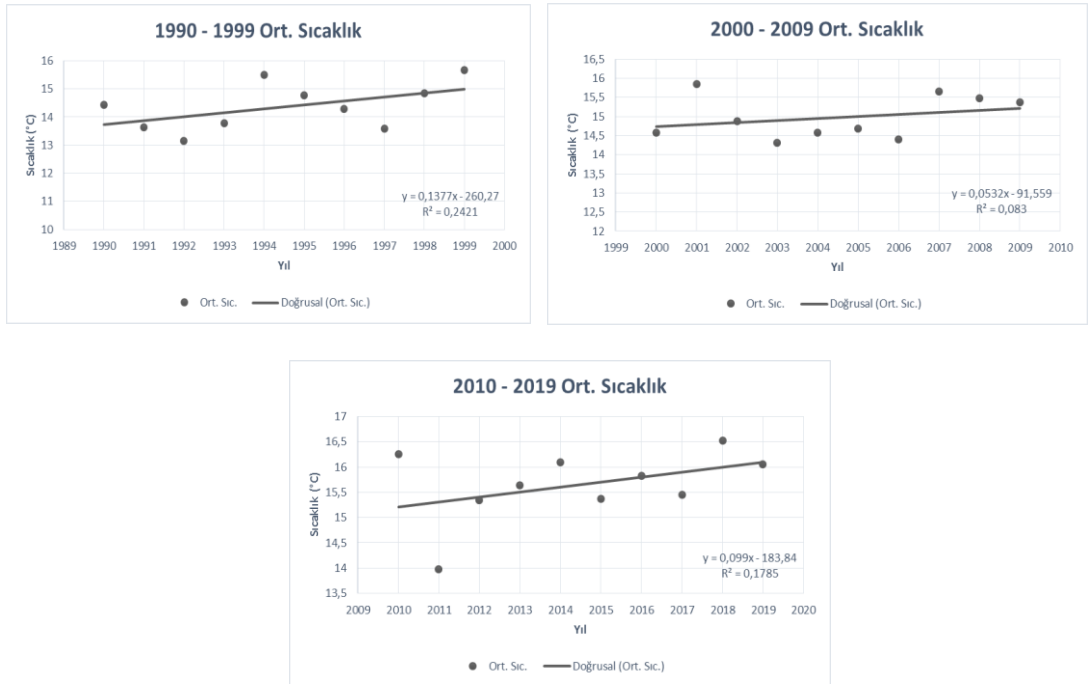
Çizelge 4.1. Sıcaklık değerlerinin trend analizi sonucu

Zaman	Max.	Min.	Ort.	Değişim (°C/yıl)	MK-Z (+/-1,96) %5 Önem Değerinde	MK-Z (+/-2,57) %1 Önem Değerinde
Ocak	25,2	-19,2	5,35	0,0152	0,87	0,87
Şubat	26,9	-16,8	6,41	0,0218	1,42	1,42
Mart	30,6	-10,5	8,65	0,0331	2,22	2,22
Nisan	35,5	-3,1	13,01	0,0249	1,98	1,98
Mayıs	36,1	1,4	17,79	0,0350	3,74	3,74
Haziran	41,3	4	22,34	0,0358	4,47	4,47
Temmuz	43,8	9	24,67	0,0423	5,14	5,14
Ağustos	41,9	8,6	24,36	0,0522	5,01	5,01
Eylül	40,3	5	20,26	0,0362	4,16	4,16
Ekim	37,3	-1	15,45	0,0180	1,84	1,84
Kasım	31	-4,6	10,81	-0,0024	-0,01	-0,01
Aralık	27,3	-16,3	7,32	-0,0215	-1,45	-1,45
İlkbahar	36,1	-10,5	14,7	0,0310	3,25	3,25
Yaz	43,8	4	13,15	0,0435	6,12	6,12
Sonbahar	40,3	-4,6	23,79	0,0173	2,42	2,42
Kış	27,3	-19,2	15,51	0,0019	2,42	2,42
Yıllık	43,8	-19,2	6,42	0,0243	4,14	4,14
1990 - 1999	40	-14,8	14,36	0,1377	1,25	1,25
2000 - 2009	43,8	-14	14,98	0,0532	0,45	0,45
2010 - 2019	40,3	-13,1	15,65	0,0990	1,07	1,07



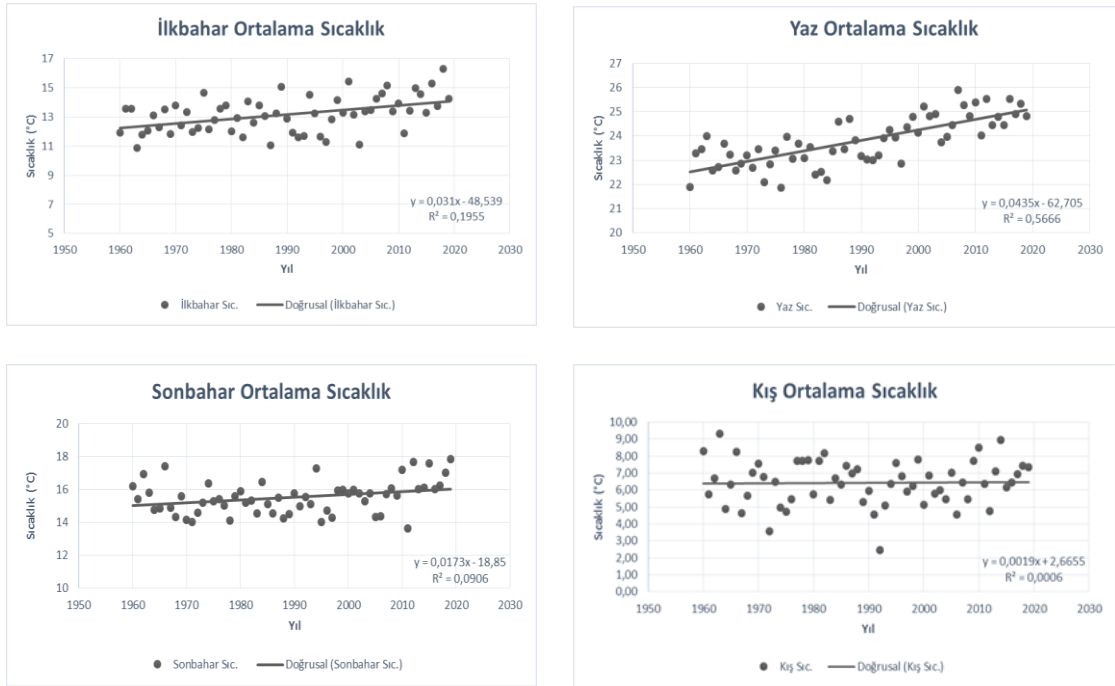
Şekil 4.1. Yıllık ortalama sıcaklık değerleri ve yıllara göre değişimi

Yıllık ortalama sıcaklık verilerine uygulanan Mann-Kendall ve trend analizine göre %5 ve %1 anlam düzeyinde yıllık sıcaklık değerlerinde yıllara göre artış olduğu görülmüştür. Bu artış istatistiksel olarak anlamlıdır. Yıllık ortalama sıcaklıkta görülen artışın değeri 0,0243 °C/yıl olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.1.).



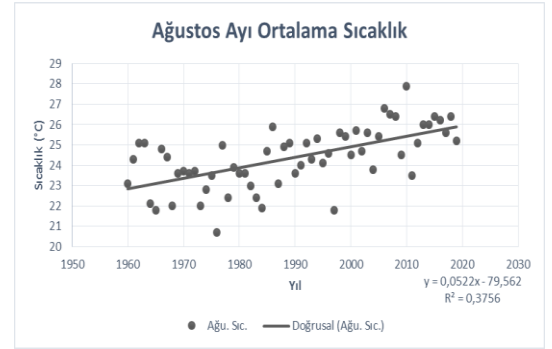
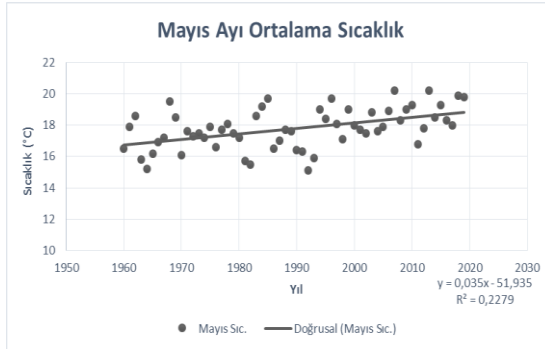
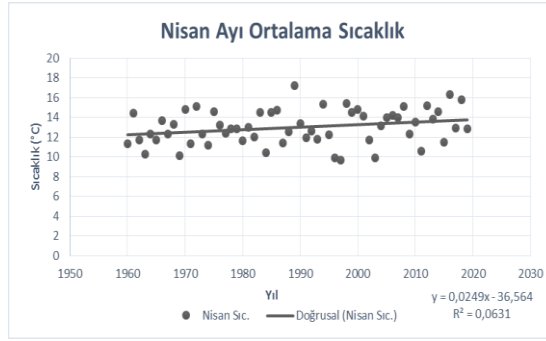
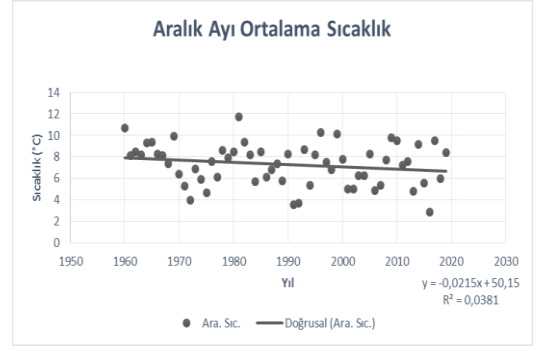
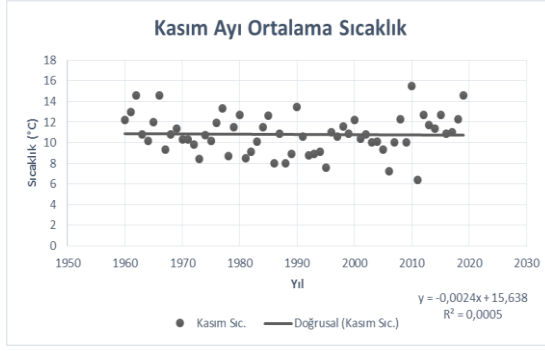
Şekil 4.2. 1990 – 1999, 2000 – 2009 ve 2010 - 2019 yılları arası yıllık ortalama sıcaklık

Yıllık ortalama sıcaklık verilerine uygulanan Mann – Kendall testi ve trend analizi onar yıllık dönemlere 1990 – 1999, 2000 – 2009 ve 2010 – 2019 yılları için ayrı ayrı uygulanmıştır. %5 ve %1 önem düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamasına karşın 1990 – 1999 yılları arasında 0,1377 °C/yıl (Şekil 4.2.), 2000 – 2009 yılları arasında 0,0532 °C/yıl (Şekil 4.2.), 2010 – 2019 yılları arasında 0,0990 °C/yıl (Şekil 4.2.) artış gözlenmiştir.



Şekil 4.3. Mevsimlik ortalama sıcaklık değişimi

İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri ortalama sıcaklık verilerine trend analizi uygulanmış ve tüm mevsimler için bir artışın sözü konusu olduğu görülmüştür. Fakat istatistiksel olarak %5 önem düzeyinde tüm mevsimler için anlamlıyken, %1 önem düzeyinde yalnızca ilkbahar ve yaz mevsimleri için anlamlı bulunmuştur. %5 önem düzeyinde en yüksek artış 0,0435 °C/yıl ile yaz mevsiminde (Şekil 4.3.), en düşük artış ise 0,0019 °C/yıl ile kış mevsiminde (Şekil 4.3.) görülmüştür. İlkbahar mevsimlerindeki sıcaklık artışının sonbahardan fazla olduğu söylenebilmektedir (Şekil 4.3., Şekil 4.3.). %1 önem düzeyinde ise yaz mevsimi için artış 0,0435 °C/yıl (Şekil 4.3.) iken, ilkbahar mevsiminde 0,0310 °C/yıl (Şekil 4.3.) olarak bulunmuştur.



Şekil 4.4. Aylık ortalama sıcaklık değişimi

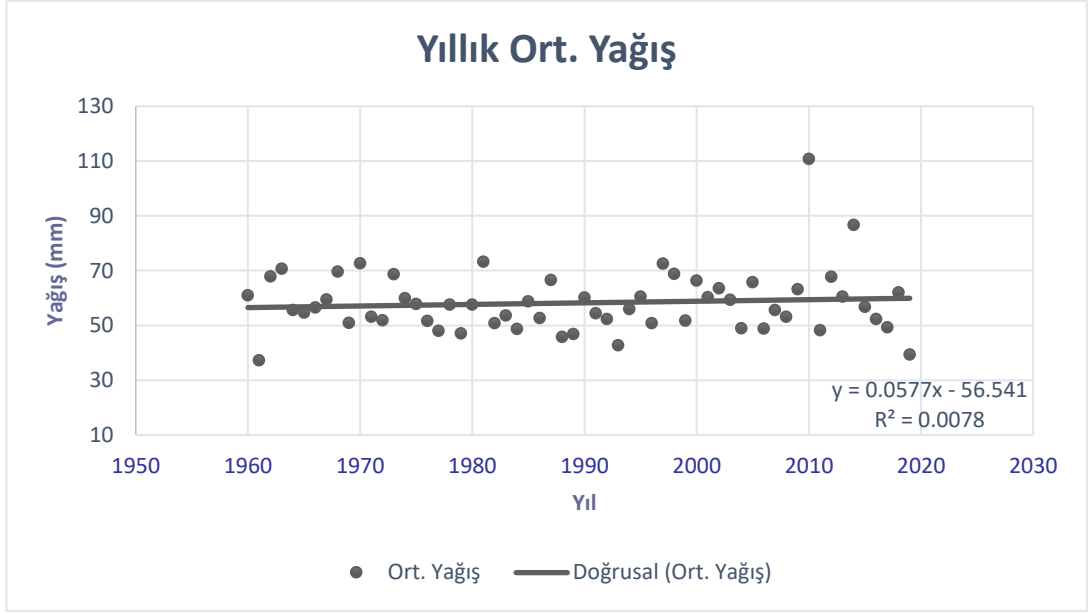
Aylık ortalama sıcaklık verilerine uygulanan trend analizi sonucu kasım ve aralık aylarında sırasıyla $-0,0024 \text{ } ^\circ\text{C/yıl}$ ve $-0,0215 \text{ } ^\circ\text{C/yıl}$ olmak üzere bir azalış söz konusudur. Fakat bu değerler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu aylar dışında kalan on ayda sıcaklık artışı görülmektedir. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan değerler arasından %5 önem düzeyinde en büyük sıcaklık artışı $0,0522 \text{ } ^\circ\text{C/yıl}$ ile ağustos, en düşük sıcaklık artışı ise $0,0249 \text{ } ^\circ\text{C/yıl}$ ile nisan ayında görülmüştür. %1 önem düzeyinde en yüksek artış yine $0,0522 \text{ } ^\circ\text{C/yıl}$ ile ağustos ayında görülmüş olup en düşük artış ise $0,0350 \text{ } ^\circ\text{C/yıl}$ ile mayıs ayında (Şekil 4.4.) görülmüştür.

4.1.2. Yağış trend analizi

Yağış verileri üzerinde uygulanan trend analizlerine göre; Çizelge 4.2.'de verilen değerlerde, %5 ve %1 önem düzeylerinde anlamlı bir değere rastlanmamıştır.

Çizelge 4.2. Yağış değerleri trend analizi

Zaman	Maximum (mm)	Minimum (mm)	Ortalama (mm)	Değişim (mm/yıl)	MK-Z (+/- 1,96) %5 Önem Aralığında	MK-Z (+/- 2,57) %1 Önem Aralığında
Ocak	56,7	0	84,84	-0,1361	0,24	0,24
Şubat	72,3	0	71,31	0,1348	0,62	0,62
Mart	41,4	0	68,99	0,0940	0,39	0,39
Nisan	55	0	65,19	-0,0623	-0,57	-0,57
Mayıs	49,2	0	45,95	0,1186	0,35	0,35
Haziran	47,2	0	36,61	0,3646	1,14	1,14
Temmuz	55	0	15,79	0,0190	0,18	0,18
Ağustos	68,9	0	16,39	-0,1464	-0,46	-0,46
Eylül	79,4	0	40,4	0,4077	1,44	1,44
Ekim	114,4	0	69,89	0,7666	1,49	1,49
Kasım	79,7	0	74,89	-0,2355	-0,78	-0,78
Aralık	89,2	0	108,58	-0,6432	-1,55	-1,55
İlkbahar	55	0	60,04	0,0501	0,04	0,04
Yaz	68,9	0	23,05	0,0874	0,76	0,76
Sonbahar	114,4	0	63,8	0,3717	1,61	1,61
Kış	89,2	0	87,52	-0,1757	1,61	1,61
Yıllık	114,4	0	58,21	0,0577	-0,16	-0,16
1990 - 1999	79,7	0	56,96	0,9361	0,36	0,36
2000 - 2009	79,4	0	58,46	-0,8016	-1,25	-1,25
2010 - 2019	114,4	0	63,34	-4,1937	-1,61	-1,61



Şekil 4.5. Yıllık ortalama yağış değışimi

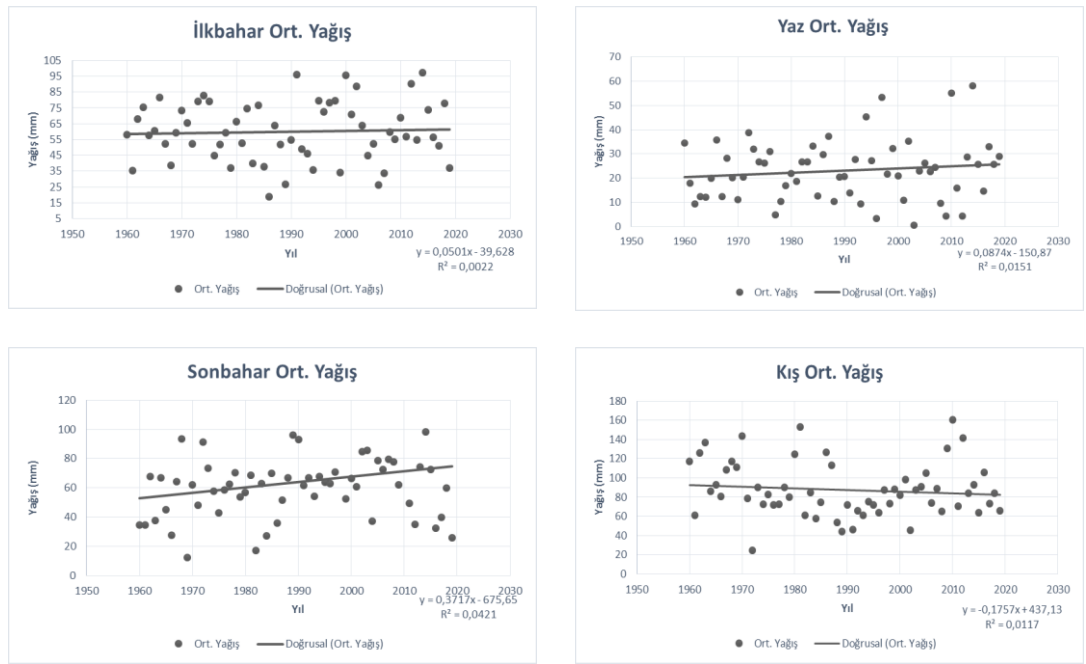
Yıllık ortalama yağış verilerine uygulanan Mann–Kendall testi ve trend analizine göre %5 ve %1 anlam düzeylerinde, istatistiksel açıdan anlamlı bir değeri bulunamamıştır. İstatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen, yıllık ortalama yağışın 0,0577 mm/yıl değeriinde artış gösterdiği söylenebilir (Şekil 4.5.).



Şekil 4.6. 1990 – 1999, 2000 – 2009 ve 2010 – 2019 yılları arası ortalama yağış değışimi

Yıllık ortalama yağış verilerine uygulanan Mann–Kendall testi ve trend analizi onar yıllık ortalamalara 1990 – 1999, 2000 – 2009 ve 2010 – 2019 yılları için ayrı ayrı uygulanmıştır. %5 ve %1 önem düzeylerinde istatistiksel açıdan anlamlı değer bulunamamıştır.

