



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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ŞANLIURFA İLİNDEKİ TARİHSEL KURAKLIK İNDİSLERİ ÜZERİNDE
POTANSİYEL EVAPOTRANSPIRASYONUN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

MUSTAFA ALPAY

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

**Şanlıurfa
2025**



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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ŞANLIURFA İLİNDEKİ TARİHSEL KURAKLIK İNDİSLERİ ÜZERİNDE
POTANSİYEL EVAPOTRANSPIRASYONUN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

MUSTAFA ALPAY

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı: Prof. Dr. VEYSEL GÜMÜŞ**

**Şanlıurfa
2025**

TEŐEKKÖR

Tez alışma sűrecimde bilgi ve deneyiminden yararlandığım, ilgi ve desteğini benden esirgemeyen kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Veysel GÖMÜŐ'e bu çalışmanın meydana gelmesinde emeği geçen hocalarım Doç. Dr. Oęuz ŐİMŐEK ve Arř. Gör. Latif Doęan DİNSEVER'e teőekkör ederim.

Sevgili eşim, kızım ve değerli ailem, eğitim hayatıma devam etmemdeki en büyük sebep olan sizlere teőekkör etmek istiyorum. Her zaman yanımda oldunuz, bu çalışmama vakit ayırmak için bana gereken zamanı sabırla verdiniz ve beni desteklediniz.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iv
SİMGELER	v
KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
2.1. Küresel Ölçekte Yapılan Çalışmalar	7
2.2. Türkiye’de Yapılan Çalışmalar	11
3. GEREÇ VE YÖNTEM	16
3.1. Gereç	16
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Standart Yağış İndisi (SPI)	17
3.2.2. Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI)	19
4. BULGULAR	22
4.1. 17270-Şanlıurfa İstasyonu Kuraklık Analizi	22
4.1.1. SPI İndisi Kuraklık Dağılımları	22
4.1.2. SPEI İndisleri Kuraklık Dağılımları	24
4.1.2.1. Hargreaves Yöntemi SPEI(H)	24
4.1.2.2. Thornthwaite Yöntemi SPEI(T)	26
4.2. 17912-Siverek İstasyonu Kuraklık Analizi	29
4.2.1. SPI İndisi Kuraklık Dağılımları	29
4.2.2. SPEI İndisleri Kuraklık Dağılımları	31
4.2.2.1. Hargreaves Yöntemi SPEI(H)	31
4.2.2.2. Thornthwaite Yöntemi SPEI(T)	33
4.3. 17966-Birecik İstasyonu Kuraklık Analizi	36
4.3.1. SPI İndisi Kuraklık Dağılımları	36
4.3.2. SPEI İndisleri Kuraklık Dağılımları	38
4.3.2.1. Hargreaves Yöntemi SPEI(H)	38
4.3.2.2. Thornthwaite Yöntemi SPEI(T)	40
4.4. 17968-Ceylanpınar İstasyonu Kuraklık Analizi	43
4.4.1. SPI İndisi Kuraklık Dağılımları	43
4.4.2. SPEI İndisleri Kuraklık Dağılımları	45
4.4.2.1. Hargreaves Yöntemi SPEI(H)	45
4.4.2.2. Thornthwaite Yöntemi SPEI(T)	47
4.5. 17980-Akçakale İstasyonu Kuraklık Analizi	50
4.5.1. SPI İndisi Kuraklık Dağılımları	50
4.5.2. SPEI İndisleri Kuraklık Dağılımları	52
4.5.2.1. Hargreaves Yöntemi SPEI(H)	52
4.5.2.2. Thornthwaite Yöntemi SPEI(T)	54
5. TARTIŞMA	58
5.1. Genel Değerlendirme	58
5.1.1. Tüm İstasyonların 3 Aylık Kuraklık Analizlerinin İndislere Göre Oranları ve Dağılımları	58
5.1.2. Tüm İstasyonların 6 Aylık Kuraklık Analizlerinin İndislere Göre Oranları ve Dağılımları	59
5.1.3. Tüm İstasyonların 12 Aylık Kuraklık Analizlerinin İndislere Göre Oranları ve Dağılımları	61
5.1.4. SPI İndisine Göre Farklı Zaman Ölçeklerinde Görülen Kuraklık Değerleri	62
5.1.5. SPEI(H) İndisine Göre Farklı Zaman Ölçeklerinde Görülen Kuraklık Değerleri	63
5.1.6. SPEI(T) İndisine Göre Farklı Zaman Ölçeklerinde Görülen Kuraklık Değerleri	64

6. SONUÇLAR	66
7. ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	73



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞANLIURFA İLİNDEKİ TARİHSEL KURAKLIK İNDİSLERİ ÜZERİNDE POTANSİYEL EVAPOTRANSPIRASYONUN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

MUSTAFA ALPAY

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışman: Prof. Dr. VEYSEL GÜMÜŞ

Yıl: 2025, Sayfa : 79

İklim değişikliği etkisiyle son yıllarda giderek artan kuraklık, su kaynakları planlaması ve yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu tez çalışmasında, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Şanlıurfa ilindeki meteoroloji gözlem istasyonlarında elde edilen aylık ortalama yağış, aylık ortalama sıcaklık, aylık maksimum sıcaklık ve aylık minimum sıcaklık verileri kullanılarak 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SYEI) yöntemleriyle kuraklık indis değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca geçmiş dönemlerde meydana gelen kuraklıkların karakteristik özelliklerinin incelenmesi, seçilen indislerin bölge için uygulanabilirliği, performansları ve aralarındaki ilişkilerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, SYEI indis değerinin hesaplamasında potansiyel evapotranspirasyon (PET) değerleri için Thornthwaite ve Hargreaves yaklaşımlarının kullanılmasıyla elde edilecek iki farklı SYEI değeri değerlendirilecektir. SYİ, SYEI(H) ve SYEI(T) değerlerinin zamansal değişimlerinin farklı zaman ölçeklerinde incelenmesi ve bu ölçeklerin kuraklık eğilimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Kuraklık periyodunun uzunluğunun hesaplanan üç indis üzerindeki etkileri araştırılmış, ortalama ve en uzun kuraklık sürelerindeki değişiklikler incelenmiştir. Bu tez çalışmasının, bölgede SYİ ve SYEI yöntemlerinin kuraklığı tanımlama, tespit etme ve izleme potansiyelini ortaya koymayı amaçlanmış ve ileriki çalışmalarda farklı kuraklık indislerinin incelenerek elde edilen bulguların karşılaştırılmasının faydalı olacağı öngörülmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Şanlıurfa, Kuraklık İndisi, SYİ, SYEI, Yağış

ABSTRACT

MASTER THESIS

INVESTIGATING THE EFFECT OF POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION ON HISTORICAL DROUGHT INDICES IN ŞANLIURFA PROVINCE

MUSTAFA ALPAY

HARRAN UNIVERSITY

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
CIVIL ENGINEERING**

Thesis Supervisor: Prof. Dr. VEYSEL GÜMÜŞ

Year: 2025, Page : 79

Drought, which has been increasing in recent years due to climate change, is of great importance for water resources planning and management. In this thesis, it is planned to calculate the Standardized Precipitation Index (SPI) and Standardized Precipitation Evapotranspiration Index ("SPEI") values at 3, 6 and 12 month time scales using the available monthly average precipitation, monthly average temperature, monthly maximum temperature and monthly minimum temperature data to be obtained from the General Directorate of Meteorology (MGM) for the meteorological observation stations in Şanlıurfa province located in the Southeastern Anatolia Region. It is aimed to examine the characteristics of droughts that occurred in the past periods, to evaluate the applicability of the selected indices for the region, their performance and the relationships between them. In addition, two different values of SPEI will be emphasized by using Thornthwaite and Hargreaves models for potential evapotranspiration (PET) values in SPEI calculation. It is aimed to examine the temporal variations of SPI, SPEI(H) and SPEI(T) values at different time scales and to determine the effects of these scales on the drought trend. The effects of the length of the drought period on the three calculated indices will be investigated and the changes in the average and longest drought periods will be examined. This study aims to reveal the drought identification, detection and monitoring potential of the SPI and SPEI methods in the region and it is envisaged that it will be useful to compare the findings obtained by examining different drought indices in future studies.

KEYWORDS: Sanliurfa, Drought Indices, SPI, SPEI, Precipitation

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	23
Şekil 4.2.	17270-Şanlıurfa istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	24
Şekil 4.3.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	25
Şekil 4.4.	17270-Şanlıurfa istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	26
Şekil 4.5.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	27
Şekil 4.6.	17270-Şanlıurfa istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	28
Şekil 4.7.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	30
Şekil 4.8.	17912-Siverek istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	31
Şekil 4.9.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	32
Şekil 4.10.	17912-Siverek istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	33
Şekil 4.11.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	34
Şekil 4.12.	17912-Siverek istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	35
Şekil 4.13.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	37
Şekil 4.14.	17966-Birecik istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	38
Şekil 4.15.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	39
Şekil 4.16.	17966-Birecik istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	40
Şekil 4.17.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	41
Şekil 4.18.	17966-Birecik istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	42
Şekil 4.19.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	44
Şekil 4.20.	17968-Ceylanpınar istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	45
Şekil 4.21.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	46
Şekil 4.22.	17968-Ceylanpınar istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	47
Şekil 4.23.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	48
Şekil 4.24.	17968-Ceylanpınar istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	49
Şekil 4.25.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	51
Şekil 4.26.	17980-Akçakale istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	52
Şekil 4.27.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	53
Şekil 4.28.	17980-Akçakale istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	54
Şekil 4.29.	3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım	55
Şekil 4.30.	17980-Akçakale istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları	56
Şekil 5.3.	Tüm istasyonların 3 aylık kuraklık analizlerinde kurak dönemlere ait dağılım	59
Şekil 5.4.	Tüm istasyonların 6 aylık kuraklık analizlerinde kurak dönemlere ait dağılım	61
Şekil 5.5.	Tüm istasyonların 12 aylık kuraklık analizlerinde kurak dönemlere ait dağılım	62
Şekil 5.6.	3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçeklerinde görülen kuraklık değerleri	63
Şekil 5.7.	SPEI(H) indisi 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçeklerinde görülen kuraklık değerleri	64
Şekil 5.8.	SPEI(T) indisi 3, 6, 12 aylık farklı zaman ölçeklerinde görülen kuraklık değerleri	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Analizde kullanılan istasyonlara ait coğrafi bilgileri ve veri aralığı (MGM, 2021)	17
Çizelge 3.1.	SPI yöntemine ait kuraklık sınıfları ve indis değerleri aralığı	19
Çizelge 4.1.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	23
Çizelge 4.2.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	25
Çizelge 4.3.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	27
Çizelge 4.4.	Şanlıurfa 17270 nolu istasyondan alınan verilere göre kuraklık değerleri	29
Çizelge 4.5.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	30
Çizelge 4.6.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	32
Çizelge 4.7.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	34
Çizelge 4.8.	Siverek 17912 nolu istasyondan alınan verilere göre kuraklık değerleri	36
Çizelge 4.9.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	37
Çizelge 4.10.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	39
Çizelge 4.11.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	41
Çizelge 4.12.	Birecik 17966 nolu istasyondan alınan verilere göre kuraklık değerleri	43
Çizelge 4.13.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	44
Çizelge 4.14.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	46
Çizelge 4.15.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	48
Çizelge 4.16.	Ceylanpınar 17968 nolu istasyondan alınan verilere göre kuraklık değerleri	50
Çizelge 4.17.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	51
Çizelge 4.18.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	53
Çizelge 4.19.	3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları	55
Çizelge 4.20.	Akçakale 17980 nolu istasyondan alınan verilere göre kuraklık değerleri	57
Çizelge 5.1.	Tüm istasyonların 3 aylık kuraklık analizlerinin indislere göre oranları	59
Çizelge 5.1.	Tüm istasyonların 6 aylık kuraklık analizlerinin indislere göre oranları	60
Çizelge 5.2.	Tüm istasyonların 12 aylık kuraklık analizlerinin indislere göre oranları	62

SİMGELER

I : Sıcaklık İndeksi

m: Aydaki Gün Sayısı

N: Ayın Gün Uzunluğu Faktörü

σ : İlgili Zaman Dilimindeki Standart Sapma



KISALTMALAR

D_i : Analiz Yapılan Aydaki Su Fazlası veya Eksikliği

H : Hargreaves Modeli

PET : Potansiyel Evapotranspirasyon

P_i : İ Ayında Oluşan Yağış

P_m : Çalışma Döneminin Ortalama Yağış Miktarı

SPEI : Standardized Precipitation Evapotranspiration Index

SPEI(H) : Hargreaves Modeline göre Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi

SPEI(T) : Thornthwaite Modelinin Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi

SPI : Standardized Precipitation Index

SYEI : Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi

SYİ : Standartlaştırılmış Yağış İndeksi

T : Thornthwaite Modeli

T_{mak} : Maksimum Günlük Sıcaklık

T_{mean} : Aylık Ortalama Sıcaklık

T_{min} : Minimum Günlük Sıcaklık

T_{ort} : Ortalama Günlük Sıcaklık

1. GİRİŞ

İklim değışikliği, küresel ölçekte atmosferik ve meteorolojik sistemlerin işleyişini etkileyerek, pek çok bölgede aşırı hava olaylarının meydana gelmesine neden olmaktadır. Bunun sonucunda, ortalama sıcaklık değerlerindeki belirgin artış, giderek ciddi bir sorun haline gelmektedir. Türkiye’de, bu küresel dönüşümün etkisiyle, son yıllarda sıklığı ve şiddeti artan meteorolojik kuraklık olaylarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Öte yandan, çok sayıda araştırmacı, dünya genelinde ortalama sıcaklıkların yükseleceği ve yağışların azalacağı yönünde öngörülerde bulunmaktadır. Bu bağlamda, kuraklık olaylarının her geçen gün daha da şiddetli ve tehdit edici bir nitelik kazanacağı açıktır (Tokuşlu, 2022).

İklim değışikliği, iklimin ortalama durumunda ya da değışkenliğinde görülen ve uzun yıllar boyunca gerçekleşen değışimler ya da şekillenmeler olarak ifade edilebilir. Geline bu süreçte, iklim değışikliğinin hidrolojik çevrim, su kaynakları ile onların yerel-bölgesel-küresel yönetimi ve dağıtımını üzerindeki etkisi artmakta, dünyanın birçok bölgesinde su kıtlığı ve kuraklık olaylarını tetiklemektedir (Türkeş, 2008b; Türkeş, 2008a; Şen, 2005). Günümüzde ortaya çıkan ve yaygın olarak görülen su kıtlığı ve kuraklık olaylarında yaşanan yoğunluk giderek artmakla birlikte, çeşitli sosyal ve ekonomik sorunlara da yol açmaktadır. Hemen hemen dünyanın her yerinde, su kalitesinde hızlı bir bozulma ve negatif yönde değışim gözlemlenmektedir. Bunun sonucunda ortaya çıkan sorunların, zaman içerisinde kapsamı artmış ve çeşitlenmiş dolayısıyla da dünya genelinde önemli sorunlara yol açmıştır. Bu durum, su kaynaklarının düzgün bir doğrultuda değerlendirilmesi ve geliştirilmesi açısından son derece büyük bir öneme sahip olmakla birlikte suyun kontrolü ve su kaynaklarının yönetiminde yeni çözümlere gidilmesi gerektiğini ve neden uluslararası gündemin üst sıralarında yer aldığıının önemini vurgulamıştır.

Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesine göre kuraklık; "Yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu, arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine yol açan ve hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olan doğal bir olay " olarak tanımlanmıştır. Bu genel tanıma rağmen, kuraklığın tanımlanması söz konusu olduğunda, göz önüne alınan suyun kaynağı (yağış, akış, zemin nemi, yeraltı suyu, baraj hazneleri vb.), incelenen süre ve kuraklığın kapladığı alan için seçilen büyüklük gibi unsurlar, başka tanımlar da oluşturabilmektedir (Bayazıt ve Önöz, 2008). Genel itibariyle, Dünyada herhangi bir bölgede ve belirli bir zamanda gerçekleşen yağış seviyelerinin normal veya ortalama değerlerin altında seyretmesi, kuraklık kavramının temel unsurları arasında yer

almaktadır. Yağış eksikliğinin uzun süre devam etmesi ve olumsuz sonuçlar doğurması da kuraklık için ortak kriterler olarak kabul edilmektedir. Kuraklık olaylarının tarım, su kaynakları, ekosistemler gibi farklı konulardaki etkinliği, söz konusu tanımlamaların kapsamını da genişletmiştir (Şen, 2009). Küresel ölçekte yaygın etkiler gösteren kuraklık olayları, dört başlık altında toplanmıştır. Bunlardan ilki olan meteorolojik kuraklık, belirli bir bölgedeki yağış miktarının, o periyodun ortalamasına göre azalması veya normal değerlerden sapma göstermesi olarak tanımlanmakta ve kuraklık olgusunun ilk adımını oluşturmaktadır (Anisfeld, 2011). İkinci kuraklık çeşidiyse Hidrolojik kuraklıktır. Bu kuraklık, su kaynaklarının (yağışlar, yeraltı ve yüzey suları) beklenen normal seviyelerinin altına düşmesi şeklinde ifade edilebilir. Bu durum, meteorolojik kuraklığın sona ermesinden sonra da uzun süre devam edebilmektedir. Üçüncü çeşit olan tarımsal kuraklık ise, bitkilerin ihtiyaç duyduğu yeterli toprak neminin bulunmaması anlamına gelmektedir (Kadioğlu, 2008). Kuraklığın tarım, canlı yaşamı ve su kaynaklarını kullanan endüstriler üzerindeki olumsuz etkileriye dördüncü kuraklık sınıfı olan sosyoekonomik kuraklığın ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Anisfeld, 2011). Meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklığın muhtemel sonuçlarının en aza indirilmesi için, kuraklığın etkileyebileceği alanların detaylı olarak incelenmesi ve kuraklığın şiddeti ile süresi göz önünde bulundurularak gerekli planlamaların yapılması önemlidir. Böylece kuraklık riskine karşı daha hazırlıklı olunabilir (Mishra ve Singh, 2010).

Kuraklığın kökeni, belirli bir dönemde normal beklentilerin altına inen yağış miktarı ve bunun sonucunda ortaya çıkan su kıtlığıdır. Farklı çevre ve meteorolojik şartlar altında meydana gelen kuraklık olayları, canlı varlıkları olumsuz etkileyerek çeşitli kayıplara neden olabilmektedir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Kompleks bir yapıda olan kuraklık olgusu, frekans, süre, boyut ve şiddet gibi özelliklerle tanımlanabilir ve bu verilerle nitelendirilebilir. Boyut verisi dikkate alındığında, kapsamı diğer afetlere kıyasla daha geniş ve kapsamlıdır. Özellikle hidrolojik afetlere göre, kuraklığın başlangıç ve bitiş anlarını tespit etmek oldukça güçtür. Genellikle, yalnızca insan faaliyetleri ve çevresel etkiler açısından belirgin hale gelebildiğinden, kuraklığın varlığını saptamak mümkün olmaktadır (Vicente-Serrano ve López-Moreno, 2005). Bu bağlamda, kuraklık olaylarının belirlenmesi, öngörülmesi, değerlendirilmesi ve izlenmesi oldukça güç bir süreçtir. Kuraklığın alansal ve zamansal boyutlarının net şekilde tespitindeki zorlukların yanı sıra, farklı zaman ölçeklerinde kuraklığın izlenmesiyle ilgili de çeşitli sorunlar vardır. Örnek verecek olursak yağış eksikliği sonucu su kaynaklarında oluşan tepki, zaman

ölçekleri arasında büyük farklılıklar göstermektedir (Changnon ve Easterling, 2007; Eltahir ve Yeh, 1999; Pandey ve Ramasastri, 2001).

Kuraklığın izlenmesi amacıyla, araştırmacılar çok çeşitli kuraklık indeksleri geliştirmişlerdir. Bu indeksler sayesinde birden fazla değişken içeren yöntemlerin uygulanması mümkün olmaktadır (McKee ve ark., 1993; Palmer, 1965; Vicente-Serrano ve ark., 2010; Tsakiris ve Vangelis, 2005; Gibbs ve Maher, 1967; Shukla ve Wood, 2008; Wu ve ark., 2001; Byun ve Wilhite, 1999).

Kuraklığın sürekli olarak izlenmesini, şiddetinin ve etki alanının nicel olarak değerlendirilmesini, daha erken tespit edilmesini ve mevcut koşullarda su kaynakları yönetiminin geliştirilmesini sağlaması geliştirilen bu indeksler oldukça büyük bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) gibi yöntemler, farklı zaman ölçeklerinde kullanılma, kuraklık türlerini gösterme ve kuraklığın niteliğini belirleyen (şiddet, süre, boyut ve frekans gibi) durumları daha iyi yansıtmaya özellikleri nedeniyle akademik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Mishra ve Singh, 2010).

SPI ve SPEI indekslerinin kavramsal temelleri yakın nitelik taşımakla birlikte, hesaplamalarında kullandıkları parametreler bakımından önemli farklılıklar söz konusudur. SPI, kuraklığın oluşumunda rol oynayan sıcaklık, bağıl nem, buharlaşma ve rüzgâr hızı gibi diğer değişkenleri göz ardı ederek, yalnızca yağış verilerini tek bir sayısal değere dönüştürmek suretiyle farklı iklim bölgelerindeki kuraklıkları belirlemek ve izlemek üzere geliştirilmiştir (McKee ve ark., 1993; Çamalan ve ark., 2017). SPI indeksi, geniş uygulama alanıyla öne çıkan bir kuraklık izleme aracıdır. Söz konusu yöntem, devam eden zaman dilimlerinde yağış eksikliklerini tespit etmekte ve yağış azlığını farklı zaman ölçeklerinde izleme imkânı sunmaktadır. Ayrıca, SPI yardımıyla kurak ve nemli sürelerin hesaplanması mümkün olup, yağış açığının çeşitli su kaynakları üzerindeki etkileri de belirlenebilmektedir (Wang ve ark., 2017).

Son dönemdeki iklim değişikliği odaklı çalışmalar, hızlı endüstriyel gelişim sürecinin küresel sıcaklık artışına ciddi ölçüde etki ettiğini ortaya koymuştur. Diğer bir ifadeyle, günümüzde gözlenen sıcaklık yükselmesinin temel nedenlerinden biri, hızla gelişen sanayileşme olarak gösterilmektedir. Çeşitli iklim modelleri aracılığıyla yapılan projeksiyonlar, 21. Yüzyılın sonuna doğru sıcaklıklarda belirgin yükselişlerin yaşanacağını öngörmektedir. Bu bağlamda, küresel ısınma kaynaklı sıcaklık

artışlarının buharlaşma üzerindeki etkisi de dikkate alınmalıdır. Kuraklığın doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için, sıcaklık yükselmesinin neden olduğu buharlaşmadaki artış eğilimi göz ardı edilmemelidir.