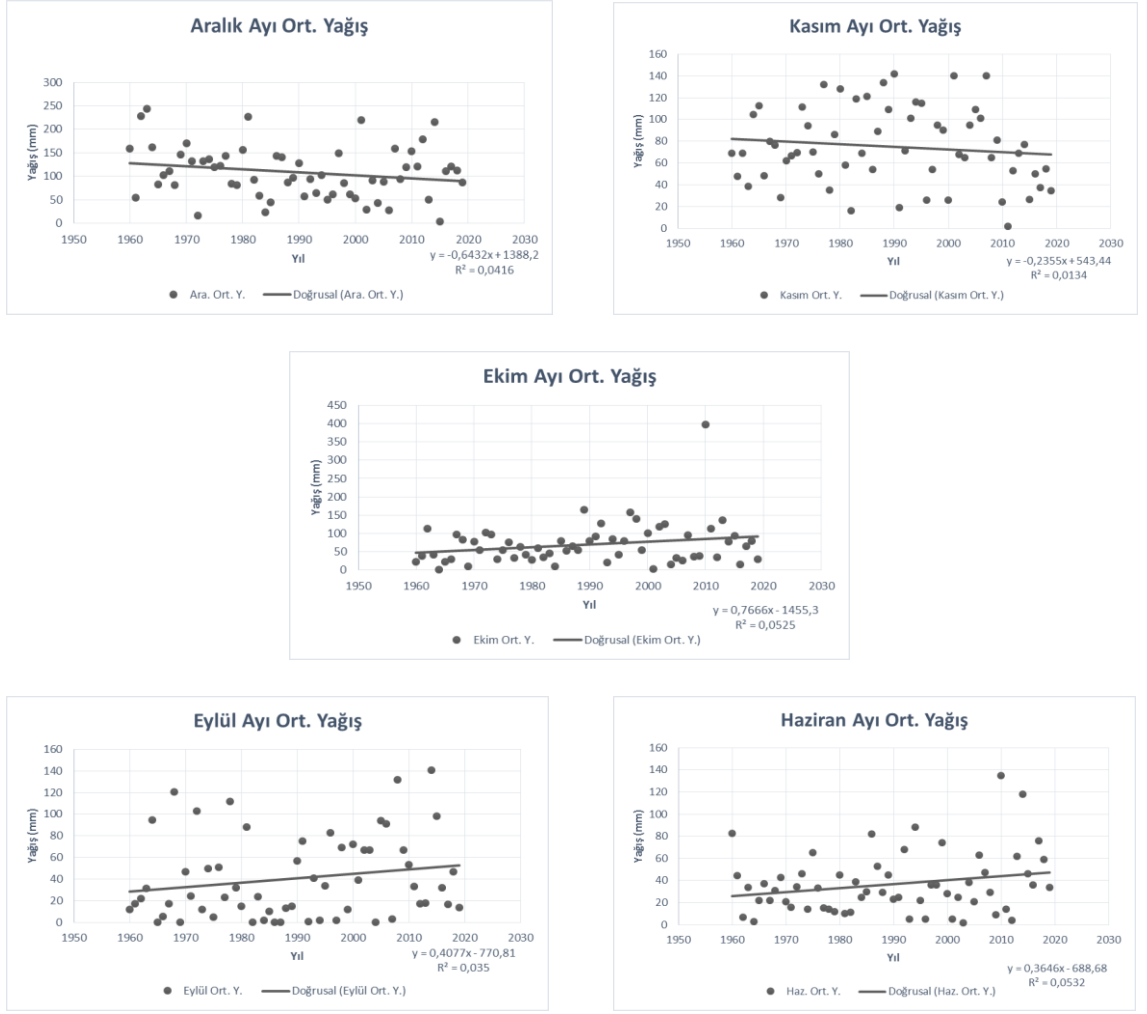
Anlamlı olmayan bu sonuçlara bakılarak; 1990 -1999 yılları arası 0,9361 mm/yıl değerinde bir yağış artışı meydana geldiği görülürken, 2000 – 2009 yılları arası yağışlarda -0,8016 mm/yıl değerinde bir azalma ve 2010 – 2019 yılları arasında ise -4,1937 mm/yıl (Şekil 4.6.) değerinde bir azalma meydana gelmiş olduğu söylenebilir.



Şekil 4.7. Mevsimlik ortalama yağış değişimi

İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimleri ortalama yağış verilerine Mann–Kendall testi ve trend analizi uygulanmış ve istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç elde edilememiştir.

İstatistiksel anlam taşımamasına rağmen, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri için sırasıyla; 0,0501 mm/yıl, 0,0874 mm/yıl ve 0,3717 mm/yıl değerlerinde yağış artışı, kış mevsimi için -0,1757 mm/yıl (Şekil 4.7.) değerinde bir yağış azalması meydana gelmiştir.



Şekil 4.8. Aylık ortalama yağış değişimi

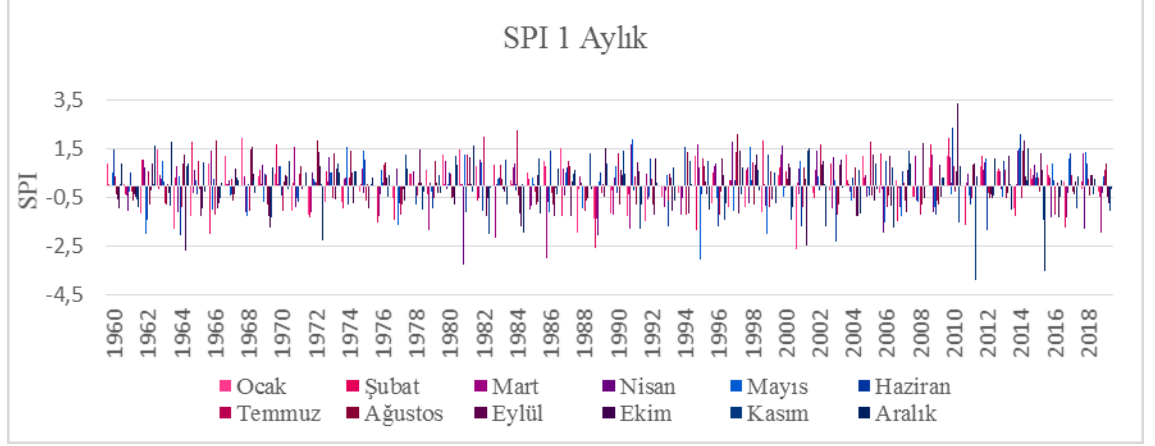
Aylık ortalama yağış verilerine uygulanan Mann–Kendall testi ve trend analizi sonucu istatistiksel olarak anlamlı bir değere ulaşamamıştır.

Anlamlı bulunmayan sonuçlar içinde yağışlarda görülen en büyük azalış $-0,6432$ mm/yıl değeri ile aralık ayı olmuş ve sırasıyla; $-0,2355$ mm/yıl ile kasım (Şekil 4.8), $-0,1464$ mm/yıl ile ağustos, $-0,1361$ mm/yıl ile ocak ve $-0,0623$ mm/yıl ile nisan ayı yağış değerlerinde azalma görülmüştür.

Anlamlı olmamakla birlikte yağış değerlerinde görülen en büyük artış ise $0,7666$ mm/yıl ile ekim ayında meydana gelmiş ve bu ayı sırasıyla $0,4077$ mm/yıl ile eylül, $0,3646$ mm/yıl ile haziran (Şekil 4.8.), $0,1348$ mm/yıl ile şubat, $0,1186$ mm/yıl ile mayıs, $0,0940$ mm/yıl ile mart ve $0,0190$ mm/yıl ile temmuz ayları izlemiştir.

4.2 Kuraklık Analizi Sonuçları

Çalışmamızda, SPI ve SPEI yöntemleri kullanılarak 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlarda yapılan kuraklık analizlerinin sonuçları değerlendirilmiş ve her iki yöntem birbiri ile kıyaslanmıştır.



Şekil 4.9. 1 aylık zaman periyodunda SPI değerleri

Çizelge 4.3. 1960 – 2019 yılları 1 aylık zaman ölçeğinde SPI analiz sonuçları

yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1960	0,93	0,03	-0,02	-0,05	0,55	1,47	0,38	-0,34	-0,57	-0,96	0,05	0,89
1961	0,07	-0,35	-0,40	-1,05	-0,27	0,53	-0,23	-0,64	-0,36	-0,46	-0,57	-0,86
1962	-1,14	1,09	1,07	0,75	-2,00	-1,41	0,59	-0,78	-0,19	0,92	0,05	1,66
1963	1,49	-0,13	0,45	0,29	1,02	0,16	-0,75	-0,78	0,08	-0,32	-0,85	1,80
1964	-1,77	0,33	0,78	-1,09	0,39	-2,03	-0,89	0,92	1,26	-2,70	0,80	0,93
1965	-1,26	1,82	-0,31	0,66	0,21	-0,34	1,03	-0,12	-1,28	-0,96	0,95	-0,25
1966	0,91	-1,99	1,42	0,95	-0,99	0,27	-1,19	1,88	-0,94	-0,74	-0,54	0,10
1967	1,22	0,03	0,04	0,24	-0,39	-0,34	0,26	-0,64	-0,36	0,69	0,31	0,23
1968	1,95	-0,05	0,38	-1,09	-1,27	0,05	-1,04	1,51	1,61	0,50	0,24	-0,29
1969	0,39	0,64	0,01	0,87	-0,66	0,47	0,44	-0,78	-1,28	-1,73	-1,31	0,74
1970	0,51	1,72	0,01	0,79	0,82	-0,39	-1,04	0,17	0,46	0,40	-0,13	1,03
1971	-1,03	0,10	1,58	-0,87	-0,52	-0,67	0,49	0,79	-0,12	-0,06	0,00	0,54
1972	-1,18	-1,32	-1,08	0,55	0,30	0,16	0,14	1,86	1,38	0,78	0,07	-2,25
1973	-0,65	0,60	0,19	1,18	0,55	0,56	-0,52	1,34	-0,57	0,70	0,93	0,54
1974	-0,68	-0,92	0,26	0,32	1,59	-0,80	0,32	1,44	0,52	-0,74	0,61	0,61
1975	-0,24	0,05	0,71	-0,29	1,41	1,07	-0,63	0,07	-0,94	-0,06	0,07	0,35
1976	-0,04	-1,53	-1,27	-0,35	0,67	0,13	0,87	0,98	0,54	0,35	-0,48	0,41
1977	-0,51	-1,42	-0,02	0,68	-1,63	-0,74	-1,19	-0,78	-0,15	-0,61	1,29	0,69
1978	0,51	0,50	-0,05	0,57	-0,05	-0,80	-0,42	0,12	1,50	0,14	-1,00	-0,23
1979	0,66	-0,38	-1,85	0,14	-0,23	-0,95	-0,52	1,01	0,11	-0,32	0,44	-0,29
1980	1,26	0,08	1,01	-0,17	0,05	0,53	0,49	-0,53	-0,44	-0,77	1,23	0,86
1981	1,47	0,03	0,06	-3,27	1,30	-1,11	1,26	0,01	1,17	0,06	-0,24	1,64
1982	0,79	-0,60	-0,53	1,08	0,95	-1,03	2,00	-0,05	-1,28	-0,54	-1,99	-0,07
1983	0,30	0,88	-2,17	0,06	0,30	0,34	0,87	0,27	-0,12	-0,25	1,07	-0,76
1984	0,22	0,03	0,74	0,91	0,05	-0,20	2,28	-0,43	-1,14	-1,66	0,05	-1,93
1985	0,55	0,26	-0,99	-0,83	0,33	0,01	-0,23	-0,78	-0,66	0,42	1,11	-1,13
1986	1,04	0,79	-3,01	-0,67	-1,12	1,45	-0,32	-0,78	-1,28	-0,08	-0,36	0,70
1987	1,54	-1,27	0,69	-0,42	0,55	0,76	1,03	0,82	-1,28	0,18	0,50	0,66
1988	-1,95	-0,13	0,38	0,11	-0,93	-0,03	-1,04	-0,64	-0,52	-0,06	1,33	-0,17
1989	-1,34	-2,57	-1,37	-2,02	0,18	0,53	-0,32	0,01	-0,44	1,54	0,90	0,00
1990	-1,14	-0,21	-1,22	0,32	0,79	-0,29	1,33	-0,78	0,66	0,43	1,45	0,48
1991	-1,26	-0,35	-1,78	1,71	1,93	-0,20	0,38	-0,78	0,97	0,61	-1,79	-0,78
1992	-1,47	0,35	0,48	-0,56	-0,47	1,14	0,26	-0,78	-1,21	1,13	0,10	-0,05
1993	-0,44	0,00	-0,91	-0,20	0,44	-1,67	-0,63	0,49	0,33	-1,04	0,74	-0,62
1994	-0,31	-0,02	-1,22	-0,49	-0,01	1,57	-1,19	1,39	-1,14	0,52	1,02	0,09
1995	1,24	-1,84	1,71	0,75	-3,06	-0,34	1,11	0,79	0,16	-0,35	1,00	-0,99
1996	-0,74	0,52	0,82	0,89	-0,52	-1,67	-1,19	-0,26	1,10	0,43	-1,40	-0,71
1997	-0,90	0,24	0,24	1,80	-1,06	0,24	1,37	2,14	-1,14	1,46	-0,36	0,77
1998	-0,86	0,66	0,76	-0,75	1,62	0,24	0,95	-0,78	0,88	1,26	0,63	-0,21
1999	-1,07	1,84	0,06	-0,83	-2,00	1,28	-0,89	0,57	-0,57	-0,04	0,52	-0,71
2000	0,41	0,73	1,30	1,63	-0,47	-0,07	0,59	0,27	0,93	0,76	-1,40	-0,91
2001	-2,61	0,12	-0,34	0,68	1,02	-1,67	-0,89	0,76	0,28	-2,46	1,42	1,56
2002	-0,29	-0,50	0,63	1,45	0,39	-0,20	1,69	0,92	0,84	1,01	0,02	-1,67
2003	-0,22	0,90	-0,95	1,19	0,24	-2,29	-1,19	-0,78	0,84	1,09	-0,06	-0,10
2004	1,30	0,24	0,01	-0,23	-0,61	0,31	-0,52	0,76	-1,28	-1,28	0,63	-1,16
2005	1,24	0,35	0,41	-0,45	-0,08	-0,39	1,83	-0,43	1,26	-0,61	0,90	-0,15
2006	-0,33	1,35	-0,13	-1,94	-1,53	1,02	-0,89	-0,43	1,22	-0,84	0,74	-1,71
2007	0,24	-1,47	-0,10	-0,91	-1,27	0,59	0,14	-0,64	-1,07	0,67	1,42	0,89
2008	-0,46	-0,47	1,23	-0,63	-0,66	-0,03	-1,19	-0,78	1,74	-0,49	-0,06	-0,05
2009	0,76	1,69	1,27	-1,09	-0,87	-1,20	-0,63	-0,78	0,84	-0,46	0,33	0,35
2010	1,24	1,99	1,16	0,14	-0,35	2,38	0,78	-0,26	0,58	3,39	-1,50	0,82
2011	-0,06	-1,64	0,14	0,48	-0,43	-0,80	-0,52	0,86	0,13	0,93	-3,89	0,38
2012	0,82	1,20	0,67	0,97	1,10	-1,83	-0,32	-0,53	-0,36	-0,54	-0,39	1,13
2013	0,58	0,72	0,59	-0,17	-0,47	1,00	0,64	-0,53	-0,33	1,22	0,05	-0,99
2014	-0,96	-1,27	0,06	1,42	1,52	2,11	-0,52	1,46	1,84	0,38	0,24	1,53
2015	0,70	0,26	0,41	0,87	0,33	0,56	0,32	-0,26	1,31	0,64	-1,40	-3,53
2016	0,88	0,42	0,34	-1,29	0,91	0,24	-1,19	-0,05	0,11	-1,33	-0,48	0,23
2017	0,15	-1,71	-1,32	-0,29	1,10	1,32	0,44	-0,26	-0,36	0,16	-0,93	0,38
2018	-0,15	0,19	1,32	-1,79	1,37	0,92	0,26	-0,43	0,46	0,42	-0,36	0,26
2019	-0,24	-0,47	-1,93	-0,32	0,36	0,16	0,64	0,92	-0,48	-0,74	-1,04	-0,17

1 aylık zaman periyodunda elde edilen SPI verilerine trend analizi yapılmış fakat anlamlı trend bulunmamıştır. Nisan, ağustos, kasım ve aralık aylarında, istatistiksel açıdan anlamlı olmasa da kuraklık yönünde bir eğilim gözlenmiştir (Şekil 4.9, Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.4. Bursa’da 1960 – 2019 yılları arasında aylık kuraklık düzeylerinin görülme frekansı

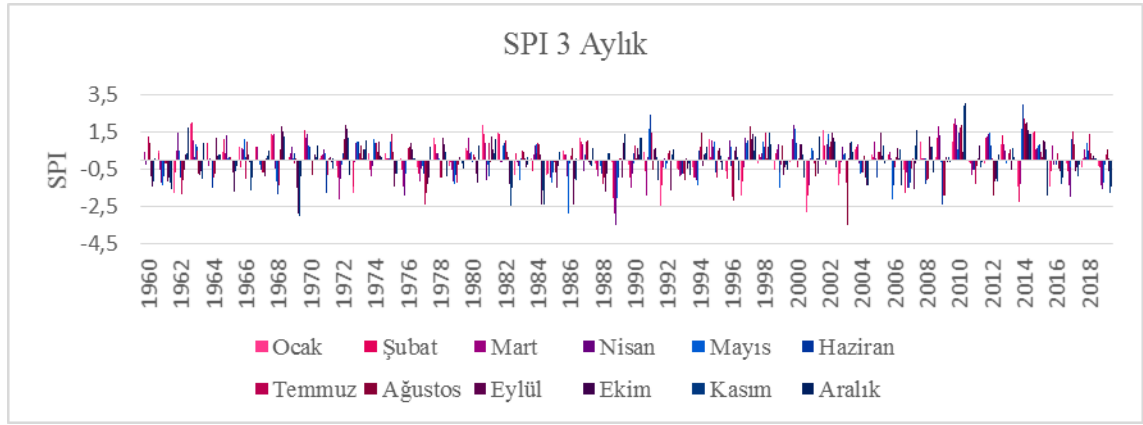
Kuraklık Düzeyi	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Aşırı Kurak	1	1	2	2	3	2	-	-	-	2	1	2
Şiddetli Kurak	2	5	3	2	2	4	-	-	-	2	3	3
Orta Kurak	9	5	6	5	4	4	10	-	11	3	5	2
Normal	37	41	39	43	40	39	40	51	38	45	41	46
Orta Nemli	9	3	8	5	7	8	6	5	7	6	10	2
Çok Nemli	2	5	2	3	4	1	2	3	4	1	-	5
Aşırı Nemli	-	-	-	-	-	2	2	1	-	1	-	-

SPI sonuçları değerlendirildiğinde, temmuz, ağustos ve eylül aylarında aşırı ve şiddetli kurak bir dönem görülmemiştir (Çizelge 4.4.). Kuraklık genellikle normal seviyelerde seyretmiş, aşırı kurak ayların aşırı nemli aylardan daha fazla olduğu görülmüştür. Çizelge 4.5.’te verilen değerlere göre normal kuraklık seviyesi dışında, % 10,42 ile görülme yüzdesi en çok orta nemli kuraklık düzeyindedir ve bunu orta kurak düzey izlemektedir.

Çizelge 4.5. Kuraklık düzeylerine göre görülme yüzdeleri ve ay sayıları

Kuraklık Düzeyi	Görüldüğü Ay Sayısı	Görülme Yüzdesi (%)
Aşırı Kurak	16	2,22
Şiddetli Kurak	26	3,61
Orta Kurak	62	8,61
Aşırı Nemli	6	0,83
Çok Nemli	32	4,44
Orta Nemli	75	10,42
Normal	503	69,87

1960 – 1989 yılları arası elli bir ay kurak dönem yaşanmışken, kırk dokuz ay nemli döneme rastlanmış, kurak dönemlerin dokuz ayının aşırı kurak, nemli dönemlerin ise iki ayının aşırı nemli geçtiği görülmüştür (Çizelge 4.3.). 1990 – 2019 yılları arası elli beş ay kurak dönem yaşanmışken, altmış beş ay nemli döneme rastlanmış, kurak dönemlerin yedi ayının aşırı kurak, nemli dönemlerin ise dört ayının aşırı nemli geçtiği görülmüştür (Çizelge 4.3.).