Görüldüğü üzere, SPEI indeksi, SPI yöntemine kıyasla kuraklık izlemede daha etkin bir performans sergilemesi beklenmektedir. Bunun temel nedeni, SPEI'nin sıcaklık ve buharlaşma gibi parametreleri de hesaba katması ve küresel ısınmanın etkilerini daha iyi yansıtabilmesidir (Mathbout ve ark., 2018). Bununla birlikte, bilhassa kuraklığın daha yoğun olduğu yerlerde uygulanabilirliğinin daha kısıtlı kaldığı da belirtilmelidir. Bu nedenle, farklı kuraklık indislerinin birlikte kullanılması, kuraklık değerlendirmelerinde daha kapsamlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayabilir (Shaowei ve ark., 2013). SPI indeksinin, küresel ölçekte yaygın bir kullanıma sahip olduğu belirtilebilir. Bununla birlikte, kuraklık izleme sürecinde SPI ve SPEI indekslerindeki farklılıklar ve bölgesel uygulanabilirlik hususları, halen tartışmalı konular olarak karşımıza çıkmaktadır. Her iki indeks de kuraklık değerlendirmesinde önemli avantajlar sağlamaktadır, ancak bölgesel iklim özellikleri ve koşullar göz önüne alındığında, hangisinin daha uygun bir yaklaşım olacağı konusunda net bir yargıya varmak güçtür (Pei ve ark., 2020).

Kuraklığın doğru bir şekilde değerlendirilmesi için, spesifik zaman ölçeklerinin kullanılması oldukça kritik bir husustur. Meteorolojik kuraklığın izlenmesinde 1 aylık, tarımsal kuraklıkta 3 ve 6 aylık, hidrolojik kuraklıkta ise 12 aylık zaman ölçekleri fonksiyonel olarak kullanılabilir. Bu farklı zaman periyotları, kuraklık türlerine göre önemli bilgiler sunmaktadır. Örneğin, 1 aylık zaman ölçeği, anlık yağış durumunu yansıtırken, 12 aylık zaman dilimi, su kaynaklarının uzun vadeli durumunu ortaya koyabilmektedir. Buna göre, kuraklık değerlendirmelerinde, kuraklık türüne uygun zaman ölçeklerinin dikkate alınması, daha doğru ve kapsamlı analizlere olanak sağlayabilir (Vicente-Serrano ve ark., 2010; Homdee ve ark., 2016). Bir coğrafi bölgedeki kuraklık durumunun, farklı indeksler ve belirli zaman ölçekleri (örneğin 1, 6 ve 12 ay) kullanılarak karşılaştırılması; o bölgede hangi kuraklık indeksinin kısa ve uzun vadeli kuraklıkları belirlemede daha üstün olabileceğini ortaya koyabilir. Örneğin, SPI ve SPEI indekslerinin kullanımı ile bir bölgenin kuraklık durumunun tespit edilmesinde, yağış, sıcaklık ve evapotranspirasyon parametrelerinin değerlendirilmesi, kuraklığın bu faktörlerden nasıl etkilendiğini de göstermektedir. Bu bütüncül analiz, kuraklığın nedenlerini ve dinamiklerini daha kapsamlı bir şekilde anlamamızı sağlayabilir.

Bu gelişmeler doğrultusunda, Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO), SPI

indeksine ek olarak SPEI indeksinin de kullanımını önermiştir. Bunun nedeni, SPEI indeksinin kuraklığın değerlendirilmesinde evapotranspirasyon faktörünü de hesaba katması ve böylece daha kapsamlı bir analiz sağlaması olarak belirtilmiştir. Her iki indeks de kuraklığın büyüklüğünü, yoğunluğunu ve süresini belirlemede temel araçlar olarak kabul görmektedir. Dolayısıyla hem SPI hem de SPEI indekslerinin birlikte kullanılması, kuraklık olgusunun daha bütüncül bir şekilde anlaşılmasına ve etkin yönetilmesine katkı sağlamaktadır (Neddealcov ve ark., 2015).

Akademik literatürde, potansiyel evapotranspirasyon (PET) değerlerini hesaplamak için farklı yöntemler önerilmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemlerden biri Thornthwaite yöntemidir. Bu yöntem, 20. Yüzyılın ortalarında, yaklaşık olarak 1948 yılında, Charles Warren Thornthwaite tarafından, iklimin su kaynakları üzerindeki etkilerini anlamak amacıyla geliştirilmiştir. Hidroloji ve iklim bilimleri alanında, PET'i tahmin etmek için kullanılan ilk modellerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu model, sıcaklık ve gün uzunluğu gibi temel iklim verilerini kullanarak potansiyel evapotranspirasyonu hesaplamaktadır. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde, örneğin Türkiye'de, yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir diğer yöntem ise Hargreaves yöntemidir, bu model de PET'i tahmin etmek için pratik bir yaklaşım sunmaktadır (Hargreaves ve Allen, 2003). Bu model, sadece sıcaklık ve güneş enerjisi gibi kolayca elde edilebilen iki parametre kullanmaktadır. Sıcaklık verilerinin genellikle hızlı ve düzenli bir şekilde ölçülebildiği durumlarda tercih edilir. Model, sıcaklık değişimlerini temel alarak evapotranspirasyonu tahmin etmektedir ve bu özellikleri sayesinde özellikle veri toplamanın zor olduğu bölgelerde veya meteorolojik istasyonların sınırlı olduğu durumlarda pratik bir çözüm sunmaktadır. Hargreaves modeli, basitliği ve veri gereksinimlerinin azlığı nedeniyle su kaynakları planlaması, tarım sulama programları ve diğer hidrolojik uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulmaktadır (Shahidian ve ark., 2012).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin iklim özelliklerindeki yarı kurak karaktere vurgu yapılarak, bölgede yağışın ülkemizdeki yıllık yağış ortalaması altında kalması sebebiyle kuraklıktan da en fazla etkilenen alanlar arasında yer aldığı belirtilmiştir. Bu amaçla, sunulan bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan Şanlıurfa'da oluşan kuraklığın farklı zaman ölçeklerindeki niteliksel özelliklerini belirlemek amacıyla SPI, SPEI(H) ve SPEI(T) kuraklık indisleri ile kuraklık analizi yapılmıştır.

Tez çalışmasında, Şanlıurfa ilinde bulunan beş istasyona ait (Şanlıurfa, Siverek, Birecik, Ceylanpınar ve Akçakale) 1970-2021 yılları arasındaki aylık

ortalama yağış, aylık ortalama sıcaklık, aylık maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılarak 3 farklı dönemde (3, 6 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde) SPI, SPEI(H) ve SPEI(T) değerleri hesaplanmıştır. Önceki dönemlerde meydana gelen kuraklıkların karakteristik özellikleri incelenerek seçilen kuraklık indislerinin uygulanabilirliğine ve aralarındaki ilişkiler belirlenmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan araştırmaların sonuçlarından, endüstrileşmenin hızlanmasıyla birlikte sıcaklık artışlarının önemli ölçüde arttığı ve küresel ısınmanın daha belirgin olduğu görülmüştür. Gerçekleştirilen yeni iklim modellemelerine göre önümüzdeki seneler içinde ciddi sıcaklık artışlarının olacağı öngörülmektedir. Dünya’da ve ülkemizde sıcaklıklardaki bu artışların sonucunda yaşanacak kuraklığın izlenebilmesi için çeşitli indekslerle kuraklık analizi ve bunların eğilimlerinin belirlenmesi ile ilgili farklı çalışmalara rastlamak mümkündür. Bu bölümde, kuraklık analizi ile ilgili küresel çapta ve Türkiye’de yapılmış önemli çalışmaların bir kısmı özetlenmiştir.

2.1. Küresel Ölçekte Yapılan Çalışmalar

Moreira ve ark. (2006), Güney Portekiz’in Alentejo Bölgesinde 67 yıllık iklim veri setlerini kullanarak SYİ ile kuraklık indislerini hesaplamışlardır. Farklı dönemlere ait SYİ indis değerlerinin karşılaştırılmasıyla, iklim değişikliği bağlamında oluşabilecek kuraklık eğilimleri incelenmiştir. Araştırmacılar, hem gözlem sürecinin başlangıcındaki verileri hem de son yıllara ait verileri mukayese ederek, bölgenin kuraklık şiddetinin zaman içinde arttığı sonucuna varmışlardır.

Vicente-Serrano ve ark. (2010), yağış ve buharlaşma verileri kapsamında iklimsel su dengesi içeren, farklı zaman serileri için hesaplanabilen SPEI indeksini geliştirdikleri çalışmada, SPEI’ın; kolay hesaplanabilmesi, evapotranspirasyonu içermesi nedeniyle tarımsal kuraklığı daha iyi ifade ettiğini ve farklı zaman serileri için hesaplanabildiğini, bu yüzden kuraklığın incelenmesinde diğer yöntemlere göre avantajlı bir yöntem olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca PET değerlerinin hesaplanması için Thornthwaite, Penman-Monteith, Hargreaves gibi farklı yöntemlerin kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Bari Abarghouei ve ark. (2011), İran’ın tamamı için gerçekleştirdikleri araştırmada, 3, 6, 9, 12, 18 ve 24 aylık zaman aralıklarındaki SPI indeksine göre eğilim analizleri yapılmıştır. 30 yıllık meteorolojik verileri kullanarak yürütülen çalışmada, İran genelinde kuraklığın artan bir seyir izlediği sonucuna varılmıştır. Farklı süreli zaman serileri temel alınarak yapılan incelemede ülkenin tamamında SPI değerlerindeki değişim izlenerek, İran’ın kuraklık riskinin zaman içinde arttığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Merkoci ve ark. (2013), Arnavutluk bölgesinde 1951-2000 yılları arasındaki verileri kullanarak, 1, 3 ve 6 aylık SYİ değerlerini değerlendirmişlerdir. 3 aylık

periyot için SYİ değerleri (SYİ-3) incelendiğinde, her 10 yıllık döneme ait orta, şiddetli ve aşırı kuraklık durumlarının zaman içinde artan bir eğilim sergilediği; özellikle 1961-1970 ve 1971-1980 dönemlerinde bu tür kuraklık olaylarının 10 kere gerçekleştiği belirtilmiştir. Ayrıca 2003 yılının kuraklık açısından en dikkat çekici yıl olduğu ifade edilmiştir. Araştırmacılar, 6 aylık SYİ (SYİ 6) değerleri için ise Arnavutluk'un güneyinde -1,5'ten daha şiddetli, kuzeyinde ise -4,2'ye varan değişiklikler gözlediklerini paylaşmışlardır.

Wang ve ark. (2014), 1961-2012 yılları arasında 633 meteoroloji gözlem istasyonundan elde edilen verileri kullanarak, kuraklık şiddetini belirlemek amacıyla Standart Yağış İndeksi ve Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi yöntemlerinden faydalanılmıştır. Eğilim analizlerinde Mann-Kendall istatistik testi uygulanırken, SPEI hesaplamasında ise Thornthwaite ve Gıda ve Tarım Örgütü-56 Penman-Monteith referans evaporasyon yöntemleri tercih edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, bazı bölgelerde Thornthwaite yöntemiyle elde edilen SPEI değerlerinin eğiliminde, %5 anlamlılık düzeyinde azalan bir yönde anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiş; diğer bir ifadeyle ilgili bölgelerde kuraklık şiddetinin yıllar içinde yoğunlaştığı belirlenmiştir.

Stagge ve ark. (2015), 1970-1999 yılları arasında SYİ ve SPEİ yöntemleri kullanılarak 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman aralıklarında meteorolojik kuraklık hesaplamaları yapılmıştır. Analizler, tarım, enerji-sanayi, kamu su temini ve tatlı su ekosistemi olmak üzere dört farklı kuraklık türü için beş Avrupa ülkesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; tarımsal etkilerin 2 ile 12 ay arasında oluşan kuraklıklarla açıklandığı, enerji-sanayi etkilerinin ise daha uzun periyotlarda (6-12 ay) etkili olduğu belirlenmiştir. Kamu su temini ve tatlı su temini etkilerinin ise karmaşık bir kombinasyonla (1-3 ay) ve mevsimsel kuraklıkla (6-12 ay) açıklandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Liu ve ark. (2016), Çin'in Loess Platosu bölgesinde, 1957-2012 yılları arasında bölgesel kuraklık özellikleri belirlemek amacıyla SYİ ve SYEI yöntemlerini kullanmıştır. Bölge genelinde 54 meteoroloji istasyonundan toplanan iklim verileri yardımıyla, 1, 3, 6, 12 ve 24 aylık zaman aralıklarında değerlendirilmiştir. Farklı yöntemlerle elde edilen indis değerlerinin karşılaştırılmasından, kuraklık şiddetinin daha iyi SYİ ile tanımlandığı sonucuna varılmıştır. Kuraklık sıklığının zamansal değişimi, farklı aylar, zaman ölçekleri ve şiddet seviyeleri açısından incelenmiştir. Aylara göre bölgesel dağılımları haritalanarak, kuraklık sıklığının güneydoğudan kuzeybatıya doğru azaldığı belirlenmiştir. Zaman içinde kuraklığın etkilediği alanlar

değişse de, genellikle bölgenin merkezi ve kuzeybatı kesimlerinde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir.

Li ve ark. (2015), Çin'in Xinjiang bölgesinde farklı meteoroloji istasyonlarının 1961-2013 yılları arasındaki ölçülen verileri referans alarak, 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman aralıklarında SPI ve SPEI yöntemleri kullanılarak kuraklık yoğunluğu ve eğilimi incelenmiştir. SPEI hesaplarında Thornthwaite ve FAO-56 Penman-Monteith buharlaşma yöntemleri mukayese edilirken, eğilim tayini için Modifiye Mann-Kendall yöntemi, büyüklüğün belirlenmesi için ise Sen yöntemi kullanılmıştır. SPI ve FAO-56 Penman-Monteith yöntemine dayalı SPEI değerlerinin kuraklık eğilimi, Thornthwaite sonuçlarına göre daha tutarlı çıkmıştır. Çünkü sadece Thornthwaite yöntemi sadece yağışı ve sıcaklığı dikkate almıştır.

Coll ve ark. (2016), İber Yarımadası'ndaki 1906-2010 dönemindeki kuraklık değişkenliği ve eğilimini değerlendirmek amacıyla, yıllık ve mevsimlik ölçekte Standart Yağış İndeksi ve Standart Yağış-Evapotranspirasyon İndeksi kullanılmıştır. Özellikle ilkbahar ve yaz aylarındaki sıcaklıklarda artış olduğu, 1980'e kadar SPI ve SPEI sonuçlarının birbirine benzeyen bulgular sağladığı; fakat 1980-2010 döneminde SPEI'nin kuraklık şiddeti ve etki alanlarını ortaya koymada SPI'ya göre daha başarılı olduğu belirtilmiştir. Bunun sebebinin SPEI'nin, sıcaklık artışı ve yağış azalmasıyla oluşan atmosferik buharlaşma talebini de dikkate almasından kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Saada ve Abu-Romman (2017), Ürdün'ün kuzeybatı bölgesinde bulunan beş farklı meteoroloji istasyonundan 1983-2013 yılları arasındaki verileri kullanarak, 12 aylık zaman ölçeğinde Standart Yağış İndeksi (SPI) değerleri hesaplanmıştır. Bu sayede bölgenin kuraklık durumu analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre 2007-2009 yılları arasındaki dönem, incelenen dönem içerisinde en kurak periyot olarak tespit edilmiştir.