Şekil 4.10. 3 aylık zaman periyodunda SPI değerleri

Çizelge 4.6. 1960 – 2019 yılları 3 aylık zaman ölçeğinde SPI analiz sonuçları

yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1960			0,44	-0,24	0,00	0,98	1,24	0,92	-0,84	-1,41	-1,16	0,08
1961	0,52	0,37	-0,52	-1,19	-1,35	-0,86	-0,17	-0,17	-1,12	-0,97	-1,20	-1,58
1962	-1,78	-0,66	0,52	1,45	0,49	-0,94	-1,82	-1,06	-0,51	0,30	0,37	1,74
1963	1,98	2,00	1,02	0,14	0,82	0,71	0,48	-0,70	-0,81	-0,60	-0,99	0,93
1964	0,47	0,93	-0,31	0,02	-0,01	-1,49	-0,94	-0,74	1,16	0,21	0,33	0,28
1965	0,41	1,11	0,38	1,30	0,12	0,19	0,15	-0,01	-0,67	-1,70	-0,60	-0,35
1966	0,68	-0,42	0,63	0,60	1,09	0,19	-1,04	0,98	0,27	-0,11	-1,63	-0,91
1967	0,45	0,68	0,69	-0,05	-0,28	-0,55	-0,67	-0,67	-0,84	0,03	0,24	0,50
1968	1,42	1,34	1,40	-0,49	-1,14	-1,83	-1,36	0,56	1,79	1,52	1,25	-0,04
1969	-0,07	0,15	0,40	0,68	0,09	0,35	-0,20	0,01	-1,51	-2,83	-3,00	-0,84
1970	0,20	1,57	1,17	1,41	0,75	0,71	-0,03	-0,81	-0,06	0,33	0,16	0,76
1971	0,10	0,21	0,33	0,56	0,38	-1,74	-0,82	0,04	0,16	-0,09	-0,44	0,10
1972	-0,34	-0,91	-2,13	-1,03	-0,28	0,38	0,08	1,13	1,91	1,65	1,18	-0,77
1973	-1,78	-1,44	-0,10	0,94	0,98	0,98	0,36	0,79	0,01	0,54	0,57	1,07
1974	0,35	-0,56	-0,88	-0,33	1,15	0,90	0,90	0,45	0,99	0,23	-0,03	0,19
1975	0,40	0,12	0,07	0,11	0,98	1,20	1,38	0,43	-1,45	-0,70	-0,70	-0,02
1976	0,03	-0,56	-1,45	-1,92	-0,75	-0,02	0,63	0,72	0,91	0,59	0,01	0,04
1977	-0,40	-0,76	-1,14	-0,43	-0,34	-0,74	-2,35	-1,76	-1,25	-0,97	0,17	0,74
1978	1,21	0,83	0,38	0,39	0,07	-0,21	-0,91	-0,93	1,19	0,88	0,46	-0,86
1979	-0,35	-0,14	-0,52	-1,15	-1,25	-0,78	-1,18	-0,25	0,19	-0,04	-0,20	-0,46
1980	0,65	0,50	1,18	0,38	0,41	-0,11	0,27	0,14	-0,74	-1,24	-0,06	0,78
1981	1,85	1,39	0,90	-1,09	-0,28	-0,86	0,92	-0,12	1,26	0,57	0,40	1,13
1982	1,45	1,39	-0,13	-0,08	0,79	0,90	1,06	0,45	0,14	-1,29	-2,48	-1,51
1983	-0,77	0,38	-0,10	-0,30	-1,05	0,10	0,48	0,45	0,05	-0,42	0,19	-0,27
1984	0,06	-0,61	0,33	0,75	0,88	0,38	0,90	0,85	0,31	-2,39	-1,66	-2,37
1985	-0,81	-0,72	-0,06	-0,94	-1,18	-0,66	-0,10	-0,67	-1,51	-0,34	0,45	0,00
1986	0,47	0,30	0,31	-0,89	-2,87	-0,19	0,25	0,64	-2,37	-1,04	-1,10	0,08
1987	1,16	0,96	0,84	-0,58	0,30	0,23	0,97	1,06	-0,09	-0,26	-0,29	0,61
1988	-0,16	-0,52	-0,90	-0,01	-0,32	-0,76	-1,25	-0,93	-1,69	-0,72	0,34	0,37
1989	-0,12	-2,05	-2,86	-3,46	-2,07	-0,94	0,10	0,01	-0,92	0,89	1,31	1,37
1990	-0,24	-0,95	-1,52	-0,71	-0,17	0,35	0,76	0,04	0,67	0,33	1,22	1,18
1991	0,45	-0,62	-1,89	0,18	1,65	2,41	1,44	-0,53	0,59	0,67	0,13	-1,10
1992	-2,45	-1,34	-0,41	0,02	-0,49	-0,17	0,38	0,52	-1,63	0,23	0,33	0,57
1993	-0,47	-0,55	-0,86	-0,78	-0,67	-0,74	-0,76	-1,06	0,03	-0,48	-0,17	-0,80
1994	-0,39	-0,91	-0,91	-1,09	-1,35	0,50	0,70	1,45	-0,31	0,31	0,37	0,68
1995	1,13	0,14	1,07	0,72	1,00	-0,66	-0,94	0,50	0,63	-0,12	0,21	-0,50
1996	-0,61	-1,02	0,16	1,04	0,71	-0,34	-1,96	-2,17	0,52	0,69	0,19	-1,11
1997	-1,93	-1,12	-0,41	1,20	0,95	1,04	-0,01	1,79	1,14	1,40	0,49	1,27
1998	-0,18	0,32	0,16	0,34	1,00	0,71	1,50	0,11	0,70	1,09	1,46	0,86
1999	-0,55	0,38	0,60	0,88	-1,47	-0,66	-0,25	0,79	-0,77	-0,36	-0,26	-0,52
2000	-0,14	-0,02	1,10	1,87	1,64	0,91	-0,40	0,07	0,85	0,88	0,31	-0,91
2001	-2,80	-1,91	-1,32	0,09	0,63	0,50	-0,17	-0,85	0,10	-0,72	0,09	1,29
2002	1,60	0,79	-0,26	0,82	1,37	1,09	0,70	0,96	1,45	1,17	0,96	-0,38
2003	-1,32	-0,73	-0,14	0,71	0,29	0,35	-1,21	-3,47	0,10	0,93	0,99	0,44
2004	0,57	0,71	0,84	-0,18	-0,73	-0,69	-0,64	0,21	-0,92	-1,32	-1,03	-1,32
2005	0,33	0,19	1,00	0,02	-0,30	-0,96	0,44	0,43	1,50	0,25	0,76	-0,19
2006	-0,03	0,30	0,41	0,08	-2,10	-1,37	-0,42	0,19	0,67	0,12	0,55	-1,32
2007	-0,53	-1,78	-0,67	-1,51	-1,50	-1,23	-0,48	0,01	-1,57	-0,18	0,78	1,60
2008	0,99	0,05	0,06	0,08	0,09	-1,26	-1,11	-1,02	1,23	0,70	0,74	-0,66
2009	0,19	1,20	1,81	1,33	-0,14	-2,41	-1,91	-1,91	0,19	-0,09	0,15	-0,09
2010	0,96	1,92	2,20	1,86	0,54	1,46	1,72	1,86	0,43	2,85	2,88	3,07
2011	-0,12	-0,16	-0,80	-0,54	-0,05	-0,52	-1,28	-0,34	0,10	0,76	-0,40	-0,11
2012	-0,18	1,19	1,28	1,43	1,44	0,79	0,01	-1,91	-1,12	-1,02	-1,14	0,27
2013	0,84	1,33	0,82	0,50	-0,17	-0,04	0,40	0,58	-0,54	0,56	0,61	0,13
2014	-1,40	-2,24	-1,30	0,23	1,70	3,01	2,21	1,98	2,04	1,61	1,38	1,37
2015	1,47	1,53	0,58	0,66	0,77	0,88	0,42	0,16	1,04	0,97	0,54	-1,91
2016	-1,43	-0,59	0,75	-0,27	-0,07	-0,23	0,36	-0,47	-0,61	-0,99	-1,30	-0,97
2017	-0,19	-0,59	-1,35	-1,97	-0,36	1,12	1,51	0,83	-0,61	-0,37	-0,88	-0,28
2018	-0,40	0,05	0,56	0,18	0,94	0,51	1,42	0,39	0,05	0,23	0,07	0,01
2019	-0,34	-0,42	-1,33	-1,56	-1,23	-0,23	0,32	0,60	0,10	-0,60	-1,75	-1,40

3 aylık zaman periyodunda elde edilen SPI verilerine trend analizi yapılmış fakat anlamlı trend bulunmamıştır.

Mevsimsel kuraklık düzeylerinin görülme frekansına göre (Çizelge 4.7.), en az kurak ve en az yağışlı mevsim ilkbaharda görülmüştür. En fazla nemli dönem yaz aylarında görülürken, kış, yaz ve sonbahar mevsimlerinde nemli ve kurak dönem görülme frekansı birbirine yakındır.

Kış mevsimleri incelendiğinde iki aşırı kurak mevsimle beraber toplam on kurak, on nemli kış mevsimi geçirildiği görülmüştür. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerde birer aşırı kurak mevsime rastlanırken sırasıyla, yedi kurak, yedi nemli ilkbahar, on kurak, on bir nemli yaz ve dokuz kurak, on nemli sonbahar mevsimi yaşanmıştır (Şekil 4.10, Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.7. Bursa’da 1960 – 2019 yılları arasında 3 aylık zaman periyodunda mevsimsel kuraklık düzeylerinin görülme frekansı

Kuraklık Düzeyi	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Aşırı Kurak	2	1	1	1
Şiddetli Kurak	2	2	5	3
Orta Kurak	6	4	4	5
Normal	40	46	39	41
Orta Nemli	8	5	7	7
Çok Nemli	1	-	3	2
Aşırı Nemli	1	2	1	1

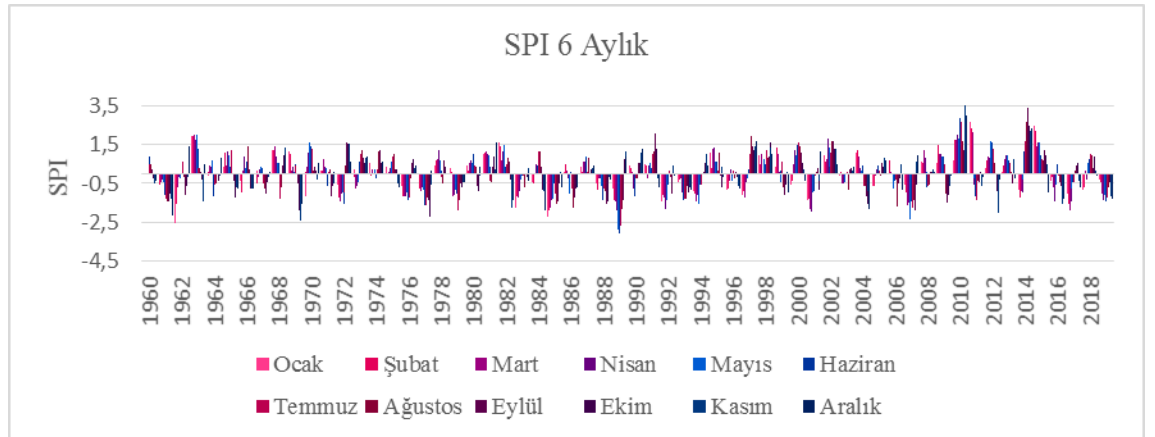
SPI sonuçları değerlendirildiğinde, Çizelge 4.8’de verildiği üzere, beş mevsim aşırı kurak (%2), on iki mevsim şiddetli kurak (%5), on dokuz mevsim orta kurak (%7,92), beş mevsim aşırı nemli (%2), altı mevsim çok nemli (%2,5), yirmi yedi mevsim orta nemli (%11,25) ve geriye kalan yüz altmış altı mevsim normal (%69,17) kuraklık seviyelerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Kuraklık düzeylerine göre görülme yüzdeleri ve mevsim sayıları

Kuraklık Düzeyi	Görüldüğü Mevsim	Görülme Yüzdesi (%)
Aşırı Kurak	5	2
Şiddetli Kurak	12	5
Orta Kurak	19	7,92
Aşırı Nemli	5	2
Çok Nemli	6	2,5
Orta Nemli	27	11,25
Normal	166	69,17

1960 – 1989 yılları arası on yedi mevsim kurak geçerken, on dört mevsim nemli geçmiştir. Kurak dönemlerin dördü aşırı kurak geçerken aşırı nemli mevsim görülmemiştir. 1990 – 2019 yılları arası on dokuz mevsim kurak geçerken, yirmi dört mevsim nemli geçmiştir. Kurak dönemlerde bir mevsimin aşırı kurak, nemli dönemlerde ise beş mevsimin aşırı nemli geçtiği görülmüştür (Çizelge 4.6.).

1985 – 1988 yılları arası yaz mevsimlerinin, 1989 – 1991 yılları arası ise kış mevsimlerinin ve 2006 – 2009 yılları arası ilkbahar mevsimlerinin kurak geçtiği görülmüştür. 1997, 2010 ve 2014 yıllarının ise nemli dönemler olduğu söylenebilir (Şekil 4.10., Çizelge 4.6.).



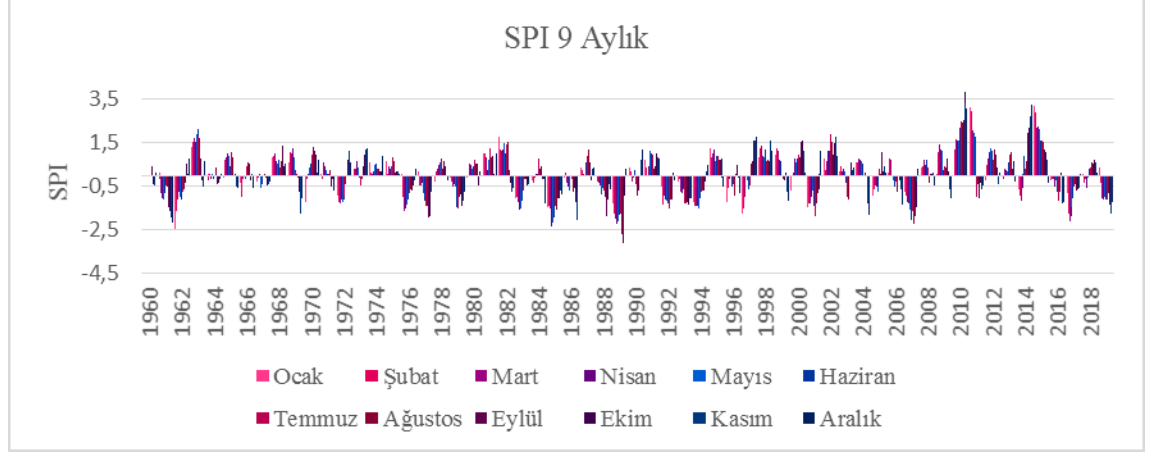
Şekil 4.11. 6 aylık zaman periyodunda SPI değerleri

Çizelge 4.9. 1960 – 2019 yılları 6 aylık zaman ölçeğinde SPI analiz sonuçları

yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1960						0,89	0,51	0,50	0,23	-0,22	-0,49	-0,40
1961	-0,47	-0,56	-0,44	-0,33	-0,42	-1,08	-1,29	-1,40	-1,40	-1,01	-1,28	-2,13
1962	-2,56	-1,57	-0,71	-0,15	-0,27	-0,06	0,64	-0,17	-1,12	-0,60	-0,18	1,37
1963	1,91	1,92	2,00	1,73	2,02	1,27	0,30	0,29	0,02	-0,32	-1,39	0,46
1964	-0,13	0,09	0,41	0,32	0,69	-1,19	-0,59	-0,53	-0,07	-0,39	-0,12	0,82
1965	0,35	1,07	0,39	1,14	0,91	0,37	1,22	-0,03	-0,34	-1,20	-0,67	-0,76
1966	-0,39	-0,94	0,15	0,86	0,29	0,61	-0,03	1,43	0,20	-0,75	-0,76	-0,77
1967	0,16	-0,49	-0,15	0,25	0,35	0,30	-0,53	-0,75	-1,01	-0,44	-0,18	0,02
1968	1,20	1,22	1,39	0,88	0,56	0,57	-1,31	-0,67	0,44	0,93	1,32	1,03
1969	1,16	1,00	0,18	0,33	0,10	0,47	0,44	-0,04	-0,53	-1,88	-2,43	-1,53
1970	-1,17	0,01	0,32	1,07	1,63	1,41	1,24	0,18	0,37	0,15	-0,31	0,57
1971	0,17	0,16	0,72	0,37	0,31	-0,61	0,02	0,23	-1,14	-0,63	-0,50	0,06
1972	-0,57	-1,24	-1,39	-1,04	-0,94	-1,54	-0,98	0,45	1,63	1,52	1,54	0,61
1973	0,21	-0,15	-0,76	-0,61	-0,44	0,60	0,98	1,22	0,84	0,54	0,82	0,90
1974	0,56	-0,13	0,19	-0,02	0,23	-0,27	0,19	1,16	1,19	0,57	0,10	0,63
1975	0,36	-0,05	0,09	0,31	0,61	0,71	0,90	1,00	0,23	0,24	-0,49	-0,68
1976	-0,63	-1,14	-1,13	-1,16	-0,94	-1,37	-1,23	-0,24	0,53	0,72	0,29	0,45
1977	-0,03	-0,76	-0,88	-0,71	-0,86	-1,59	-1,60	-1,22	-1,36	-2,18	-0,56	0,15
1978	0,45	0,71	0,74	1,18	0,65	0,15	-0,19	-0,53	0,65	0,34	-0,04	-0,07
1979	0,29	0,11	-1,16	-1,12	-0,84	-1,04	-1,88	-1,38	-0,53	-0,73	-0,43	-0,44
1980	0,40	0,16	0,57	0,69	0,56	1,02	0,40	0,32	-0,61	-0,87	-0,10	0,33
1981	1,04	1,08	1,17	1,02	0,97	0,38	-0,39	-0,45	0,35	0,86	0,20	1,60
1982	1,58	1,38	0,70	1,12	1,50	0,33	0,51	0,84	0,63	-0,31	-1,73	-1,36
1983	-1,77	-1,17	-1,25	-0,92	-0,28	-0,14	-0,09	-0,68	-0,01	-0,19	0,29	-0,34
1984	-0,43	-0,49	-0,05	0,47	0,02	0,43	1,12	1,17	0,36	-0,82	-0,88	-1,90
1985	-2,24	-1,91	-1,72	-1,38	-1,29	-0,53	-1,03	-1,58	-1,40	-0,48	0,03	-0,67
1986	0,03	0,46	0,13	-0,22	-1,04	0,09	-0,74	-1,72	-1,20	-0,76	-0,66	-0,73
1987	0,37	0,06	0,62	0,59	0,88	0,84	0,04	0,84	0,00	0,24	0,26	0,41
1988	-0,52	-0,80	-0,24	-0,23	-0,66	-1,38	-0,75	-0,91	-1,54	-1,43	-0,17	-0,33
1989	-0,79	-1,37	-1,45	-1,91	-2,86	-3,07	-2,65	-1,81	-1,36	0,75	1,14	0,88
1990	0,39	0,29	0,12	-0,76	-0,90	-1,15	-0,22	-0,26	0,58	0,57	1,06	1,30
1991	0,49	0,42	-0,24	0,40	0,54	0,30	1,00	1,17	2,04	1,24	-0,23	-0,71
1992	-1,41	-1,08	-1,24	-1,80	-1,38	-0,58	0,14	-0,20	-1,01	0,27	0,45	-0,10
1993	-0,41	-0,32	-0,25	-0,99	-0,88	-1,34	-1,29	-1,30	-0,61	-0,96	-0,73	-0,83
1994	-0,90	-1,02	-1,41	-1,12	-1,54	-0,58	-0,56	0,00	0,07	0,52	1,04	0,39
1995	1,09	0,26	1,24	1,31	0,62	0,64	0,14	1,05	-0,10	-0,72	0,33	-0,20
1996	-0,84	-0,78	-0,36	0,21	-0,37	-0,14	0,15	-0,23	0,02	-0,19	-0,62	-0,77
1997	-1,06	-0,88	-1,25	-0,45	-0,27	0,20	1,04	1,92	1,41	1,22	1,38	1,66
1998	0,95	0,51	1,01	-0,01	0,76	0,46	1,18	0,83	0,86	1,63	1,33	1,03
1999	0,35	1,35	1,00	0,12	-0,46	0,15	0,61	-0,70	-1,07	-0,58	0,11	-0,96
2000	-0,58	-0,35	0,46	1,19	0,93	1,46	1,57	1,41	1,10	0,53	0,20	-0,36
2001	-1,33	-1,30	-1,79	-1,93	-0,98	-0,89	-0,13	0,05	0,31	-0,82	-0,39	1,15
2002	0,97	0,62	0,76	1,78	1,34	0,36	1,07	1,66	1,67	1,30	1,25	0,50
2003	-0,10	0,10	-0,51	-0,53	-0,45	-0,03	0,02	-0,80	0,20	0,30	0,17	0,33
2004	1,09	1,23	0,87	0,27	0,16	0,39	-0,65	-0,61	-1,16	-1,56	-0,90	-1,79
2005	-0,63	-0,65	-0,10	0,20	-0,07	0,44	0,17	-0,10	0,53	0,32	0,80	0,69
2006	-0,01	0,70	0,08	-0,06	-0,78	-0,37	-0,28	-1,68	-0,48	-0,25	0,48	-0,83
2007	-0,57	-0,99	-1,61	-1,49	-2,32	-1,42	-1,78	-1,38	-1,89	-0,55	0,63	0,97
2008	0,64	0,53	1,22	0,80	0,02	-0,70	-0,60	-0,55	0,12	0,07	0,22	0,11
2009	0,56	1,45	1,04	1,00	0,87	0,89	0,49	-1,05	-1,50	-1,07	-0,62	-0,10
2010	0,66	1,71	1,74	1,96	1,82	2,84	2,65	1,66	1,23	3,42	3,47	3,00
2011	2,67	2,35	2,10	-0,55	-0,22	-1,15	-1,33	-0,37	-0,42	0,08	-0,66	-0,17
2012	0,31	0,68	0,87	0,81	1,69	1,57	1,28	0,58	-0,03	-0,91	-1,99	-0,29
2013	0,04	0,41	0,74	0,93	0,96	0,67	0,58	0,10	-0,47	0,57	0,73	-0,24
2014	-0,84	-1,21	-0,91	-0,97	-0,31	1,13	1,64	2,65	3,39	2,47	2,22	2,32
2015	2,46	2,21	1,39	1,57	1,60	0,95	0,75	0,65	1,22	0,97	0,46	-0,95
2016	-0,40	-0,18	-0,67	-1,39	-0,57	0,51	-0,14	-0,45	-0,65	-0,66	-1,55	-1,32
2017	-1,02	-1,57	-1,87	-1,41	-0,74	-0,44	-0,45	0,15	0,44	0,53	-0,35	-0,67
2018	-0,84	-0,70	0,13	-0,29	0,53	0,72	0,99	0,93	0,29	0,89	0,14	-0,08
2019	-0,30	-0,43	-1,03	-1,34	-1,06	-1,42	-1,23	-0,70	-0,22	-0,43	-1,15	-1,30

6 aylık zaman periyodunda elde edilen SPI verilerine trend analizi yapılmış fakat anlamlı trend bulunamamıştır.

SPI sonuçları değerlendirildiğinde; on iki yılın ilk yarısının, yedi yılın da ikinci yarısının kurak, yedi yılın ilk yarısının nemli, sekiz yılın ise ikinci yarısının nemli geçtiği söylenebilir. Ayrıca 1961 ve 2019 yılları kurak, 2010 yılı ise nemli bir yıl olmuştur. 1960 – 1989 yılları arası on iki kurak, altı nemli dönem görülürken, 1990 – 2019 yılları arası sekiz kurak, sekiz nemli döneme rastlanmıştır (Şekil 4.11., Çizelge 4.9.).



Şekil 4.12. 9 aylık zaman periyodunda SPI değerleri

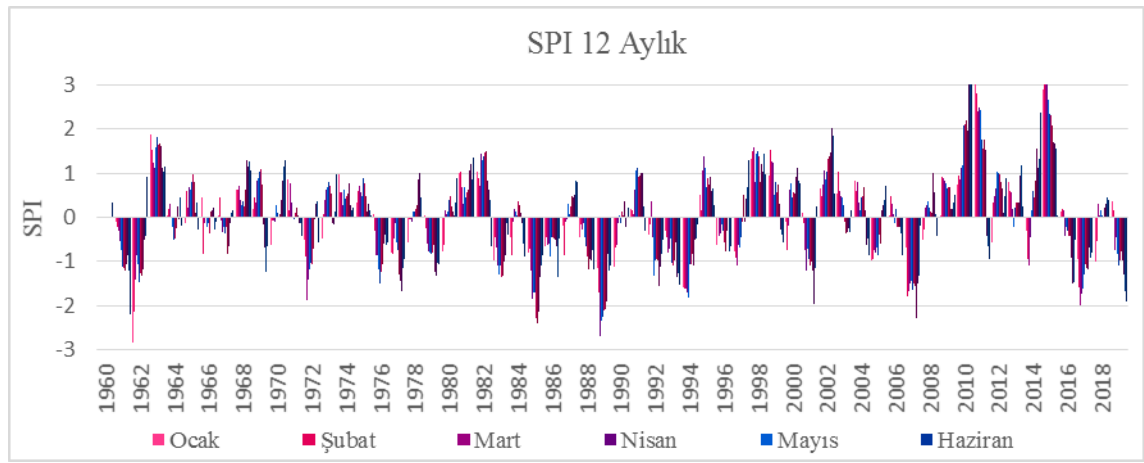
Çizelge 4.10. 1960 – 2019 yılları 9 aylık zaman ölçeğinde SPI analiz sonuçları

yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1960									0,42	-0,41	-0,46	0,13
1961	0,14	-0,18	-0,79	-1,07	-1,13	-0,82	-0,44	-0,54	-1,45	-1,63	-1,92	-2,16
1962	-2,44	-1,64	-1,13	-0,74	-1,00	-1,11	-0,74	-0,65	-0,34	0,54	0,09	0,78
1963	1,30	1,53	1,70	1,56	1,93	2,14	1,76	1,73	0,78	-0,24	-0,53	0,66
1964	0,03	-0,22	0,06	-0,15	0,02	-0,19	-0,07	0,39	-0,39	-0,36	-0,18	0,10
1965	-0,08	0,74	0,81	0,99	0,90	0,40	1,08	0,81	-0,01	0,08	-0,53	-0,56
1966	-0,36	-0,98	-0,17	0,00	-0,18	0,17	0,45	0,61	0,56	-0,20	0,08	-0,57
1967	-0,29	-0,08	-0,12	0,04	-0,59	-0,42	-0,05	0,06	-0,11	-0,45	-0,39	-0,27
1968	0,84	0,91	1,02	0,67	0,54	0,71	0,39	0,68	1,37	0,40	0,54	0,20
1969	0,62	1,09	1,00	1,23	0,83	0,27	0,18	0,03	-0,10	-0,78	-1,73	-1,04
1970	-1,24	-0,07	-0,17	0,04	0,34	0,57	0,95	1,31	1,13	0,98	0,15	0,74
1971	0,08	-0,19	0,58	0,40	0,27	0,05	0,02	0,24	-0,53	-0,16	-0,23	-0,68
1972	-0,93	-1,24	-1,31	-1,08	-1,20	-1,11	-0,98	-0,40	-0,05	0,70	1,13	0,62
1973	0,16	0,31	0,31	0,66	0,35	-0,09	-0,47	-0,15	0,44	0,94	1,17	1,28
1974	0,61	0,15	0,09	0,21	0,46	0,53	0,32	0,32	0,21	0,18	0,72	0,88
1975	0,68	0,06	0,45	0,28	0,42	0,60	0,84	0,67	0,12	0,17	0,18	0,06
1976	0,09	-0,96	-1,62	-1,54	-1,35	-1,09	-0,82	-0,63	-0,69	-0,45	-0,24	0,31
1977	0,19	-0,46	-0,45	-0,33	-0,83	-1,19	-1,42	-1,38	-1,94	-1,86	-0,73	-0,24
1978	-0,30	0,19	0,29	0,51	0,58	0,57	0,80	0,30	0,65	0,43	-0,07	-0,20
1979	-0,13	-0,26	-0,52	-0,40	-0,50	-1,47	-1,54	-0,97	-0,88	-1,39	-1,14	-0,76
1980	-0,10	-0,02	0,52	0,46	0,28	0,44	0,70	0,52	0,57	-0,44	0,09	0,18
1981	1,02	1,01	0,83	0,27	0,74	0,77	1,27	0,83	0,88	0,04	-0,07	1,01
1982	1,80	1,22	1,14	1,19	1,47	1,00	1,42	1,53	0,26	-0,37	-0,76	-0,60
1983	-1,02	-0,97	-1,20	-1,58	-1,51	-1,14	-0,68	-0,16	-0,18	-0,43	-0,39	-0,28
1984	-0,24	-0,34	-0,11	0,07	0,03	0,08	0,76	0,30	0,42	-0,14	-0,16	-1,28
1985	-1,49	-1,39	-1,53	-2,33	-2,19	-1,93	-1,38	-1,56	-1,04	-1,06	-0,68	-0,90
1986	-0,09	0,15	-0,37	-0,51	-0,67	-0,01	-0,15	-0,76	-0,58	-1,25	-2,07	-0,73
1987	0,38	0,25	0,03	-0,07	0,15	0,63	0,90	1,19	0,61	-0,24	0,32	0,39
1988	-0,06	-0,30	-0,35	-0,47	-0,86	-0,59	-0,68	-1,01	-1,86	-1,09	-0,40	-0,66
1989	-1,30	-1,73	-1,99	-2,21	-2,11	-1,81	-1,75	-2,71	-3,12	-0,92	0,03	0,33
1990	0,34	0,20	-0,26	-0,12	0,11	0,22	-0,40	-0,92	-0,69	-0,03	0,75	1,19
1991	0,72	0,34	-0,01	0,42	1,16	1,01	0,95	0,29	0,45	1,04	0,83	0,79
1992	-0,49	-1,32	-0,95	-1,10	-1,18	-1,26	-1,51	-1,13	-1,11	0,14	0,04	-0,21
1993	-0,27	-0,17	-0,77	-0,82	-0,63	-0,59	-1,28	-1,26	-1,20	-1,33	-1,07	-1,07
1994	-1,23	-1,43	-1,40	-1,38	-1,52	-1,07	-0,74	-0,71	-0,72	-0,27	0,19	0,50
1995	1,25	0,85	1,00	1,20	0,67	0,89	0,92	0,71	0,75	-0,09	0,80	-0,51
1996	-1,24	-0,59	-0,14	-0,01	-0,29	-0,53	-0,41	-0,94	0,04	0,49	-0,10	-0,84
1997	-1,77	-1,50	-1,00	-0,04	-0,22	-0,62	-0,48	0,56	0,67	1,63	1,62	1,79
1998	0,82	1,27	1,36	0,88	0,86	1,20	0,64	0,70	0,64	1,46	1,60	1,12
1999	0,98	1,27	1,14	0,72	0,55	0,66	-0,03	-0,17	-0,24	0,12	-0,75	-1,14
2000	-0,72	-0,05	0,11	0,76	0,59	0,78	0,95	0,85	1,55	1,58	1,13	0,12
2001	-1,48	-1,29	-1,27	-1,00	-0,72	-1,39	-1,90	-1,31	-0,80	-0,62	0,02	1,12
2002	0,78	0,26	0,67	1,16	1,16	1,14	1,89	1,57	0,98	1,46	1,76	0,88
2003	0,17	0,44	0,20	0,29	0,17	-0,35	-0,97	-1,11	-0,07	0,60	0,23	0,38
2004	0,59	0,60	0,78	0,72	0,69	0,53	-0,02	0,16	-0,06	-1,30	-1,24	-1,81
2005	-0,92	-0,61	-0,48	-0,53	-0,73	-0,53	0,31	0,03	1,08	0,18	0,44	0,15
2006	0,11	0,76	0,73	-0,03	-0,24	-0,49	-0,27	-0,74	-0,07	-0,22	-0,65	-1,34
2007	-0,78	-0,94	-1,23	-1,31	-1,56	-2,08	-1,64	-2,23	-1,88	-1,45	-0,27	0,32
2008	0,35	0,43	0,72	0,49	0,43	0,70	0,37	-0,35	0,03	0,02	0,15	-0,47
2009	0,09	1,06	1,43	1,17	1,11	0,22	0,41	0,37	0,76	0,18	-0,65	-1,03
2010	-0,01	1,19	1,65	1,58	1,63	2,21	2,48	2,42	2,56	3,86	3,31	3,11
2011	3,15	2,95	2,07	1,93	1,94	1,80	-1,01	-0,40	-1,02	-0,35	-0,63	-0,43
2012	-0,21	0,46	0,78	1,05	1,24	1,11	0,72	1,21	0,98	0,34	-0,39	0,12
2013	-0,03	-0,14	0,31	0,26	0,21	0,63	0,97	1,06	0,31	0,67	0,45	-0,27
2014	-0,64	-0,94	-1,15	-0,56	0,03	0,89	0,28	0,64	1,96	2,18	2,75	3,28
2015	3,20	2,88	2,19	2,28	2,15	1,62	1,58	1,53	1,22	1,10	0,75	-0,32
2016	-0,24	-0,19	-0,19	-0,53	-0,23	-0,78	-1,17	-0,78	0,14	-0,77	-1,29	-1,21
2017	-0,83	-1,77	-2,10	-1,90	-1,49	-1,07	-0,51	-0,39	-0,71	-0,66	-0,57	0,02
2018	0,01	-0,34	-0,17	-0,59	-0,09	0,30	0,35	0,58	0,56	0,74	0,62	0,13
2019	0,39	-0,32	-1,03	-1,09	-0,96	-1,10	-1,13	-0,80	-1,24	-1,36	-1,74	-1,20

9 aylık zaman periyodunda elde edilen SPI verilerine trend analizi yapılmış fakat anlamlı trend bulunmamıştır.

SPI sonuçları değerlendirildiğinde; aşırı kurak dönem görülmezken, üç şiddetli kurak dönem (%3,75), on iki orta kurak dönem (%15), bir aşırı nemli dönem (%1,12), üç çok nemli dönem (%3,75), dokuz orta nemli dönem (%11,25) görülmüş, kalan elli iki dönemde (%65) ise kuraklığın normal seviyelerde olduğu görülmüştür (Şekil 4.12., Çizelge 4.10.).

1960 – 1989 yılları arası altı kurak, iki nemli dönem görülürken, 1990 – 2019 yılları arası dokuz kurak, on bir nemli döneme rastlanmıştır (Şekil 4.12., Çizelge 4.10.).



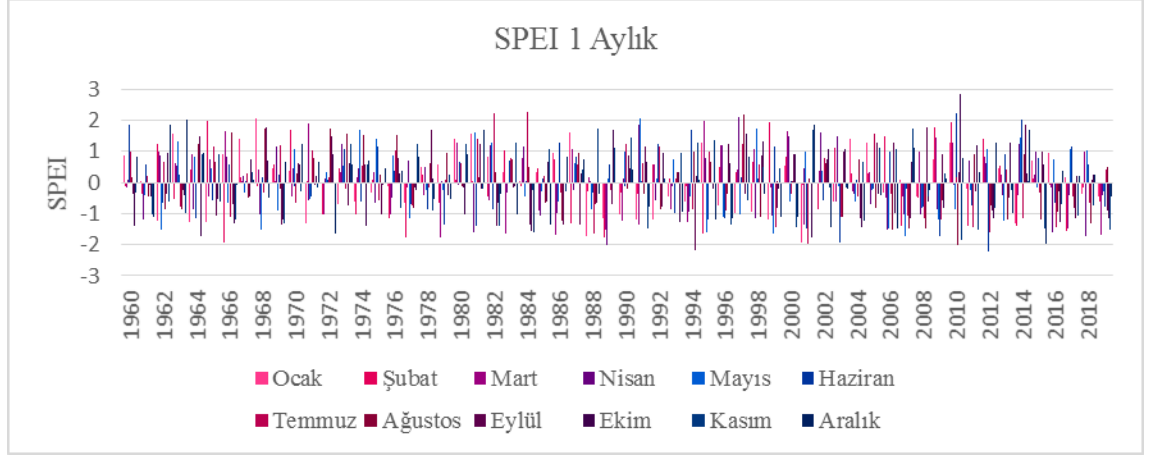
Şekil 4.13. 12 aylık zaman periyodunda SPI değerleri