Mathbout ve ark. (2018), Suriye'de 1961-2012 yılları arasında incelenen 20 hava istasyonunda, SPI ve SPEI yöntemlerine göre kuraklık durumu değerlendirilmiştir. Farklı zaman aralıklarındaki (3, 6, 9, 12 ve 24 ay) hesaplamalar, ülkenin kuzeydoğu, güney ve kuzeybatı bölgeleri arasındaki zamansal kuraklık paternlerini açığa çıkarmıştır. Modifiye Mann-Kendall testi tüm istasyonlarda anlamlı azalan eğilimler olduğunu göstermiştir. Özellikle 12 ve 24 aylık dönemlerde, SPI ve SPEI arasındaki ilişkiler benzerlik göstermiştir. Çalışma, her iki endeksin bölgesel kuraklık değişimini analiz etmede etkili araçlar olduğunu; 2007-2010

yıllarının ise ülke genelinde en kurak zaman aralığı olarak kayda geçtiğini ortaya koymuştur.

Bae ve ark. (2018), Güney Kore'de seçilen 8 meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler kullanılarak, SPEI yöntemiyle 29 yıllık kuraklık durumu incelenmiş ve özellikleri değerlendirilmiştir. SPEI_th ve SPEI_pm modellerine dayalı geleneksel hesaplamalarla elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, genellikle SPEI_pm yönteminin daha yüksek kuraklık değerleri verdiği görülmüştür. Bununla birlikte, bölgelere göre 1 ve 3 aylık zaman ölçeklerinde kuraklık düzeylerinde farklılıklar olduğu belirtilmiştir. Modifiye Mann-Kendall testi sonucunda, sonbahar ve kış ayları için kuraklıkta azalma eğiliminin mevcut olduğu ifade edilmiştir.

Bera ve ark. (2021), Hindistan'ın Chhota Nagpur Platosu bölgesindeki 1996-2020 yıllarına ait 25 yıllık meteorolojik veriler kullanılarak, SPI ve SPEI indeksleriyle kuraklık eğilimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Mann-Kendall eğilim testiyle kuraklık eğilimleri, Sen'in eğim yöntemiyle ise şiddetleri tespit edilmiştir. 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman aralıklarında yapılan çalışmada, SPEI hesabında FAO-56 Penman-Monteith buharlaşma yöntemi tercih edilmiştir. %5 anlamlılık düzeyinde tüm periyotlarda, SPI'a göre SPEI endeksiyle daha fazla azalan, yani artan eğilim olduğu saptanmıştır. Buna göre kuraklıkta bir artış olduğu sonucuna varılmıştır.

Qaisrani ve ark. (2021), kuraklığın izlenmesi amacıyla, 1981-2018 yılları arasında 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman aralıklarında 10 meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler kullanılmıştır. SPEI indeksinin referans evapotranspirasyonu Hargreaves metoduyla, kuraklık eğilimi Mann-Kendall testiyle, eğilimin büyüklüğü ise Sen'in eğim yöntemiyle belirlenmiştir. Araştırma bulgularına göre, 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman ölçekleri için SPI indeksine göre iki istasyonda artan; sekiz istasyonda azalan eğilim görülürken, SPEI indeksine göre 1 ayda bir istasyonda artış, diğerlerinde azalış; 3, 6, 9, 12 ayda ise tüm istasyonlarda azalma tespit edilmiştir. Kısa periyotlarda eğilim dalgalanmasının fazla, SPEI'nin ise SPI'a göre kuraklık eğilimini daha iyi yakaladığı bildirilmiştir.

Liu ve ark. (2021), Çin'in Sichuan Eyaletinde bulunan 44 meteoroloji istasyonundan 1961-2019 yılları arasındaki verileri kullanarak, farklı zaman ölçeklerinde (1, 3, 6, 12 ay) SPI ve SPEI yöntemleri yardımıyla kuraklık analizleri gerçekleştirilmiştir. Kuraklık eğilimlerini hesaplamak üzere Mann-Kendall trend testi uygulanmıştır. Yapılan çalışmalarda, bölge ve zaman ölçeklerine göre SPI ile SPEI yöntemleri arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Araştırmacılar, SPEI'nin

kuraklık değerlendirmesinde SPI'ye göre daha duyarlı sonuçlar verdiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca, SPEI'ye göre kuraklık eğiliminin düz ve engebeli alanlarda plato ve dağlık bölgelere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ortiz-Gómez ve ark. (2022), Kuzey Orta Meksika'nın yarı kurak bölgesinde, farklı buharlaşma ve transpirasyon modellerinin kuraklık analizine etkisini incelemek için, 14 meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler kullanılmıştır. Kuraklık analizi için Keşif Kurak İndeksi (RDI) ve SPEI yöntemleri uygulanmıştır. Sekiz farklı model karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, Hargreaves-Samani modelinin en iyi performans gösterdiğini; Thornthwaite ve Dorji modellerinin ise en az tavsiye edilen yöntemler olduğunu göstermiştir. İstatistiksel analizler, Thornthwaite veya Hargreaves-Samani modeli kullanılarak hesaplanan RDI ve SPEI endeksleri arasında anlamlı fark olmadığını; ancak Thornthwaite modeli kullanıldığında kurak olayların daha yoğun tahmin edildiğini ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçların, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerin analizi için önemli olduğu değerlendirilmiştir.

2.2. Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

Atmaca (2011), Konya ilindeki 44 adet meteoroloji gözlem istasyonuna ait aylık yağış verileri kullanılarak, SYİ yöntemiyle kuraklık analizi yapılmıştır. 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman ölçeklerine göre elde edilen kuraklık indeks serilerinin trend analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, Konya ilindeki istasyonların yaklaşık yarısında kuraklık tespit edilmiştir. Ayrıca, iki yılda bir kuraklık olayının meydana gelebileceği ifade edilmiştir.

Oğuztürk ve Yıldız (2014), Kırıkkale iline ait iklim verileri kullanılarak farklı zaman periyotlarındaki (1, 3, 6, 9, 12 ve 24 ay) kuraklık analizi yapılmıştır. Çalışmada SYİ yöntemi kullanılarak bölgenin kuraklık durumu (genliği, süresi, şiddeti) incelenmiştir. Farklı zaman periyotlarında elde edilen SYİ sonuçları, araştırma alanının iklim özellikleriyle uyumlu bulunmuştur. Dolayısıyla SYİ verilerinin Kırıkkale ili için kuraklığın değerlendirilmesinde etkili bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgular, bölgenin kuraklık durumunun farklı zaman ölçeklerinde incelenmesine imkan sağlamıştır.

Dinç ve ark. (2016), iklim değişikliğine bağlı küresel ısınma sonucunda oluşan kuraklığın dünya genelinde ve ülkemizde de görüldüğü, uzun zaman boyunca yağış miktarının ortalamanın altında kalmasının tüm canlı varlıkları olumsuz yönde etkilediği ifade edilmiştir. Zaman ve mekan açısından kuraklık şiddetini açıklamak

için farklı yöntemler geliştirilmiş ve çalışmada en yaygın kullanılan yöntemden biri olan SPI yöntemi kullanılarak, Antalya ili sınırları içinde bulunan sekiz meteoroloji istasyonundan 1970-2014 yılları arasındaki uzun dönemli yağış verilerine dayalı analiz gerçekleştirilmiştir. Uzun yıllar boyunca alınan yağış miktarları baz alınarak yapılan değerlendirmede, gelişigüzel yağış indeksinde herhangi bir azalmaya rastlanmamış; değerlerin normal sınırlar içinde olduğu görülmüştür. Ayrıca mevsimlere göre yapılan incelemede, bölgenin kış aylarında da kurak dönemler yaşayabildiği sonucuna varılmıştır.