Çizelge 4.11. 1960 – 2019 yılları 12 aylık zaman ölçeğinde SPI analiz sonuçları

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1960												0,32
1961	-0,09	-0,22	-0,30	-0,53	-0,74	-1,11	-1,15	-1,22	-1,07	-0,87	-1,21	-2,20
1962	-2,84	-2,15	-1,41	-0,86	-1,07	-1,46	-1,28	-1,34	-1,18	-0,52	-0,42	0,91
1963	1,87	1,52	1,25	1,11	1,58	1,82	1,64	1,68	1,61	1,11	1,04	1,14
1964	0,02	0,18	0,30	-0,03	-0,23	-0,50	-0,49	-0,25	0,25	-0,04	0,44	-0,19
1965	-0,13	0,59	0,23	0,67	0,62	0,79	0,97	0,81	0,10	0,24	0,33	-0,29
1966	0,45	-0,84	-0,12	-0,01	-0,23	-0,12	-0,36	0,14	0,17	0,21	-0,28	-0,11
1967	0,04	0,45	-0,08	-0,34	-0,23	-0,37	-0,23	-0,83	-0,66	-0,12	0,10	0,17
1968	0,62	0,62	0,70	0,40	0,28	0,36	0,25	0,64	1,29	1,14	1,27	1,05
1969	0,20	0,46	0,33	0,84	0,90	1,02	1,10	0,75	-0,17	-0,70	-1,25	-0,65
1970	-0,64	-0,08	-0,06	-0,10	0,27	0,10	-0,03	0,06	0,40	0,82	1,16	1,31
1971	0,87	0,17	0,76	0,32	-0,01	-0,05	0,10	0,21	0,03	-0,13	-0,12	-0,42
1972	-0,50	-0,90	-1,89	-1,42	-1,18	-1,05	-1,06	-0,72	-0,04	0,30	0,35	-0,56
1973	-0,47	0,08	0,39	0,62	0,68	0,80	0,71	0,55	-0,14	-0,15	0,13	0,98
1974	0,99	0,58	0,58	0,27	0,64	0,43	0,49	0,53	0,76	0,28	0,17	0,21
1975	0,33	0,59	0,72	0,56	0,48	0,88	0,77	0,49	0,14	0,30	0,15	0,02
1976	0,06	-0,32	-0,85	-0,87	-1,17	-1,51	-1,24	-1,07	-0,60	-0,39	-0,63	-0,58
1977	-0,81	-0,82	-0,47	-0,14	-0,57	-0,75	-0,95	-1,29	-1,43	-1,69	-1,15	-0,95
1978	-0,58	-0,05	-0,05	-0,09	0,14	0,14	0,19	0,27	0,87	1,01	0,45	0,00
1979	0,05	-0,26	-0,60	-0,76	-0,79	-0,83	-0,80	-0,63	-1,24	-1,33	-1,05	-1,06
1980	-0,76	-0,63	0,16	0,07	0,14	0,40	0,49	0,26	0,12	0,02	0,33	0,88
1981	1,01	1,02	0,67	0,31	0,68	0,44	0,56	0,62	1,07	1,20	0,87	1,35
1982	1,04	0,90	0,72	1,45	1,31	1,37	1,48	1,51	0,83	0,63	0,39	-0,67
1983	-0,99	-0,44	-0,68	-1,09	-1,30	-1,08	-1,35	-1,34	-1,02	-0,85	-0,12	-0,38
1984	-0,46	-0,85	-0,11	0,18	0,12	0,01	0,36	0,28	0,11	-0,14	-0,59	-0,88
1985	-0,79	-0,72	-1,22	-1,84	-1,72	-1,72	-2,30	-2,41	-2,14	-1,37	-1,09	-0,87
1986	-0,65	-0,44	-0,64	-0,60	-0,89	-0,46	-0,45	-0,47	-0,50	-0,65	-1,36	-0,47
1987	-0,20	-0,87	-0,10	-0,04	0,30	0,08	0,26	0,48	0,45	0,51	0,83	0,80
1988	-0,44	-0,17	-0,27	-0,12	-0,44	-0,66	-0,89	-1,17	-0,96	-0,98	-0,73	-1,19
1989	-1,16	-1,70	-2,15	-2,70	-2,35	-2,26	-2,10	-2,09	-1,90	-0,84	-1,20	-1,09
1990	-1,12	-0,70	-0,63	-0,14	0,04	-0,13	0,13	0,05	0,36	-0,23	-0,01	0,23
1991	0,19	0,15	0,08	0,64	1,06	1,12	0,92	0,94	1,00	1,01	0,24	-0,30
1992	-0,39	-0,16	0,37	-0,46	-1,34	-0,98	-0,96	-0,99	-1,56	-1,13	-0,84	-0,52
1993	-0,30	-0,44	-0,81	-0,71	-0,47	-1,05	-1,10	-0,97	-0,56	-1,36	-1,28	-1,53
1994	-1,58	-1,63	-1,61	-1,70	-1,81	-1,07	-1,06	-0,83	-1,09	-0,51	-0,47	-0,16
1995	0,52	0,15	1,05	1,38	1,11	0,67	0,88	0,75	0,91	0,59	0,65	0,27
1996	-0,62	-0,02	-0,42	-0,37	-0,16	-0,31	-0,56	-0,78	-0,32	-0,02	-0,78	-0,67
1997	-0,77	-0,91	-1,09	-0,62	-0,69	-0,44	-0,10	0,51	-0,11	0,43	0,68	1,29
1998	1,33	1,51	1,60	0,81	1,45	1,50	1,37	0,81	1,20	1,02	1,43	0,98
1999	0,96	1,53	1,26	1,25	0,50	0,80	0,58	0,75	0,30	-0,29	-0,39	-0,57
2000	-0,11	-0,74	-0,19	0,62	0,77	0,45	0,57	0,53	0,91	1,13	0,83	0,77
2001	0,10	-0,14	-0,73	-1,20	-0,72	-0,95	-1,08	-1,01	-1,21	-1,97	-1,14	0,25
2002	0,65	0,48	0,75	1,05	0,85	1,03	1,32	1,39	1,47	2,02	1,84	0,54
2003	0,55	1,04	0,60	0,49	0,45	0,29	-0,11	-0,37	-0,34	-0,26	-0,34	0,16
2004	0,83	0,60	0,80	0,34	0,16	0,45	0,47	0,67	0,16	-0,62	-0,47	-0,86
2005	-0,97	-0,95	-0,75	-0,81	-0,68	-0,85	-0,40	-0,61	0,16	0,27	0,40	0,72
2006	0,03	0,48	0,30	0,07	-0,14	0,20	-0,22	-0,23	-0,23	-0,25	-0,37	-0,86
2007	-0,69	-1,80	-1,69	-1,51	-1,45	-1,66	-1,49	-1,56	-2,28	-1,49	-1,34	-0,19
2008	-0,50	-0,29	0,22	0,27	0,35	0,22	0,12	0,11	1,00	0,58	0,08	-0,43
2009	0,04	0,92	0,90	0,82	0,78	0,66	0,67	0,68	0,18	0,18	0,32	0,51
2010	0,75	0,94	0,86	1,12	1,18	2,07	2,12	2,21	1,97	3,61	3,81	3,95
2011	3,67	2,82	2,40	2,50	2,44	1,76	1,56	1,76	1,52	-0,41	-0,67	-0,94
2012	-0,57	0,32	0,49	0,66	1,03	1,00	0,98	0,81	0,65	0,10	0,48	0,90
2013	0,80	0,61	0,56	0,20	-0,23	0,23	0,34	0,34	0,33	0,96	1,19	0,26
2014	-0,31	-0,96	-1,10	-0,46	0,17	0,61	0,46	0,84	1,57	1,13	1,33	2,37
2015	2,90	3,28	3,21	3,04	2,68	2,34	2,31	2,09	1,69	1,67	1,56	0,05
2016	0,12	0,18	0,16	-0,42	-0,23	-0,32	-0,43	-0,42	-0,92	-1,49	-1,48	-0,51
2017	-0,94	-1,59	-2,00	-1,75	-1,63	-1,29	-1,07	-1,14	-1,17	-0,69	-0,92	-0,81
2018	-1,00	-0,54	0,30	0,04	0,15	0,02	0,00	-0,02	0,21	0,30	0,45	0,40
2019	0,35	0,16	-0,73	-0,46	-0,83	-1,08	-0,98	-0,76	-0,97	-1,30	-1,69	-1,92

12 aylık zaman periyodunda SPI sonuçları değerlendirildiğinde; 1961 yılı -2,20 SPI değeriyle aşırı kurak, 1993 ve 2019 yılları şiddetli kurak, 1979, 1988, 1989 yılları orta kurak, 2010, 2014 yılları sırasıyla 3,95 ve 2,37 SPI değerleriyle aşırı nemli ve 1963, 1968,

1970, 1981, 1997 yılları orta nemli bulunmuştur. Çok nemli bir yıla rastlanmamış ve kalan kırk yedi yılın ise normal kuraklık seviyelerinde olduğu görülmüştür (Şekil 4.13., Çizelge 4.11.).



Şekil 4.14. 1 aylık zaman periyodunda SPEI değerleri

Çizelge 4.12. 1960 – 2019 yılları 1 aylık zaman ölçeğinde SPEI analiz sonuçları

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1960	0,89	-0,11	-0,15	0,09	0,75	1,85	1,01	0,17	-0,35	-1,39	-0,31	0,82
1961	0,05	-0,35	-0,58	-1,17	-0,41	0,59	0,22	-0,44	-0,07	-0,46	-1,00	-1,09
1962	-1,23	1,25	1,00	0,86	-1,51	-0,65	0,67	-0,85	-0,35	0,96	-0,61	1,87
1963	1,59	-0,54	0,64	0,56	1,32	0,24	-0,78	-0,85	-0,25	-0,41	-0,99	2,03
1964	-1,28	0,42	0,90	-0,87	0,82	-1,15	-0,02	1,26	1,51	-1,72	0,91	0,96
1965	-1,25	2,00	-0,46	0,77	0,47	-0,58	1,18	0,67	-1,06	-0,54	0,93	-0,60
1966	0,92	-1,91	1,67	0,83	-0,67	0,59	-1,09	1,60	-0,70	-1,29	-1,17	-0,08
1967	1,41	0,18	0,02	0,22	-0,33	0,05	0,28	-0,50	-0,46	0,77	0,33	0,11
1968	2,09	-0,14	0,41	-1,02	-1,54	0,16	-0,33	1,72	1,79	0,72	0,08	-0,49
1969	0,44	0,58	0,03	1,16	-0,89	0,24	1,21	-0,21	-1,35	-1,21	-1,32	0,67
1970	0,38	1,71	-0,46	0,46	1,09	-0,10	-0,64	0,28	0,64	0,60	-0,28	1,22
1971	-1,32	0,02	1,90	-0,57	-0,53	-0,45	1,04	0,81	-0,08	0,23	-0,15	0,67
1972	-1,01	-1,03	-1,03	0,12	0,32	0,09	0,17	1,75	1,51	0,93	-0,01	-1,64
1973	-0,68	0,47	0,36	1,24	0,55	1,07	-0,21	1,59	-0,72	0,63	1,23	0,57
1974	-0,59	-1,04	0,17	0,47	1,68	-0,61	0,56	1,54	0,57	-1,41	0,58	0,72
1975	-0,32	0,10	0,35	-0,66	1,41	1,17	-0,56	0,26	-1,03	-0,06	-0,04	0,45
1976	-0,10	-1,16	-1,03	-0,48	0,85	0,40	1,04	1,55	0,79	0,28	-0,81	0,37
1977	-0,67	-1,77	-0,16	0,70	-1,16	-0,68	-0,74	-0,81	-0,14	-0,24	1,26	0,82
1978	0,51	0,26	-0,40	0,52	-0,24	-0,85	-0,17	0,63	1,71	0,15	-0,88	-0,51
1979	0,58	-0,66	-1,77	0,05	-0,25	-1,35	0,07	0,95	0,03	-0,39	0,27	-0,52
1980	1,42	0,10	1,28	-0,07	0,09	0,66	0,62	-0,12	-0,16	-1,02	1,23	0,91
1981	1,56	0,00	-0,31	-1,60	1,60	-1,40	1,40	0,18	1,24	-0,20	-0,21	1,72
1982	0,84	-0,45	-0,57	1,19	1,31	-0,86	2,24	0,35	-1,40	-0,65	-1,40	-0,38
1983	0,36	1,03	-1,65	-0,31	0,00	0,71	0,80	0,73	-0,17	-0,10	1,27	-1,02
1984	0,04	-0,13	0,81	1,18	-0,44	0,00	2,26	0,50	-1,35	-1,55	-0,22	-1,60
1985	0,33	0,48	-0,91	-1,06	-0,27	0,13	0,23	-0,67	-0,63	0,68	1,08	-1,33
1986	0,97	0,74	-1,70	-0,98	-0,62	1,30	-0,33	-1,24	-1,35	-0,02	-0,28	0,83
1987	1,61	-1,32	1,09	-0,26	0,64	0,82	0,61	0,97	-1,35	0,28	0,42	0,75
1988	-1,70	-0,28	0,17	0,07	-0,84	-0,34	-1,62	-0,71	-0,65	0,01	1,74	-0,36
1989	-1,14	-1,76	-1,50	-2,01	0,12	0,60	-0,22	-0,40	-0,70	1,68	1,14	-0,05
1990	-1,01	-0,31	-1,24	0,14	1,01	-0,11	1,26	-0,21	0,88	0,47	1,47	0,42
1991	-1,19	-0,36	-1,37	1,84	2,08	0,07	0,61	-0,37	1,14	0,68	-1,46	-0,77
1992	-1,17	0,60	0,59	-0,56	0,13	1,24	1,16	-0,85	-0,76	0,94	0,13	0,00
1993	-0,43	0,12	-0,87	-0,12	0,75	-0,98	0,12	0,34	0,33	-1,27	0,94	-0,93
1994	-0,59	-0,10	-1,28	-0,95	-0,45	1,72	-0,86	1,00	-2,18	0,20	1,28	0,08
1995	1,29	-1,66	2,00	0,80	-1,60	-1,18	0,99	0,68	-0,04	-0,21	1,38	-1,21
1996	-0,73	0,51	1,20	1,21	-1,12	-1,14	-0,91	-0,38	1,23	0,62	-1,33	-1,13
1997	-1,00	0,33	0,40	2,09	-1,02	0,16	1,23	2,18	-0,37	1,57	-0,55	0,85
1998	-0,94	0,67	1,06	-1,15	1,72	0,13	0,60	-1,09	0,87	1,32	0,51	-0,36
1999	-1,19	1,94	-0,16	-1,06	-1,63	1,17	-1,44	0,02	-0,83	-0,20	0,45	-1,12
2000	0,53	0,83	1,66	1,48	-0,60	0,05	-0,35	0,07	0,91	0,89	-1,45	-1,12
2001	-1,94	-0,05	-1,37	0,45	1,02	-1,46	-1,99	0,12	-0,03	-1,77	1,69	1,88
2002	-0,28	-0,87	0,39	1,61	0,36	-0,55	0,79	0,64	0,77	1,08	-0,17	-1,45
2003	-0,61	1,13	-0,61	1,51	-0,12	-1,94	-1,09	-1,09	0,99	1,08	-0,17	-0,20
2004	1,42	0,28	-0,29	-0,36	-0,60	0,10	-0,45	0,74	-1,14	-1,43	0,67	-1,21
2005	1,30	0,30	0,33	-0,70	-0,22	-0,20	1,56	-0,84	1,30	-0,37	1,10	-0,40
2006	-0,34	1,49	-0,47	-1,52	-1,46	1,00	-0,35	-1,52	1,30	-0,98	1,08	-1,46
2007	0,09	-1,38	-0,44	-1,03	-1,73	-0,19	-1,06	-1,48	-1,16	0,65	1,72	1,10
2008	-0,45	-0,50	1,02	-1,02	-0,83	-0,77	-1,15	-1,49	1,80	-0,60	-0,43	-0,23
2009	0,76	1,77	1,46	-0,87	-1,17	-1,74	-1,20	-0,58	0,91	-0,82	0,29	0,14
2010	1,28	1,95	1,29	-0,06	-0,86	2,24	0,18	-2,00	0,34	2,84	-1,83	0,80
2011	-0,20	-1,38	0,03	0,72	-0,24	-0,73	-1,43	0,91	-0,29	1,19	-1,52	0,35
2012	0,96	1,42	0,84	0,63	1,09	-2,20	-1,61	-0,75	-0,88	-1,16	-0,82	1,30
2013	0,48	0,52	0,24	-0,42	-1,23	0,93	0,41	-1,18	-0,50	1,27	-0,25	-1,00
2014	-1,31	-1,40	-0,40	1,26	1,43	2,05	-1,13	0,90	1,86	0,30	0,02	1,70
2015	0,72	0,13	0,24	1,01	-0,16	0,77	-0,32	-1,19	0,99	0,60	-1,49	-1,98
2016	0,94	-0,06	-0,14	-1,61	0,77	-0,66	-1,42	-0,95	-0,27	-1,29	-0,69	0,36
2017	0,17	-1,55	-1,48	-0,39	1,06	1,17	-0,43	-0,82	-1,15	0,20	-1,05	0,20
2018	-0,35	-0,15	0,98	-1,72	1,02	0,60	-0,63	-1,32	0,08	0,26	-0,73	0,27
2019	-0,46	-0,63	-1,69	-0,40	-0,27	-0,76	0,42	0,50	-0,91	-1,15	-1,51	-0,44

1 aylık zaman periyodunda elde edilen SPEI verilerine trend analizi yapılmış, %1 ve %5 düzeyinde anlamlı değerlere rastlanmıştır. %1 önem düzeyinde yalnızca ağustos ayı için anlamlı bulunan, kuraklık yönünde bir eğilim görülürken, %5 önem düzeyinde temmuz

ve ağustos ayları için kuraklık yönünde bir eğilim olduğu görülmektedir. Ocak, şubat, eylül, ekim ayları dışında kalan tüm aylarda, istatistiksel açıdan anlamlı olmasa da, kuraklık yönünde bir eğilim gözlenmiştir (Şekil 4.14, Çizelge 4.12.).

Çizelge 4.13. Bursa’da 1960 – 2019 yılları arasında SPEI aylık kuraklık düzeylerinin görülme frekansı

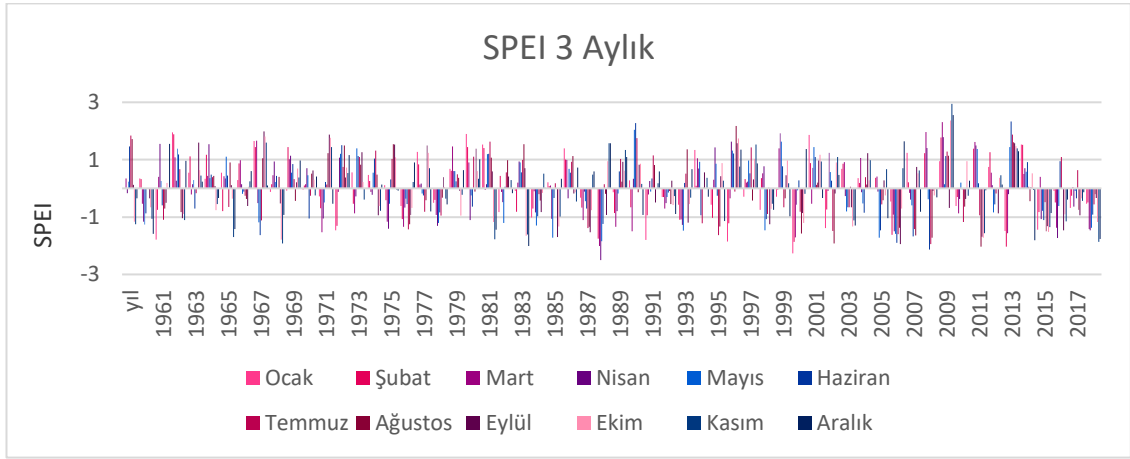
Kuraklık Düzeyi	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Aşırı Kurak	-	-	-	1	-	1	-	1	1	-	-	-
Şiddetli Kurak	2	5	5	4	5	2	3	1	-	3	3	3
Orta Kurak	11	7	7	7	6	6	9	8	10	10	8	10
Normal	37	38	37	36	35	40	36	42	38	39	35	39
Orta Nemli	6	5	7	8	10	7	9	1	5	5	11	3
Çok Nemli	3	4	4	3	3	2	1	6	6	2	3	4
Aşırı Nemli	1	1	-	1	1	2	2	1	-	1	-	1

SPEI sonuçları değerlendirildiğinde yalnızca nisan, haziran, ağustos ve eylül aylarında aşırı kurak dönemlere rastlanmıştır (Çizelge 4.13.). Kuraklık genellikle normal seviyelerde seyretmiş, aşırı nemli ayların aşırı kurak aylardan daha fazla olduğu görülmüştür. Çizelge 4.14.’de verilen değerlere göre; normal kuraklık seviyesi dışında %13,75 ile görülme yüzdesi en çok orta kurak kuraklık düzeyindedir ve bunu %10,69 ile orta nemli kuraklık düzey izlemektedir.

Çizelge 4.14. SPEI kuraklık düzeylerine göre görülme yüzdeleri ve görüldüğü ay sayısı

Kuraklık Düzeyi	Görüldüğü Ay	Görülme Yüzdesi (%)
Aşırı Kurak	4	0,55
Şiddetli Kurak	36	5
Orta Kurak	99	13,75
Aşırı Nemli	11	1,53
Çok Nemli	41	5,69
Orta Nemli	77	10,69
Normal	452	62,77

1960 – 1989 yılları arası elli yedi ay kurak dönem yaşanmışken, altmış ay nemli döneme rastlanmış, kurak dönemlerin bir ayının aşırı kurak, nemli dönemlerin ise beş ayının aşırı nemli geçtiği görülmüştür (Çizelge 4.12.). 1990 – 2019 yılları arası seksen iki ay kurak dönem yaşanmışken, altmış dokuz ay nemli döneme rastlanmış, kurak dönemlerin üç ayının aşırı kurak, nemli dönemlerin ise altı ayının aşırı nemli geçtiği görülmüştür (Şekil 4.14., Çizelge 4.12.).



Şekil 4.15. 3 aylık zaman periyodunda SPEI değerleri

Çizelge 4.15. 1960 – 2019 yılları 3 aylık zaman ölçeğinde SPEI analiz sonuçları

yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1960			0,34	-0,17	0,23	1,46	1,84	1,72	0,12	-1,16	-1,25	-0,35
1961	0,34	0,32	-0,54	-1,17	-1,26	-0,88	-0,02	-0,02	-0,35	-0,66	-1,06	-1,59
1962	-1,79	-0,75	0,40	1,55	0,25	-0,59	-1,09	-0,70	-0,51	0,19	-0,01	1,55
1963	1,96	1,89	1,08	0,27	1,38	1,18	0,66	-0,83	-1,04	-0,89	-1,11	0,96
1964	0,55	1,11	-0,22	0,14	0,29	-0,70	-0,17	0,01	1,59	0,63	0,45	0,23
1965	0,33	1,17	0,43	1,54	0,35	0,48	0,40	0,44	0,08	-0,76	-0,55	-0,33
1966	0,54	-0,79	0,43	0,35	1,11	0,44	-0,65	0,90	0,12	-0,36	-1,70	-1,41
1967	0,29	0,87	0,98	0,15	-0,19	-0,11	-0,26	-0,37	-0,62	0,05	0,25	0,60
1968	1,65	1,44	1,66	-0,52	-1,18	-1,63	-1,12	1,05	1,99	1,81	1,59	0,10
1969	-0,12	0,15	0,46	0,94	0,23	0,43	-0,01	0,41	-0,53	-1,78	-1,92	-0,93
1970	-0,08	1,43	1,01	1,14	0,54	0,85	0,32	-0,43	0,21	0,69	0,37	0,97
1971	-0,04	0,10	0,14	0,70	0,46	-1,05	-0,26	0,51	0,63	0,30	-0,24	0,41
1972	-0,27	-0,70	-1,53	-1,05	-0,49	0,22	0,13	1,22	1,87	1,76	1,44	-0,54
1973	-1,46	-1,31	-0,12	1,07	1,21	1,50	0,74	1,49	0,38	0,72	0,53	1,16
1974	0,55	-0,54	-0,87	-0,27	1,39	1,13	1,09	0,83	1,26	0,22	-0,39	-0,01
1975	0,47	0,25	-0,12	-0,22	0,54	1,04	1,32	0,48	-0,93	-0,61	-0,78	0,14
1976	0,11	-0,41	-1,16	-1,40	-0,54	0,32	1,03	1,54	1,53	1,08	-0,04	-0,08
1977	-0,62	-1,08	-1,34	-0,67	-0,36	-0,55	-1,42	-1,25	-0,93	-0,69	0,22	0,90
1978	1,27	0,84	0,13	0,16	-0,18	-0,25	-0,81	-0,42	1,49	1,24	0,71	-0,81
1979	-0,50	-0,40	-0,93	-1,30	-1,20	-0,84	-0,95	-0,33	0,39	0,05	-0,35	-0,56
1980	0,68	0,61	1,46	0,60	0,61	0,25	0,49	0,37	-0,09	-0,95	-0,22	0,63
1981	1,90	1,44	0,91	-1,11	-0,25	-0,63	1,10	-0,11	1,38	0,60	0,33	1,02
1982	1,53	1,40	-0,05	0,15	1,19	1,20	1,62	1,07	0,59	-1,18	-1,78	-1,44
1983	-0,82	0,43	-0,12	-0,48	-1,21	0,06	0,55	0,98	0,42	0,01	0,29	-0,17
1984	-0,09	-0,81	0,20	0,94	0,91	0,56	0,99	1,54	0,70	-1,65	-1,61	-2,01
1985	-1,02	-0,71	-0,10	-0,84	-1,30	-0,97	-0,20	-0,42	-0,82	-0,16	0,51	0,02
1986	0,21	0,08	0,10	-1,06	-1,72	-0,33	0,18	-0,02	-1,70	-1,33	-0,98	0,33
1987	1,40	1,00	0,99	-0,35	0,68	0,55	0,93	1,12	-0,18	-0,14	-0,46	0,73
1988	-0,33	-0,67	-1,11	-0,11	-0,44	-0,70	-1,38	-1,34	-1,53	-0,75	0,48	0,59
1989	-0,02	-1,75	-2,00	-2,50	-1,84	-1,24	0,14	-0,19	-0,93	0,95	1,57	1,58
1990	-0,13	-0,86	-1,34	-0,79	-0,18	0,59	1,02	0,24	0,93	0,62	1,34	1,10
1991	0,28	-0,66	-1,49	0,33	2,04	2,28	1,75	-0,13	0,82	0,86	0,16	-0,93
1992	-1,80	-0,94	-0,21	0,26	-0,12	0,34	1,15	0,81	-0,49	-0,02	0,18	0,59
1993	-0,30	-0,30	-0,71	-0,52	-0,30	-0,14	-0,09	-0,55	0,26	-0,58	-0,26	-0,89
1994	-0,56	-1,09	-1,08	-1,27	-1,47	0,19	0,52	1,37	-1,20	-0,55	-0,32	0,67
1995	1,34	0,08	1,05	0,69	0,92	-0,94	-1,21	0,03	0,56	-0,02	0,36	-0,29
1996	-0,57	-1,03	0,30	1,43	0,86	-0,26	-1,63	-1,33	0,43	0,89	0,27	-1,14
1997	-1,85	-1,22	-0,35	1,63	1,32	1,21	-0,11	2,18	1,58	1,74	0,76	1,35
1998	-0,29	0,32	0,20	0,23	0,97	0,52	1,43	-0,43	0,31	1,02	1,53	0,87
1999	-0,75	0,36	0,52	0,77	-1,46	-1,07	-0,89	0,03	-1,25	-0,72	-0,53	-0,75
2000	-0,29	-0,04	1,39	1,92	1,63	0,77	-0,66	-0,35	0,45	0,97	0,17	-0,97
2001	-2,26	-1,86	-1,71	-0,56	-0,07	0,27	-0,82	-1,57	-0,86	-1,21	-0,19	1,37
2002	1,86	0,88	-0,54	0,72	1,44	1,09	0,12	0,20	0,97	1,17	0,94	-0,33
2003	-1,38	-0,73	-0,09	1,24	0,56	0,26	-1,49	-1,92	-0,18	0,90	1,09	0,46
2004	0,68	0,86	0,91	-0,26	-0,80	-0,66	-0,66	0,05	-0,66	-1,32	-1,12	-1,29
2005	0,36	0,19	1,06	-0,14	-0,52	-0,85	0,40	0,14	1,23	0,28	0,98	-0,02
2006	-0,01	0,36	0,42	-0,12	-1,72	-1,46	-0,56	-0,41	0,28	-0,25	0,67	-1,04
2007	-0,45	-1,62	-0,91	-1,50	-1,58	-1,90	-1,60	-1,37	-1,94	-0,71	0,70	1,64
2008	1,24	0,21	-0,16	-0,39	-0,60	-1,67	-1,41	-1,64	0,75	0,52	0,62	-0,82
2009	0,02	1,23	1,97	1,40	-0,38	-2,13	-1,94	-1,72	-0,10	-0,24	-0,02	-0,31
2010	0,95	1,78	2,31	1,79	0,14	1,12	1,28	1,14	-0,68	2,36	2,94	2,56
2011	-0,61	-0,31	-0,87	-0,37	0,19	-0,04	-1,18	-0,63	-0,36	0,95	-0,26	0,26
2012	0,00	1,38	1,62	1,49	1,37	0,18	-0,94	-2,03	-1,69	-1,72	-1,56	-0,07
2013	0,75	1,26	0,54	0,11	-0,84	-0,56	-0,18	0,00	-0,87	0,36	0,46	0,14
2014	-1,48	-2,03	-1,56	-0,20	1,44	2,33	1,87	1,60	1,57	1,48	1,40	1,29
2015	1,53	1,51	0,50	0,70	0,58	0,91	0,05	-0,45	0,05	0,52	-0,06	-1,81
2016	-1,44	-0,82	0,41	-1,07	-0,79	-1,10	-0,48	-1,50	-1,32	-1,52	-1,35	-0,86
2017	-0,10	-0,50	-1,37	-1,73	-0,61	0,95	1,09	0,00	-1,46	-0,90	-1,15	-0,39
2018	-0,68	-0,26	0,05	-0,64	-0,09	-0,35	0,64	-0,74	-0,94	-0,35	-0,44	-0,13
2019	-0,54	-0,50	-1,42	-1,46	-1,37	-0,92	-0,56	-0,20	-0,33	-1,17	-1,86	-1,76

3 aylık zaman periyodunda elde edilen SPEI verilerine trend analizi yapılmış fakat anlamlı trend bulunmamıştır. İstatistiksel açıdan anlamlı olmasa da, tüm mevsimler için kuraklık yönünde bir eğilime rastlanmıştır.

Mevsimsel kuraklık düzeylerinin görülme frekansına göre (Çizelge 4.16.) en fazla nemli dönem ilkbahar aylarında görülmüşken, kış, yaz ve sonbahar aylarında nemli dönem görülme frekansı birbirine yakındır. En fazla kurak dönem ise kış aylarında görülmüş, ilkbahar, yaz ve sonbahar aylarında kurak dönem görülme frekansının birbirine yakın olduğu saptanmıştır.

Kış mevsimleri incelendiğinde bir aşırı kurak mevsimle beraber toplam on iki kurak, on nemli kış mevsimi geçirildiği görülmüştür. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerde birer aşırı kurak mevsime rastlanırken, aşırı kurak geçen yaz mevsimi görülmemiştir. Dokuz kurak, on bir nemli ilkbahar, dokuz kurak, on nemli yaz ve dokuz kurak, on nemli sonbahar mevsimi yaşanmıştır (Şekil 4.15., Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.16. Bursa’da 1960 – 2019 yılları arasında 3 aylık zaman periyodunda mevsimsel SPEI kuraklık düzeylerinin görülme frekansı

Kuraklık Düzeyi	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Aşırı Kurak	1	1	-	1
Şiddetli Kurak	3	3	4	3
Orta Kurak	8	5	5	5
Normal	38	40	41	41
Orta Nemli	6	8	4	6
Çok Nemli	3	1	6	3
Aşırı Nemli	1	2	-	1

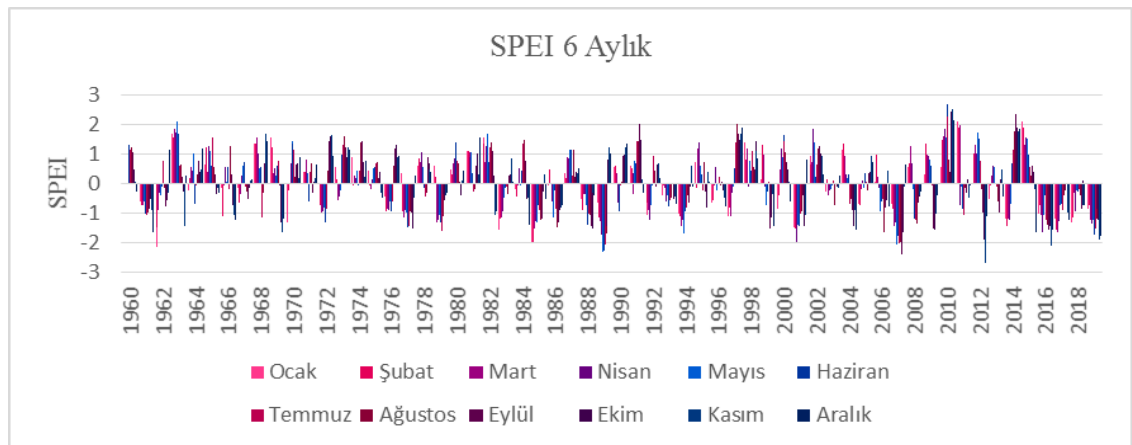
SPEI sonuçları değerlendirildiğinde, Çizelge 4.17.’de verildiği üzere, üç mevsim aşırı kurak (%1,25), on üç mevsim şiddetli kurak (%5,42), yirmi üç mevsim orta kurak (%9,58), dört mevsim aşırı nemli (%1,66), on üç mevsim çok nemli (%5,42), yirmi dört mevsim orta nemli (%10) ve geriye kalan yüz altmış mevsim normal (%66,67) kuraklık seviyelerinde bulunmuştur.

Çizelge 4.17. SPEI kuraklık düzeylerine göre görülme yüzdeleri ve mevsim sayıları

Kuraklık Düzeyi	Görüldüğü Mevsim Sayısı	Görülme Yüzdesi (%)
Aşırı Kurak	3	1,25
Şiddetli Kurak	13	5,42
Orta Kurak	23	9,58
Aşırı Nemli	4	1,66
Çok Nemli	13	5,42
Orta Nemli	24	10
Normal	160	66,67

1960 – 1989 yılları arası on beş mevsim kurak geçerken, yirmi bir mevsim nemli geçmiştir. Kurak dönemlerin üçü aşırı kurak geçerken aşırı nemli mevsim görülmemiştir. 1990 – 2019 yılları arası yirmi dört mevsim kurak geçerken, yirmi mevsim nemli geçmiştir. Kurak dönemlerde bir mevsimin aşırı kurak, nemli dönemlerde ise dört mevsimin aşırı nemli geçtiği görülmüştür (Şekil 4.15, Çizelge 4.15.).

1988 – 1991 yılları arası kış mevsimlerinin ve 2006 – 2009 yılları arası ilkbahar mevsimlerinin kurak geçtiği görülmüştür. 1997, 2010 ve 2014 yıllarının ise nemli dönemler olduğu söylenebilir (Şekil 4.15., Çizelge 4.15.).



Şekil 4.16. 6 aylık zaman periyodunda SPEI değerleri

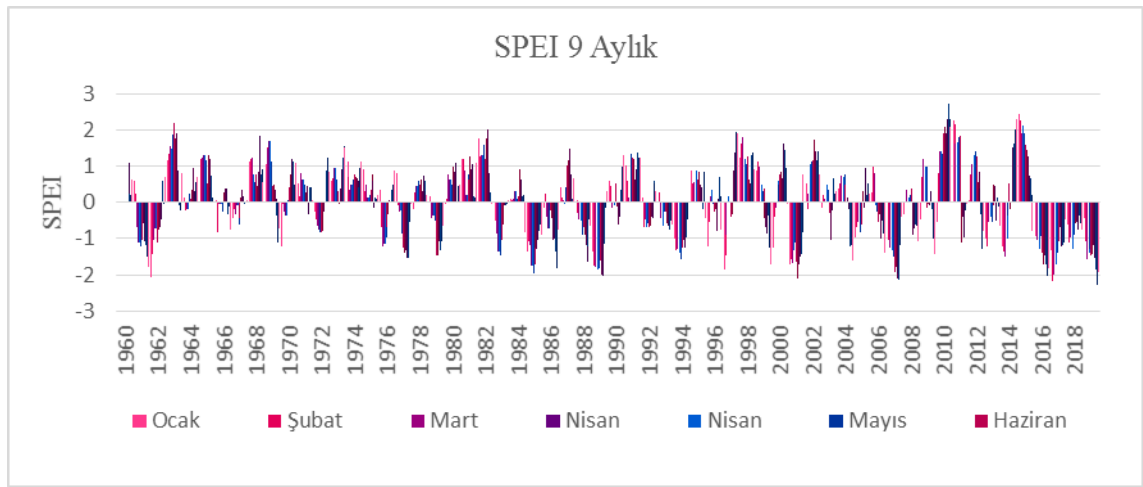
Çizelge 4.18. 1960 – 2019 yılları 6 aylık zaman ölçeğinde SPEI analiz sonuçları

yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1960						1,31	1,16	1,21	1,07	0,46	0,05	-0,29
1961	-0,59	-0,72	-0,72	-0,57	-0,58	-1,04	-1,04	-0,99	-0,85	-0,53	-0,90	-1,64
1962	-2,13	-1,48	-0,91	-0,33	-0,39	-0,10	0,75	-0,13	-0,76	-0,55	-0,31	1,15
1963	1,67	1,58	1,86	1,72	2,11	1,67	0,60	0,63	0,24	-0,25	-1,42	0,29
1964	-0,23	0,20	0,55	0,45	1,04	-0,69	-0,05	0,30	0,77	0,40	0,47	1,19
1965	0,65	1,22	0,41	1,27	1,12	0,61	1,57	0,57	0,32	-0,34	-0,13	-0,29
1966	-0,15	-1,08	0,00	0,58	0,08	0,58	-0,17	1,28	0,32	-0,71	-1,06	-1,22
1967	-0,13	-0,63	-0,35	0,26	0,59	0,73	-0,10	-0,27	-0,51	-0,14	0,11	0,15
1968	1,34	1,33	1,57	1,00	0,51	0,55	-1,14	-0,30	0,70	1,24	1,69	1,42
1969	1,56	1,22	0,34	0,51	0,25	0,60	0,77	0,47	-0,07	-1,30	-1,63	-1,17
1970	-1,30	-0,22	0,03	0,69	1,42	1,37	1,15	0,24	0,66	0,69	0,18	0,91
1971	0,41	0,39	0,81	0,39	0,35	-0,60	0,39	0,68	-0,30	0,07	0,18	0,66
1972	-0,13	-0,74	-0,96	-0,92	-0,79	-1,30	-0,87	0,42	1,45	1,59	1,66	0,95
1973	0,57	0,13	-0,55	-0,43	-0,24	0,97	1,33	1,61	1,22	0,91	1,24	1,15
1974	0,89	0,00	0,26	0,19	0,44	-0,06	0,44	1,41	1,45	0,75	0,24	0,78
1975	0,44	-0,04	-0,17	0,16	0,51	0,55	0,67	0,72	0,17	0,38	-0,32	-0,47
1976	-0,46	-0,94	-0,86	-0,90	-0,62	-0,92	-0,61	0,60	1,21	1,31	0,91	0,93
1977	0,34	-0,92	-1,15	-0,91	-0,98	-1,49	-1,42	-0,93	-0,99	-1,50	-0,46	0,28
1978	0,59	0,85	0,74	1,05	0,56	-0,13	-0,43	-0,29	0,90	0,68	0,46	0,39
1979	0,62	0,25	-1,29	-1,22	-1,05	-1,31	-1,60	-1,10	-0,33	-0,58	-0,39	-0,29
1980	0,50	0,30	0,69	0,85	0,80	1,41	0,77	0,71	0,06	-0,41	0,12	0,45
1981	1,11	1,10	1,05	0,90	1,06	0,35	-0,28	-0,17	0,60	1,00	0,31	1,55
1982	1,54	1,34	0,72	1,27	1,67	0,75	1,21	1,40	1,11	0,28	-1,04	-0,93
1983	-1,58	-1,17	-1,16	-0,93	-0,46	-0,16	-0,12	-0,37	0,26	0,30	0,84	0,06
1984	-0,20	-0,41	-0,06	0,53	-0,05	0,45	1,37	1,48	0,76	-0,52	-0,49	-1,39
1985	-1,97	-1,98	-1,52	-1,27	-1,32	-0,74	-0,87	-1,24	-1,19	-0,27	0,30	-0,51
1986	-0,06	0,46	0,02	-0,59	-1,14	-0,22	-0,85	-1,46	-1,31	-0,87	-0,81	-0,73
1987	0,36	0,19	0,90	0,86	1,13	1,15	0,26	1,13	0,22	0,42	0,36	0,50
1988	-0,51	-0,90	-0,34	-0,36	-0,74	-1,38	-1,00	-1,05	-1,44	-1,51	-0,29	-0,38
1989	-0,66	-1,14	-1,27	-1,74	-2,32	-2,25	-2,05	-1,66	-1,43	0,82	1,24	1,01
1990	0,58	0,59	0,34	-0,66	-0,73	-0,91	-0,06	0,08	0,93	0,97	1,24	1,36
1991	0,59	0,54	-0,34	0,37	0,77	0,68	1,45	1,43	2,01	1,49	0,16	-0,30
1992	-1,06	-0,64	-0,88	-1,24	-0,74	-0,06	0,93	0,45	-0,12	0,63	0,67	0,20
1993	-0,40	-0,07	-0,14	-0,60	-0,39	-0,79	-0,55	-0,46	0,03	-0,52	-0,44	-0,67
1994	-1,01	-1,11	-1,45	-1,23	-1,68	-0,92	-0,83	-0,39	-0,65	-0,11	0,61	-0,09
1995	0,73	-0,13	1,18	1,41	0,59	0,30	-0,23	0,74	-0,27	-0,81	0,41	0,05
1996	-0,63	-0,55	-0,07	0,57	-0,24	0,01	0,24	-0,07	0,07	-0,22	-0,47	-0,77
1997	-1,09	-0,80	-1,11	-0,31	-0,11	0,50	1,39	2,01	1,69	1,49	1,70	1,88
1998	1,38	0,80	1,19	-0,11	0,79	0,43	1,11	0,55	0,49	1,43	1,12	0,87
1999	0,16	1,30	0,98	-0,09	-0,71	-0,28	0,06	-1,16	-1,50	-1,14	-0,35	-1,42
2000	-0,86	-0,41	0,49	1,20	0,91	1,65	1,43	1,05	0,74	0,47	0,05	-0,60
2001	-1,46	-1,50	-1,93	-1,96	-1,39	-1,42	-1,01	-0,93	-0,39	-1,44	-1,06	0,82
2002	0,94	0,64	0,73	1,85	1,41	0,22	0,64	1,17	1,25	1,01	0,93	0,31
2003	-0,26	0,16	-0,38	-0,23	-0,20	-0,01	0,12	-0,73	0,02	-0,10	-0,15	0,26
2004	1,13	1,34	0,93	0,30	0,20	0,33	-0,69	-0,53	-0,90	-1,42	-0,91	-1,56
2005	-0,67	-0,71	-0,19	0,13	-0,16	0,37	0,07	-0,25	0,34	0,41	0,93	0,75
2006	0,08	0,97	0,22	-0,14	-0,94	-0,61	-0,51	-1,64	-0,83	-0,56	0,43	-0,78
2007	-0,70	-0,85	-1,42	-1,31	-2,07	-1,77	-2,03	-1,99	-2,41	-1,65	-0,11	0,64
2008	0,55	0,69	1,26	0,70	-0,19	-1,17	-1,21	-1,36	-0,62	-0,45	-0,38	-0,26
2009	0,31	1,35	0,98	0,96	0,80	0,61	-0,04	-1,25	-1,53	-1,57	-1,03	-0,38
2010	0,55	1,48	1,58	1,84	1,55	2,69	2,26	0,82	0,39	2,44	2,51	2,16
2011	2,09	1,91	1,97	-0,72	-0,10	-0,87	-1,06	-0,13	-0,30	0,16	-0,49	-0,03
2012	0,68	1,03	1,33	1,01	1,73	1,53	0,78	-0,20	-0,96	-1,88	-2,69	-1,09
2013	-0,54	-0,06	0,28	0,59	0,55	0,04	-0,09	-0,60	-0,96	0,16	0,47	-0,43
2014	-1,19	-1,44	-1,19	-1,24	-0,69	0,68	1,16	1,78	2,35	1,92	1,78	1,83
2015	2,12	1,88	1,31	1,57	1,50	0,98	0,58	0,26	0,61	0,41	-0,20	-1,62
2016	-1,01	-0,71	-1,07	-1,66	-1,06	-0,40	-1,20	-1,41	-1,57	-1,43	-2,08	-1,55
2017	-1,17	-1,54	-1,63	-1,25	-0,73	-0,70	-0,89	-0,40	-0,22	0,04	-0,98	-1,24
2018	-1,31	-1,15	-0,32	-0,93	-0,23	-0,27	-0,20	-0,41	-0,86	0,10	-0,73	-0,71
2019	-0,84	-0,73	-1,24	-1,33	-1,24	-1,71	-1,54	-1,19	-0,86	-1,24	-1,89	-1,79

6 aylık zaman periyodunda elde edilen SPEI verilerine trend analizi yapılmış ve ikinci 6 aylık dönemler için SPEI değerleri %5 önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Buna göre ikinci 6 aylık dönemlerde, kuraklık doğrultusunda bir trend olduğu görülmüştür. Ayrıca,

istatistiksel açıdan anlamlı olmasa da, birinci 6 aylık dönemlerin de kuraklık yönünde bir eğilim gösterdiği söylenebilir (Şekil 4.16.).