Gümüş ve ark. (2016), Şanlıurfa ilinde uzun yıllara yayılan (1937-2014) yağış ölçümleri temel alınarak kuraklık durumu analiz edilmiştir. Kuraklığı tespit etmek amacıyla SYİ yöntemi kullanılmıştır. Ay bazındaki yağış miktarları esas alınarak, 1, 3, 6 ve 12 aylık SYİ değerleri vasıtasıyla Şanlıurfa ölçüm istasyonundaki kurak ve yağışlı dönemlerin şiddeti, çaprazlığı ve dağılımı belirlenmiştir. Sonuç olarak, 1986-2014 (29 yıl) döneminde aşırı kurak geçen ayların sayısının, 1937-1985 (49 yıl) dönemindeki kurak aylar sayısından daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Tüm zamansal ölçeklere göre en yüksek SYİ değerlerinin Ekim-Aralık 1972 ayları arasında ortaya çıktığı saptanmıştır.

Oruç (2017), Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan 33 meteorolojik gözlem istasyonundan 1960-2015 yıllarına ait yağış ve sıcaklık verileri temel alınarak kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. SYİ zaman serilerine ait 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman aralıkları hesaplanmıştır. Genel itibariyle, kısa döngelerde (3-6 ay) normal veya normalin yakınındaki kuraklıklar ile orta şiddette kuraklıklar daha çok rastlanırken; zaman aralığının uzamasıyla (12-24 ay) çok şiddetli kuraklık oranının arttığı görülmüştür. En kurak dönem 1971-1980 yılları arasında yaşanmış; bütün zaman değişimleri kapsamında en uzun süre kuraklığın yaşandığı istasyon olarak ise Pervari istasyonu belirlenmiştir.

Gumus ve Algin (2017), Seyhan-Ceyhan havzalarında SYİ yöntemi kullanılarak kuraklık analizi yapıldığı ifade edilmiştir. 14 meteoroloji ve 12 akım ölçüm istasyonundan elde edilen verilere bağlı, 3, 6 ve 12 aylık SYİ değerleri belirlenerek hem meteorolojik hem de hidrolojik kuraklık analizleri gerçekleştirilmiş; kurak geçen dönemler ve kuraklık şiddeti tespit edilmiştir. Sonuç bölümünde; belirlenen bir meteorolojik kuraklığın ertesi yıl hidrolojik kuraklık şeklinde ortaya çıktığı sonucuna varılmıştır.

Güner Bacanlı ve Akşan (2019), Akdeniz Bölgesi'nde yer alan 8 meteoroloji

istasyonu için 1970-2018 yılları arasındaki veriler üzerinden SPEI yöntemi kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Her bir istasyon için 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık SPEI değerlerinin sıklık analizleri hesaplanmıştır. Aylık (1, 3, 6, 9 ve 12 aylık) sıklık değerleri arasındaki kurak ve yağışlı dönem dağılımlarının karşılaştırılması amaçlanırken; sonuç olarak Akdeniz Bölgesi'ndeki tüm istasyonlardan elde edilen verilerin hafif kuraklık ile normal aralık arasında değiştiği belirlenmiştir.

Bakanoğulları (2020b), İstanbul ilinin Büyükçekmece ilçesi sınırları içerisinde yer alan Damlıca Havzası'nda, 1982-2006 yıllarına ait uzun dönem yağış, sıcaklık ve buharlaşma verileri üzerinden kapsamlı bir kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, kuraklık şiddetinin belirlenmesinde SPI ve SPEI yöntemlerinden yararlanılmıştır. 1, 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde hesaplanan her iki indis değerleri karşılaştırılarak, kurak dönemlerin saptanması amaçlanmıştır. Analiz sonuçları, özellikle tarımsal üretim açısından SPEI indeksinin daha duyarlı tahminler sunduğunu ortaya koymuştur. Buna göre, kuraklık azaltma politikaları için SPEI yaklaşımının daha güvenilir veriler sağlayacağı değerlendirilmiştir.

Bakanoğulları (2020a), Edirne ilinin İpsala ilçesine bağlı Kumdere Havzası'ndan 1985-2009 yılları arasındaki uzun dönem meteorolojik ölçümlere dayalı olarak kapsamlı bir kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, kuraklık şiddeti ve sıklığının belirlenmesinde yaygın kullanılan SPI ve SPEI yöntemleri kullanılmıştır. 25 yıllık gözlem verileri ışığında, yıllık SPEI ve SPI indeks değerleri arasındaki regresyon ilişkisi incelenmiş; ikinci dereceden polinoma göre belirlenen determinasyon katsayısının 0.95 olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, aylık, mevsimlik ve altı aylık ölçeklerde kuraklık şiddetleri arasında farklılıklar olduğu görülmüştür. Özellikle, bitki gelişim dönemleri açısından tarımsal üretim için SPEI endeksinin aylık değerlendirmelerde daha duyarlı sonuçlar sunduğu değerlendirilmiş; böylece kuraklık azaltma politikalarında karar alıcılara daha güvenilir veriler sunabileceği belirtilmiştir.

Yüce ve Eşit (2020), Ceyhan Havzası'ndan 1963-2016 yılları arasında toplanan uzun dönemli 8 adet meteoroloji istasyonunun aylık verileri, kuraklık analizlerinde kullanılmıştır. Çalışmada, sıklıkla kullanılan SPI ve SPEI yaklaşımları tercih edilmiştir. 1 ve 3 aylık zaman dilimleri için hesaplanan ilgili indeks değerleri arasında 0.83-0.96 arasında değişen çok güçlü korelasyon saptanmıştır. 2007-2009 yılları arasında yapılan kuraklık sınıflandırmasında, SPI ve SPEI yöntemleri orta kuraklık kategorisinde benzer performans gösterdiği; ancak şiddetli kuraklık için aynı durumun geçerli olmadığı belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarının, Ceyhan

Havzası'nda su kaynakları planlaması, su temini ve dağıtım altyapısı projelerinin oluşturulması süreçlerine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Gümüş ve ark. (2021), Güneydoğu Anadolu Projesi'nin (GAP) uygulandığı bölge için uzun yıllara ait yağış verileri temel alınarak kapsamlı bir kuraklık analizi yapılmıştır. Çalışmada, yaygın olarak kullanılan SPI yöntemi tercih edilerek, 3, 6 ve 12 aylık periyotlar itibarıyla kuraklık göstergeleri hesaplanmıştır. Buna ek olarak Mann-Kendall (MK) testi kullanılarak bölgedeki kuraklık eğilimleri saptanmıştır. Analiz sonuçları, 12 aylık SPI değerlerinin %30'undan fazlasının azalma eğiliminde olduğunu ve bölgenin büyük bir kesiminde kuraklık riskinin yüksek olduğunu göstermiştir. Mekansal değerlendirmelerde ise bölgenin kuzey ve güney bölümlerinde kuraklık eğiliminin diğer kesimlere göre daha belirgin olduğu ifade edilmiştir.

İrcan ve Duman (2021), Şanlıurfa ilinde yer alan çeşitli meteoroloji istasyonlarının (Şanlıurfa merkez, Akçakale, Birecik, Ceylanpınar ve Siverek) 1975-2019 yıllarına ait uzun dönemli yağış verileri kullanılmıştır. Kuraklığın süre, yoğunluk ve sıklığındaki değişimlerin daha iyi analiz edilebilmesi amacıyla, veriler iki alt döneme (1975-1997 ve 1997-2019) ayrıştırılmıştır. Kuraklık tespiti için SYİ yöntemi kullanılmış ve 12 aylık zaman serileri üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Sonuçlara göre Şanlıurfa merkez ve Siverek istasyonlarında kurak dönemlerin yoğunluğu, diğer istasyonlara kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca bölge genelinde kuraklık şiddeti, sıklığı ve süresinin ikinci döneme ait artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum araştırma alanının kurak-yarı kurak iklimine sahip bölge özelliğinin zamanla giderek şiddetlendiğine işaret etmektedir.