SPEI sonuçları değerlendirildiğinde; on yılın ilk yarısının, on bir yılın da ikinci yarısının kurak, sekiz yılın ilk yarısının nemli, on yılın ise ikinci yarısının nemli geçtiği söylenebilir. Ayrıca 1961 yılı kurak, 2010 yılı aşırı nemli, 2019 yılı ise aşırı kurak bir yıl olmuştur. 1960 – 1989 yılları arası on kurak, on bir nemli dönem görülürken, 1990 – 2019 yılları arası on bir kurak, yedi nemli döneme rastlanmıştır (Şekil 4.16., Çizelge 4.18.).



Şekil 4.17. 9 aylık zaman periyodunda SPEI değerleri

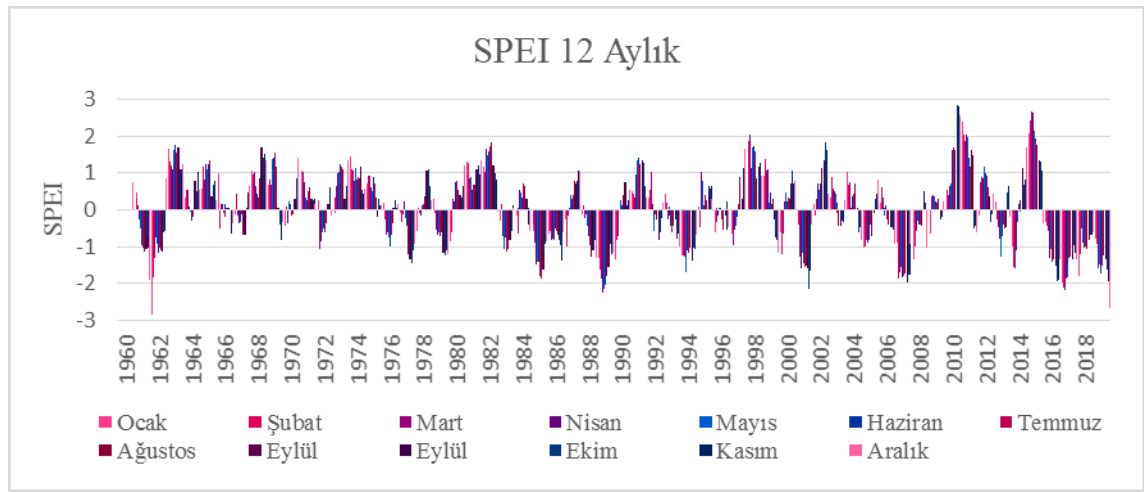
Çizelge 4.19. 1960 – 2019 yılları 9 aylık zaman ölçeğinde SPEI analiz sonuçları

yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1960									1,09	0,23	0,21	0,62
1961	0,59	0,22	-0,68	-1,10	-1,22	-1,05	-0,51	-0,58	-1,07	-1,19	-1,50	-1,80
1962	-2,05	-1,42	-1,05	-0,72	-0,96	-1,09	-0,75	-0,67	-0,46	0,60	-0,06	0,72
1963	1,17	1,36	1,56	1,48	1,88	2,21	1,77	1,90	0,88	-0,07	-0,22	0,82
1964	0,14	-0,23	0,00	-0,18	0,25	0,11	0,36	0,95	0,32	0,35	0,56	0,70
1965	0,52	1,20	1,22	1,32	1,16	0,54	1,30	1,19	0,40	0,72	0,13	0,01
1966	0,07	-0,83	-0,03	0,00	-0,27	0,15	0,27	0,38	0,39	-0,35	-0,12	-0,76
1967	-0,45	-0,18	-0,33	-0,10	-0,60	-0,43	0,14	0,34	0,16	-0,06	0,01	0,06
1968	1,14	1,19	1,22	0,76	0,54	0,76	0,46	0,84	1,85	0,76	0,91	0,57
1969	1,04	1,53	1,46	1,70	1,11	0,44	0,47	0,33	0,09	-0,36	-1,10	-0,73
1970	-1,22	-0,04	-0,27	-0,35	0,06	0,40	0,77	1,20	1,20	1,12	0,47	1,08
1971	0,53	0,15	0,79	0,62	0,48	0,20	0,26	0,46	-0,31	0,43	0,43	0,06
1972	-0,25	-0,48	-0,66	-0,75	-0,83	-0,82	-0,78	-0,26	0,00	0,88	1,24	0,85
1973	0,58	0,66	0,66	0,96	0,64	0,33	-0,04	0,37	0,91	1,25	1,55	1,53
1974	1,12	0,69	0,36	0,47	0,64	0,77	0,69	0,68	0,59	0,42	0,96	1,11
1975	0,92	0,32	0,50	0,12	0,19	0,34	0,78	0,60	-0,14	0,12	0,10	0,21
1976	0,34	-0,68	-1,23	-1,14	-0,98	-0,68	-0,34	0,05	0,04	0,33	0,49	0,88
1977	0,81	-0,07	-0,24	-0,21	-0,87	-1,27	-1,39	-1,31	-1,55	-1,52	-0,54	-0,04
1978	-0,18	0,26	0,23	0,45	0,58	0,50	0,64	0,29	0,74	0,60	0,30	0,19
1979	0,18	0,02	-0,43	-0,36	-0,52	-1,48	-1,46	-1,06	-1,01	-1,31	-1,09	-0,66
1980	-0,01	0,11	0,76	0,63	0,47	0,67	0,98	0,85	1,08	0,03	0,46	0,47
1981	1,20	1,19	0,89	0,19	0,79	0,63	1,27	0,92	1,05	0,17	0,14	1,08
1982	1,77	1,28	1,32	1,30	1,59	1,21	1,78	2,00	0,82	0,26	-0,05	-0,03
1983	-0,50	-0,58	-0,87	-1,37	-1,46	-1,05	-0,61	-0,08	-0,07	-0,10	-0,04	0,07
1984	0,11	0,06	0,09	0,32	0,10	0,16	0,92	0,57	0,63	0,18	0,19	-0,83
1985	-1,36	-1,06	-1,18	-1,76	-1,95	-1,70	-1,24	-1,30	-1,03	-0,78	-0,61	-0,91
1986	-0,15	0,24	-0,42	-0,71	-0,72	-0,21	-0,45	-1,04	-1,00	-1,35	-1,81	-0,77
1987	0,42	0,15	0,05	-0,01	0,43	1,02	1,17	1,47	0,77	0,08	0,67	0,65
1988	0,05	-0,29	-0,46	-0,51	-0,90	-0,68	-0,91	-1,17	-1,64	-1,20	-0,47	-0,67
1989	-1,35	-1,75	-1,78	-1,85	-1,81	-1,59	-1,58	-1,99	-2,04	-1,14	-0,17	0,31
1990	0,60	0,46	-0,15	-0,08	0,34	0,54	-0,11	-0,61	-0,41	0,33	0,97	1,32
1991	1,01	0,60	0,11	0,55	1,34	1,22	1,19	0,62	0,91	1,39	1,24	1,22
1992	0,12	-0,70	-0,47	-0,69	-0,57	-0,68	-0,63	-0,40	-0,42	0,60	0,51	0,32
1993	0,28	0,28	-0,42	-0,64	-0,26	-0,26	-0,57	-0,61	-0,65	-0,75	-0,50	-0,62
1994	-0,99	-1,33	-1,30	-1,40	-1,58	-1,25	-0,93	-1,02	-1,26	-0,95	-0,48	0,01
1995	0,89	0,51	0,58	0,86	0,30	0,63	0,83	0,50	0,41	-0,20	0,84	-0,43
1996	-1,23	-0,54	0,15	0,35	-0,02	-0,25	-0,20	-0,80	0,08	0,72	0,17	-0,76
1997	-1,87	-1,46	-0,90	0,17	0,04	-0,42	-0,32	0,89	1,37	1,92	1,93	1,91
1998	1,23	1,62	1,80	1,19	1,05	1,27	0,61	0,52	0,38	1,30	1,37	0,92
1999	0,89	1,13	0,99	0,47	0,32	0,36	-0,45	-0,67	-0,87	-0,37	-1,26	-1,71
2000	-1,26	-0,41	-0,16	0,58	0,48	0,76	0,85	0,67	1,63	1,44	0,96	-0,06
2001	-1,70	-1,58	-1,69	-1,34	-1,11	-1,63	-2,10	-1,70	-1,49	-1,42	-0,83	0,77
2002	0,51	-0,17	0,25	1,04	1,13	1,15	1,72	1,42	0,61	1,15	1,43	0,78
2003	-0,17	0,22	0,10	0,48	0,35	-0,28	-0,85	-1,03	-0,24	0,66	0,24	0,32
2004	0,37	0,51	0,74	0,69	0,77	0,50	0,00	0,14	-0,19	-1,23	-1,18	-1,62
2005	-0,97	-0,68	-0,53	-0,63	-0,82	-0,61	0,30	-0,16	0,95	0,20	0,52	0,23
2006	0,27	0,98	0,81	-0,09	-0,25	-0,53	-0,35	-1,00	-0,50	-0,54	-0,87	-1,38
2007	-0,94	-1,03	-1,27	-1,33	-1,49	-1,91	-1,78	-2,09	-1,96	-2,13	-1,19	-0,39
2008	-0,33	0,00	0,34	0,12	0,22	0,38	0,03	-0,90	-0,73	-0,62	-0,64	-1,07
2009	-0,46	0,68	1,20	0,98	0,98	-0,14	0,00	-0,07	0,31	-0,19	-0,99	-1,42
2010	-0,56	0,82	1,42	1,42	1,34	1,92	2,08	1,91	2,29	2,72	2,30	2,10
2011	2,24	2,17	1,62	1,65	1,82	1,84	-1,12	-0,40	-0,96	-0,14	-0,23	-0,05
2012	0,05	0,76	1,06	1,30	1,40	1,26	0,55	0,85	0,40	-0,33	-1,30	-0,80
2013	-0,99	-1,23	-0,55	-0,41	-0,53	-0,08	0,48	0,44	-0,50	0,15	-0,11	-0,64
2014	-1,20	-1,37	-1,49	-1,00	-0,35	0,53	-0,20	0,01	1,52	1,62	2,02	2,31
2015	2,44	2,25	1,89	2,12	1,91	1,57	1,44	1,28	0,72	0,68	0,21	-0,81
2016	-0,92	-0,91	-1,04	-1,30	-0,95	-1,40	-1,71	-1,45	-0,98	-1,72	-2,03	-1,83
2017	-1,34	-2,17	-2,01	-1,71	-1,38	-1,08	-0,68	-0,69	-1,21	-1,18	-1,11	-0,45
2018	-0,60	-1,10	-0,98	-1,28	-0,90	-0,51	-0,57	-0,56	-0,75	-0,36	-0,58	-0,76
2019	-0,43	-1,09	-1,56	-1,39	-1,29	-1,46	-1,43	-1,17	-1,54	-1,86	-2,27	-1,94

9 aylık zaman periyodunda elde edilen SPEI verilerine trend analizi yapılmış fakat anlamlı trend bulunmamıştır.

SPEI sonuçları değerlendirildiğinde; aşırı kurak dönem görülmezken, yedi şiddetli kurak dönem (%8,75), yedi orta kurak dönem (%8,75), bir aşırı nemli dönem (%1,25), üç çok nemli dönem (%3,75), sekiz orta nemli dönem (%10) görülmüş, kalan elli dört dönemde (%67,5) ise kuraklığın normal seviyelerde olduğu görülmüştür (Şekil 4.17., Çizelge 4.19.).

1960 – 1989 yılları arası beş kurak, beş nemli dönem görülürken, 1990 – 2019 yılları arası dokuz kurak, yedi nemli döneme rastlanmıştır (Şekil 4.17., Çizelge 4.19.).



Şekil 4.18. 12 aylık zaman periyodunda SPEI değerleri

Çizelge 4.20. 1960 – 2019 yılları 12 aylık zaman ölçeğinde SPEI analiz sonuçları

yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1960												0,74
1961	0,46	0,31	0,13	-0,26	-0,51	-0,96	-1,04	-1,14	-1,05	-0,77	-1,03	-1,92
1962	-2,85	-1,83	-1,33	-0,74	-0,92	-1,18	-1,05	-1,11	-1,13	-0,60	-0,57	0,85
1963	1,66	1,29	1,20	1,09	1,61	1,77	1,56	1,63	1,70	1,09	1,11	1,24
1964	0,32	0,52	0,55	0,10	-0,04	-0,30	-0,18	0,21	0,79	0,50	1,05	0,53
1965	0,56	1,16	0,80	1,25	1,11	1,23	1,34	1,24	0,36	0,69	0,77	0,28
1966	1,00	-0,49	0,14	0,16	-0,09	0,17	-0,20	0,04	0,03	-0,03	-0,63	-0,38
1967	-0,14	0,42	-0,15	-0,36	-0,23	-0,35	-0,14	-0,69	-0,67	0,04	0,46	0,63
1968	1,08	0,96	1,03	0,66	0,41	0,45	0,34	0,86	1,68	1,43	1,53	1,36
1969	0,69	0,83	0,69	1,31	1,37	1,42	1,55	1,18	0,05	-0,40	-0,84	-0,33
1970	-0,43	0,08	-0,10	-0,36	0,22	0,16	-0,16	-0,12	0,29	0,85	1,20	1,41
1971	1,08	0,40	1,04	0,74	0,32	0,27	0,52	0,60	0,30	0,25	0,31	0,15
1972	0,26	-0,15	-1,07	-0,86	-0,60	-0,50	-0,63	-0,35	0,17	0,53	0,62	-0,16
1973	-0,08	0,32	0,64	1,00	1,03	1,26	1,16	1,12	0,29	0,25	0,63	1,36
1974	1,44	1,12	1,05	0,77	1,12	0,83	0,89	0,87	1,15	0,56	0,42	0,59
1975	0,70	0,93	0,94	0,60	0,49	0,89	0,70	0,32	-0,18	0,28	0,14	0,13
1976	0,20	-0,27	-0,69	-0,63	-0,77	-0,98	-0,68	-0,37	0,03	0,25	0,06	0,14
1977	-0,08	-0,35	-0,13	0,24	-0,23	-0,45	-0,71	-1,22	-1,35	-1,45	-1,09	-0,94
1978	-0,57	0,04	-0,08	-0,15	0,11	0,09	0,17	0,38	1,06	1,09	0,66	0,26
1979	0,29	-0,08	-0,55	-0,69	-0,63	-0,73	-0,65	-0,62	-1,18	-1,26	-1,11	-1,20
1980	-0,87	-0,62	0,29	0,24	0,36	0,75	0,80	0,55	0,41	0,33	0,64	1,19
1981	1,31	1,28	0,87	0,39	0,88	0,53	0,67	0,69	1,11	1,20	0,98	1,36
1982	1,16	1,02	0,93	1,67	1,48	1,59	1,73	1,85	1,21	1,01	0,81	-0,05
1983	-0,31	0,16	-0,24	-0,73	-1,06	-0,76	-1,13	-1,06	-0,83	-0,58	0,13	0,00
1984	-0,16	-0,67	0,05	0,55	0,46	0,32	0,73	0,65	0,30	0,03	-0,41	-0,59
1985	-0,56	-0,39	-0,88	-1,49	-1,43	-1,42	-1,80	-1,87	-1,62	-1,16	-0,94	-0,85
1986	-0,66	-0,58	-0,83	-0,80	-0,82	-0,51	-0,57	-0,69	-0,84	-0,95	-1,38	-0,60
1987	-0,25	-0,99	-0,15	0,06	0,42	0,29	0,42	0,78	0,70	0,80	1,06	1,07
1988	-0,14	0,11	-0,22	-0,12	-0,44	-0,70	-0,97	-1,26	-1,10	-1,10	-0,82	-1,33
1989	-1,31	-1,64	-1,88	-2,27	-2,17	-2,04	-1,81	-1,70	-1,57	-0,92	-1,21	-1,18
1990	-1,33	-0,81	-0,72	-0,03	0,27	0,13	0,39	0,37	0,75	0,13	0,25	0,54
1991	0,52	0,42	0,33	0,97	1,34	1,41	1,24	1,25	1,34	1,26	0,64	0,32
1992	0,33	0,55	1,02	0,14	-0,58	-0,26	-0,14	-0,27	-0,82	-0,61	-0,22	0,18
1993	0,42	0,18	-0,28	-0,15	0,07	-0,44	-0,60	-0,45	-0,25	-0,78	-0,64	-1,00
1994	-1,24	-1,24	-1,28	-1,46	-1,70	-1,11	-1,17	-1,04	-1,39	-1,05	-1,06	-0,69
1995	0,10	-0,46	0,55	1,05	0,80	0,12	0,40	0,27	0,65	0,56	0,65	0,30
1996	-0,63	0,04	-0,32	-0,16	0,01	0,02	-0,28	-0,53	-0,17	0,23	-0,55	-0,46
1997	-0,66	-0,75	-0,97	-0,53	-0,45	-0,20	0,16	0,91	0,30	0,85	1,15	1,66
1998	1,73	1,87	2,06	1,14	1,69	1,73	1,57	0,85	1,16	0,93	1,27	0,93
1999	0,91	1,37	1,07	1,08	0,17	0,46	0,16	0,28	-0,27	-0,74	-0,84	-1,16
2000	-0,60	-1,22	-0,65	0,22	0,48	0,22	0,35	0,31	0,72	1,07	0,70	0,79
2001	-0,01	-0,41	-1,29	-1,58	-1,18	-1,45	-1,56	-1,51	-1,58	-2,17	-1,67	-0,41
2002	0,16	-0,17	0,29	0,73	0,55	0,72	1,03	1,13	1,35	1,82	1,61	0,43
2003	0,33	0,88	0,58	0,52	0,42	0,20	-0,09	-0,45	-0,42	-0,29	-0,33	0,25
2004	1,02	0,70	0,74	0,07	0,00	0,38	0,45	0,73	0,05	-0,61	-0,46	-0,81
2005	-1,04	-1,00	-0,81	-0,89	-0,76	-0,82	-0,40	-0,73	-0,09	0,28	0,44	0,81
2006	0,20	0,61	0,34	0,07	-0,17	0,12	-0,25	-0,40	-0,46	-0,48	-0,54	-0,94
2007	-0,91	-1,86	-1,70	-1,54	-1,57	-1,83	-1,81	-1,74	-1,96	-1,78	-1,76	-0,94
2008	-1,34	-0,99	-0,57	-0,56	-0,30	-0,41	-0,39	-0,45	0,52	0,19	-0,46	-1,04
2009	-0,64	0,28	0,38	0,42	0,36	0,21	0,20	0,28	-0,28	-0,20	-0,03	0,22
2010	0,49	0,53	0,42	0,64	0,71	1,63	1,69	1,63	1,49	2,86	2,83	2,56
2011	2,40	2,03	1,87	2,04	1,98	1,40	1,18	1,61	1,50	-0,50	-0,45	-0,60
2012	-0,14	0,74	0,91	0,87	1,16	0,99	0,92	0,60	0,38	-0,32	-0,14	0,42
2013	0,22	-0,27	-0,47	-0,79	-1,30	-0,72	-0,41	-0,52	-0,49	0,45	0,65	-0,20
2014	-1,01	-1,56	-1,59	-1,09	-0,32	0,15	-0,07	0,26	1,15	0,68	0,82	1,70
2015	2,08	2,43	2,69	2,64	2,17	1,93	1,92	1,77	1,36	1,30	1,08	-0,37
2016	-0,32	-0,44	-0,57	-1,32	-1,06	-1,35	-1,41	-1,36	-1,52	-1,94	-1,92	-1,35
2017	-1,99	-2,13	-2,19	-1,89	-1,83	-1,49	-1,31	-1,28	-1,34	-0,98	-1,17	-1,35
2018	-1,81	-1,22	-0,50	-0,89	-0,85	-1,02	-0,99	-1,07	-0,82	-0,69	-0,68	-0,62
2019	-0,78	-0,93	-1,58	-1,21	-1,49	-1,74	-1,53	-1,26	-1,35	-1,63	-1,95	-2,67

12 aylık zaman periyodunda SPEI sonuçları değerlendirildiğinde; 2019 yılı -2,67 değeriyle aşırı kurak, 1961 yılı şiddetli kurak, 1979, 1988, 1989, 1993, 1999, 2008, 2016 ve 2017 yılları orta kurak bulunurken, 2010 yılı 2,56 değeriyle aşırı nemli, 1997, 2017

yılları çok nemli, 1963, 1968, 1970, 1973, 1980, 1981, 1987 yılları orta nemli bulunmuştur. Geriye kalan kırk yılın ise normal kuraklık seviyelerinde olduğu görülmüştür (Şekil 4.18., Çizelge 4.20.).

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmada Bursa Merkez meteoroloji istasyonuna ait 1960 – 2019 yılları arası sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak trend analizi ve standart yağış indisi ile standart yağış ve evapotranspirasyon indisi kullanılarak kuraklık analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bursa ili için sıcaklık ve yağış trend analizi sonuçları incelendiğinde; sıcaklık verilerinde tüm zaman aralıkları için artış trendine rastlanmış, yağış verilerinde ise istatistiksel açıdan anlamlı bir trend elde edilememiştir.

Yıllık ortalama yağış sonuçlarına bakıldığında; genel bir artış görülmekle birlikte, 2010 – 2019 yılları için -4,19 mm/yıl değerinde bir yağış azlığı meydana geldiği görülmüştür. Yaz yağışlarında meydana gelen artışın tarım açısından olumlu olacağı ön görüşü oluşmaktadır. Ancak, yaz yağışlarının şiddetinin fazla olması, bazen dolu formunda olması tarımsal açıdan olumsuz etki yapabilecektir. Kış yağışlarının azalmasının hem tarımsal üretim hem de su varlığı açısından olumsuz etkisi olduğu söylenebilir. Yağış ve sıcaklık anomalilerini geleceğe yönelik tahmin edebilmek için, yapılan bu çalışmalar oldukça önem arz etmektedir.

Çeribaşı ve Aytulun (2018), Bursa ilinin 1980 – 2018 yılları arası sıcaklık ve yağış verilerini trend yöntemleri ile analiz ettikleri çalışmada, sıcaklık verilerinde artan yönde trendler olduğunu görmüş, yağış verilerinde ise herhangi bir anlamlı trende rastlamamışlardır. Temur (2017), tüm Türkiye’deki havzalar üzerinde yaptığı çalışmada, zaman serileri ile iklim değişikliği analizleri yapmış, Marmara Havzası için aylık ortalama ve yıllık ortalama sıcaklık verilerinde anlamlı artış trendleri olduğunu görmüştür. Aylık ve yıllık ortalama yağış verilerinde genel olarak anlamlı bir trend bulunamamış, yalnızca aralık ayı ortalamaları için anlamlı bir azalış trendi görülmüştür. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar, Mann–Kendall ve Şen’in Trend Analizi yöntemleri ile analiz edilen 1960 – 2019 verilerinin sonuçları ile benzerlik göstermiştir.

SPI ve SPEI indisleri 1 aylık zaman periyodunda kuraklık analizi sonuçları incelendiğinde; SPI için yapılan trend analizi sonucu istatistiksel açıdan anlamlı bir değer

bulunmazken, SPEI için %1 ve %5 önem düzeyinde anlamlı verilere rastlanmıştır. SPI analizleri sonucu, nisan, ağustos, kasım ve aralık aylarında istatistiksel açıdan önemsiz fakat kuraklık yönünde bir eğilim olduğu görülmüştür. SPEI analizleri sonucu ise %1 önem düzeyinde ağustos, %5 önem düzeyinde temmuz ve ağustos aylarında kuraklık yönünde eğilim görülmüştür. Her iki yöntemde de kuraklığın genellikle normal düzeyde seyrettiği görülmüştür. Kuraklık yüzdelerini incelediğimizde; SPI için toplam %15,69 görülme yüzdesi ile nemli mevsimlerin toplamının kurak mevsimlerden fazla olduğu, SPEI için ise %19,3 ile kurak mevsimlerin toplamının nemli mevsimlerden fazla olduğu görülmüştür.

1960 – 1989 ve 1990 – 2019 yılları arası dönemler arası ayrı ayrı değerlendirilmiş ve her iki dönemde de SPEI ile belirlenen kurak ve nemli aylar SPI ile belirlenenden fazla bulunmuştur.

SPI ve SPEI indisleri 3 aylık zaman periyodunda kuraklık analizi sonuçları incelendiğinde; her iki yöntem için de yapılan trend analizi sonucu, istatistiksel açıdan anlamlı bir değere ulaşılamamıştır. SPEI analizine göre, istatistiksel anlam taşımayan fakat tüm mevsimler için ortak olan bir kuraklık eğilimi görülmüştür. Her iki yöntemde de kuraklığın genellikle normal düzeyde seyrettiği görülmüştür. Mevsimsel kuraklık düzeylerinin görülme frekansına bakıldığında, SPI için yaz mevsimleri en nemli dönemler iken, SPEI için ilkbahar mevsimleri en nemli dönemler olarak bulunmuştur. SPI için nemli ve kurak dönem görülme frekansları birbirine yakın seyrederken, SPEI’da en fazla kurak döneme kış mevsimlerinde rastlanmıştır. Kurak ve nemli mevsimlerin bulunmasında SPEI, SPI’ya kıyasla biraz daha hassasiyet göstermekle beraber, elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüştür.

SPI ve SPEI indisleri 12 aylık zaman periyodunda kuraklık analizi sonuçları incelendiğinde; kuraklığın genelde normal seviyelerde olduğu görülmüştür. Ele alınan zaman periyodu için yıllık değerlendirme sonuçlarına göre; SPI indisine göre bir yıl aşırı kurak, iki yıl şiddetli kurak, üç yıl orta kurak bulunmuş fakat dönemsel bir bütünlüğe rastlanmamıştır. SPEI indisine göre, bir yıl aşırı kurak, bir yıl şiddetli kurak, sekiz yıl orta kurak bulunmuştur. 2016 – 2019 yılları arası dönemin kurak geçtiği söylenebilir. 1961

yılı SPI indisine göre aşırı kurak, SPEI indisine göre şiddetli kurak; 1979, 1988, 1989 yılları her iki indis için de orta kurak; 1993 yılı SPI indisine göre şiddetli kurak, SPEI indisine göre orta kurak; 2019 yılı ise SPI indisine göre şiddetli kurak iken SPEI indisine göre aşırı kurak bulunmuştur. 1999, 2008, 2016 ve 2017 yılları için, SPEI indisinde orta kurak bulunan kuraklık değeri, SPI indisinde normal seviyelerde görülmüştür. Bu durumda SPEI indisinin kuraklığı tespit etmede daha hassas olduğu fakat yıllık değerlendirme sonuçlarına göre her iki indis için benzer değerler elde edilebileceği görülmüştür.

Bacanlı ve Kargı (2019), Bursa ilinde uzun süreli yağış verileri bulunan beş meteoroloji istasyonundan elde edilen 1969 – 2015 arası dönem için SPI analizi yapmış ve hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli seviyelerde kuraklıklara rastlamışlardır. Araştırma bölgesindeki tüm istasyonlarda, kuraklığın genellikle normal seviyelerde seyrettiği görülmüştür. Karaer ve Gültaş (2018), Bilecik Merkez meteoroloji istasyonundan elde edilen verilerin SPI ile analizini yapmış, nemli ve kurak dönemlerin tüm zaman periyotları için birbirine yakın oranlarda bulunduğu sonucunu elde etmişlerdir. Bakanoğulları (2020), İstanbul Damlıca Deresi Havzası'nda 1982 – 2006 yılları arası meteorolojik verilerini kullanarak SPI ve SPEI analizi yapmış ve SPEI indisinde sıcaklık ve evapotranspirasyon verilerinin de kullanılıyor olması ile daha hassas sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Yapılan çalışmalar, 1960 – 2019 yılları arası Bursa Merkez meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler ile yapılan SPI analizi sonuçları ve SPI – SPEI analizlerinin karşılaştırılmasıyla elde edilen sonuçlara benzerlik göstermiştir.

Yapılan tüm çalışma sonuçları ile beraber çalışmamızda edindiğimiz sonuçlara da bakarak; Bursa ikliminin Güney Marmara'da bulunan diğer şehirlerle benzerlik gösterebildiğini göz önüne alırsak, Bursa ve Güney Marmara Bölümü için iklimsel anomalilerin yaşanmış ve yaşanacak oluşunu göz önünde bulundurmamız, gelecekte kuraklığa karşı alınacak önlemler açısından faydalı olacaktır.

Türkiye genelinde, kuraklık indisleri kullanarak uzun yıllar sıcaklık ve yağış verileriyle elde edilen veriler ve yapılan tahminler ile bir veri bankası oluşturulup, tüm canlı

yaşamını en başta da tarımsal faaliyetleri ve su kaynaklarını etkileyecek olan bu doğal afete karşı gerekli önlemler vaktiyle alınabilir.

KAYNAKLAR

- AFAD, 2016. <https://www.afad.gov.tr/afadem/dogal-afetler> - (Erişim Tarihi: 20.10.2016)
- Aghrab, A., vd., 2008. Drought Characterization Using Drought Indices in Two Areas of the Mediterranean Basin: Meknes, Marocco, and Cordoba, Spain, Options Mediter Ser A 80:193–19.
- Ahrens, D. C. 1994. MeteorologyToda, An Introduction to Weather, Climate an The Environment, Fift Edition, West Publishing Company, USA
- Anonim, 2013. http://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric_co2.html - (Erişim Tarihi: 03.09.2015)
- Anonim, 2018. www.mgm.gov.tr, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü - (Erişim Tarihi: 3.10.2018)
- Anonim, 2019 a. Bursa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2019 Yılı Brifing ve 2019 Yılı Faaliyet Raporu
- Anonim, 2019 b. www.mgm.gov.tr, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü - (Erişim Tarihi: 18.07.2019)
- Anonim, 2019 c. <http://www.bursa.com.tr/bursanin-cografyasi-iklimi-ve-nufusu> - (Erişim Tarihi: 14.04.2019)
- Anonim, 2022. <https://spei.csic.es/home.html> - (Erişim Tarihi: 21.04.2022)
- Apak, E. 2009. Standart Yağış İndeksi (SPI) Yöntemi İle Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi
- Armağan, B., Ulu, T. C., İkizer, T., 2010. Bursa İli Nilüfer İlçesi Görükle Mevkii Topraklarında Entomopatojen Nematod Sürveyi, U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2010, Cilt 24, Sayı 1, 91-98, S. 3
- Arslan, O., Bilgil, A., Veske, O., 2016. Standart Yağış İndisi Yöntemi ile Kızılırmak Havzası'nın Meteorolojik Kuraklık Analizi, Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 5, Sayı 2, 188 – 194
- Bacanlı, Ü., G., Kargı, P., G., 2019. Uzun ve Kısa Süreli Periyotlarda Kuraklık Analizi: Bursa Örneği, Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 5(1): 166 – 174
- Bakanoğulları, F., 2020. SPEI ve SPI İndisleri Kullanılarak İstanbul-Damlıca Deresi Havzasında Kuraklık Şiddetlerinin Analizi, Toprak Su Dergisi, 9 (1): 1-10

Bryant, E. A. 1993. Natural Hazards, Cambridge University Pres, [MMO,1999, TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Meteoroloji Karakterli Doğal Afetler Komisyon Raporu, Ankara]

Ceylan, A., Kömüşçü, A. Ü. 2008. Meteorolojik Karakterli Doğal Afetlerin Uzun Yıllar ve Mevsimsel Dağılımları, İklim Değişikliği ve Çevre, 1, 1 - 10

Çamalan, G., Akgündüz, A. S., Ayvacı, H., Çetin, S., Arabacı, H., Çoşkun, M., 2017. SPEI İndisine Göre Türkiye Geneli Kuraklık Değişim ve Eğilim Projeksiyonları, IV. Türkiye İklim Kongresi, TİKDEK

Çeribaşı, G., Aytulun, U., 2018. Bursa İlinin Yağış ve Sıcaklık Verilerinin Trend Yöntemleri İle Analizi, Anadolu I. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi, 326 - 331

Deparatesi, S. R. G., 1989. Hazards and Disasters: Concepts and Challenges, In Remote Sensing for Hazard Monitoring and Disaster Assessment.

Dinç, N., Aydınşakir, K., Işık, M. 2016. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) Yöntemi İle Antalya İli Kuraklık Analizi, Derim, 33 (2): 279 – 298

Doğan, S., 2013. Konya Kapalı Havzası Kuraklık Karakterizasyonunun Zamansal - Konumsal Analizi, Doktora Tezi.

Fuchs, B., 2012. Using the Standardized Precipitation Index (SPI) and the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI), National Drought Mitigation Center University of Nebraska-Lincoln, Caribbean Drought Workshop May 22-24

Gümüş, V., Başak, A., Oruç, N., 2016. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi ile Şanlıurfa İstasyonunun Kuraklık Analizi, Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi 01 (2016) p. 36 – 44

Güner, Ü., 1996. Büyük Menderes Havzası Kuraklık Çözümlemesi, Pamukkale Üniversitesi, FBE İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı (YL Tezi), Denizli.

İlgar, R. 2010. Çanakkale’de Kuraklık Durumu ve Eğilimlerinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi ile Belirlenmesi, Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 22, 183 – 204

IPCC, 1996. Climate Change 1995, The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton J, T., et al., eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.

IPCC, 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basic Contribution of Working Group I to The Third Assesment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge

IPCC, 2012. Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 3-21.

IPCC, 2013, 2014. <https://www.wwf.org.tr/?2340>, Erişim Tarihi: 11.04.2021

Kadıoğlu, M. 2012. Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi, Türkiye’nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını

Karaer, M., Gültaş, H. T., 2018. Kuraklık Oluşumunun Bilecik İli’nde Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Yöntemi Kullanılarak Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı: 303 – 308.

Keeling, C. D., Whorf, T. P., 2009. <http://cdiac.ornl.gov/ftp/trends/co2/maunaloa.co2> - (Erişim Tarihi: 03.09.2015)

Kömüşçü, A., Erkan, A., Turgut, E., 2003. Normalleştirilmiş Yağış İndeksi (SPI) ile Türkiye’de Kuraklık Oluşum Oranlarının Bölgesel Dağılımı, III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 268 – 275. İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

Mckee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, 8th Conference on Applied Climatology, 17 January, Anaheim, CA, pp. 179 – 184.

MMO, 1999. TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Meteoroloji Karakterli Doğal Afetler Komisyon Raporu, Ankara

Öney, M. 2020. Standart Yağış ve Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) ile Gediz Havzasında Bölgesel Kuraklık Analizi

Öztürk, K. 2002. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 1 (2002) 47-65.

Palmer, W. C., 1965. Meteorological Drought Research Paper No. 45. Office of Climatology U.S. Weather Bureau, Washington.

Şen, 2013. Türkiye’de İklim Değişikliğinin Bütünsel Resmi, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK

Sırdaş, S., 2002. Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulamaları, T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi

Smith, D. I., Hutchinson, M. F., Mc Arthur, R. J., 1993. Australian Climatic and Agricultural Drought: Payments and Policy. Drought Network News 5(3), p. 11 – 12

Temur, T., 2017. Türkiye’de İklim Değişikliğinin Zaman Serileri ile Analizi, T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara

Türkeş, M., 1990. Türkiye’de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü

Türkeş, M. 2001. Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel ısınma. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi: 1: 187-205, Ankara.

Türkeş, M., 2008. Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler., İklim Değişikliği ve Çevre, 1, 26-37

Türkeş, M., 2012. Türkiye’de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi 4(2), 132

Türkeş, M., 2013. İklim Değişiklikleri: Kambriyen’den Pleyistosen’e, Geç Holosen’den 21. Yüzyıla. Ege Coğrafya Dergisi, 22/1, 1 – 25.

Türkeş, M., Sümer U. M., Çetiner G., 2000. Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi Seminer Notları, 7 – 24

Vicente – Serrano, S. M., 2014. Instituto Prienatico De Ecologia, Spanish National Research Council, <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/standardized-precipitation-evapotranspiration-index-spei> - (Erişim Tarihi: 21.04.2022)

Wilhite, D., Glantz, M. R. 1987. Understanding The Drought Phenomenon The Role of Definitions, in Wilhite, David, Easterling, William, and Wood, David, eds., Planning for drought: Boulder, Colo., Westview Press, p. 11-27.

WMO, 1992. Monitoring, Assesmentand Combat of Droughtand Desertification, TD-No.55 Genova

WMO, 1997. Extreme AgrometeorologicalEvents, CagM – X WorkingGroup, Genova.

WMO, 2019. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-confirms-past-4-years-were-warmest-record>

WMO, 2021. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/climate-change-indicators-and-impacts-worsened-2020>

TÜİK, 2018. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 - (Erişim Tarihi: 01.05.2019)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gülce ARIKAN UYSAL
Doğum Yeri ve Tarihi : Akşehir / 26.06.1991
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Nilüfer Milli Piyango Anadolu Lisesi, 2009
Lisans : U. Ü. Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği, 2014

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2017 - Halen

İletişim (e-posta) : gulcearikan@gmail.com

Yayımları :

Arıkan Uysal, G., Gündoğdu K. S., 2021. A Study on Drought Analysis Using Time Series, Standardized Precipitation Index (SPI) and Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) in Bursa Region, III. International Agricultural, Biological & Life Science Conference, Edirne, Turkey, 1-3 September, 2021