Varol ve ark. (2021), Isparta ili için kapsamlı bir kuraklık değerlendirmesi, Isparta Devlet Meteoroloji İstasyonundan toplanan uzun dönemli (1930-2019) günlük yağış verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, yaygın olarak kullanılan SPI yöntemi tercih edilerek, farklı zaman periyotlarında (1 ay, 3 ay, 6 ay v.b.) analizler yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, bölgede son olarak 2008-2009 yılları arasında aşırı ve şiddetli kurak dönemler yaşandığı saptanmıştır. 1 aylık zaman ölçeği baz alındığında ise, indeks değerleri kullanılarak 24 farklı periyotta aşırı kurak koşulların oluştuğu belirlenmiştir. Uzun soluklu meteorolojik veriler ışığında, Isparta ilinin kuraklık riski açısından hassas bir bölge olduğu değerlendirilmektedir.

Aktürk ve ark. (2022), Kırıkkale ili sınırları içerisinde yer alan Kırıkkale istasyonundan toplanan 1963-2018 yılları arasındaki yağış ve sıcaklığın aylık verileri

temel alınarak kapsamlı bir kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman periyotları itibarıyla SPI ve SPEI'nın farklı modelleri kullanılarak hesaplanması amaçlanmıştır. SPEI için potansiyel buharlaşma (PET) değerleri, Thornthwaite ve Hargreaves modellerine göre tahmin edilerek iki farklı sonuç elde edilmiştir. Analiz sonucunda, tüm indeks ve zaman periyotları için yüksek korelasyon değerlerine ulaşılmıştır. Çalışma alanında SPI ve SPEI yöntemlerinin kuraklık izleme ve tespitinde güvenle kullanılabileceği kanısına varılmıştır.

Yüce ve ark. (2022), Samsun kent merkezinde bulunan uzun yıllara ait meteorolojik gözlemlere sahip istasyondan toplanan 1938-2020 yılları arasındaki aylık yağış verileri, kuraklık analizi için kullanılmıştır. Çalışmada, yaygın olarak tercih edilen SPI ve SPEI yöntemleriyle indeks değerleri hesaplanmıştır. İlk aşamada, iklim değişikliğinin yağış, sıcaklık, bağıl nem ve buharlaşma verileri üzerindeki etkisi incelenmiş; sıcaklık eğiliminin arttığı görülmüştür. SPI ve SPEI arasındaki ilişki 1 aylık zaman diliminde kuvvetliken, uzun periyotlarda azalmakla birlikte güçlü kalmıştır. Analiz sonuçları, Samsun'un kuraklık açısından risk taşıdığını, bölgenin hidrolojik dengesinin korunması için önlemlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu tez çalışmasında, Şanlıurfa il sınırlarında bulunan 5 farklı meteoroloji gözlem istasyonunda (Şanlıurfa merkez, Akçakale, Birecik, Ceylanpınar ve Siverek) 1970-2021 seneleri arasında 52 yıllık dönemde elde edilen iklimsel parametrelerine dayalı SPI ve SPEI yöntemleri kullanılarak incelenmesi hedeflenmiştir. 1970-2021 seneleri arasında 52 yıllık dönemini kapsayan araştırmada, 3, 6 ve 12 aylık zaman dilimlerine göre SPI ve SPEI değerlerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

Şanlıurfa ili Türkiye'nin güneydoğusunda, 37°49'12''- 40°10'00'' doğu boylamları ile 36°41'28''- 37°57'50'' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 3.1). Çalışma alanının doğusunda Mardin, batısında Gaziantep, kuzeydoğusunda Diyarbakır, kuzeybatısında Adıyaman illeri bulunmaktadır. Güneyde Türkiye-Suriye kara sınırı oluşturan Suriye bulunmaktadır. İlin ortama yükseltisi 500 metrenin üzerinde olup yüzölçümü 18.765 km²'dir. Araştırma alanının morfolojik durumu, kuzeyden güneye doğru alçalan basamaklı topoğrafya yüzeyi olarak kendini göstermektedir. Bu topoğrafya yüzeyi genel olarak yükseltisi fazla olmayan, sade düzlüklerden oluşmaktadır. Topoğrafya yüzeyinin basamaklı özellik göstermesi, sıcaklık ve yağış değerlerinde farklılıklara neden olmuştur. Ortalama sıcaklık değerleri kuzeyden güneye doğru artarken, yağış miktarları aynı yönde azalmaktadır. Araştırma sahasındaki istasyonların uzun yıllık sıcaklık ve yağış değerleri sırasıyla şu şekildedir: Uzun yıllık ortalama sıcaklıkları, Şanlıurfa merkezde 18,72°C; Akçakale'de 18,41°C; Birecik'te 17,98°C; Ceylanpınar'da 18,34°C; Siverek'te 16,75°C'dir (Çizelge 3.1). Uzun yıllık yağış ortalamaları, Şanlıurfa merkezde 426,24; Akçakale'de 274,20; Birecik'te 349,68 mm; Ceylanpınar'da 285,00 mm; Siverek'te 538,32 mm'dir.

Bu çalışmada, Şanlıurfa ilinde bulunan 5 istasyonuna (Şanlıurfa merkez, Akçakale, Birecik, Ceylanpınar ve Siverek) ait 1970-2021 seneleri arasında 52 yıllık dönem için aylık olarak toplam yağış, ortalama sıcaklık, maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılmıştır.

Yapılan çalışma kapsamında yararlanılan meteoroloji gözlem istasyonlarının yağış ve sıcaklık verileri, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (MGM) sağlanmış olup bu istasyonlara ait coğrafi bilgiler ile ölçüm aralıkları sırasıyla Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Analizde kullanılan istasyonlara ait coğrafi bilgileri ve veri aralığı (MGM, 2021)

İstasyon No	İstasyon Adı	Koordinatı	Yükseklik (m)	Veri Aralığı	Ortalama Aylık Toplam Yağış (mm)	Aylık Ort. Max. Sıcaklık Ortalaması (°C)	Aylık Ort. Min. Sıcaklık Ortalaması (°C)	Aylık Ort. Sıcaklık Ortalaması (°C)
17270	Şanlıurfa	37.1608 (K), 38.7863 (D)	550	1970-2021	35.52	24.66	13.21	18.72
17980	Akçakale	36.7276 (K), 38.9473 (D)	365	1970-2021	22.85	25.81	10.8	18.41
17966	Birecik	37.0281 (K), 37.9638 (D)	346	1970-2021	29.14	25.79	10.53	17.98
17968	Ceylanpınar	36.8406 (K), 40.0307 (D)	360	1970-2021	23.75	26.42	10.42	18.34
17912	Siverek	37.7522 (K), 39.3291 (D)	801	1970-2021	44.86	22.43	11.44	16.75

3.2. Yöntem

Kuraklığın incelenmesi için farklı araştırmacılar tarafından birçok yöntem önerilmiş olup bu yöntemler kuraklığın değerlendirilmesinde farklı girdi parametreleri gerektirmektedir. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi-SYİ (Standardized Precipitation Index SPI) ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi-SYEİ (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index SPEI) meteorolojik kuraklık analizi için önerilen ve oldukça sık kullanılan kuraklık yöntemleridir. Kuraklığın analizinde SPI yönteminde yalnızca yağış verileri kullanırken, SPEI yağış verilerinin yanı sıra, sıcaklık verilerine bağlı Potansiyel Evapotranspirasyon (PET) değerlerini de dikkate alır. PET değerlerinin hesaplanması için teorik olarak önerilmiş birçok yöntem bulunmaktadır ve bu yöntemlerin her biri farklı girdi kombinasyonların ihtiyaç duymaktadır. PET değerlerinin hesaplanmasında Thornthwaite ve Hargreaves gibi farklı ampirik yaklaşımlar sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışma bölgesinin Türkiye'nin en sıcak ve kurak şehirlerinden olduğu değerlendirildiğinde PET hesaplama yöntemlerinin yağış yanında sıcaklık değerlerinin de göz önüne alınarak Şanlıurfa'da yapılan kuraklık tahminleri, bu bölgedeki kuraklık analizi ve buna bağlı su kaynaklarının yönetimi çalışmalarına önemli katkılar sunacağı öngörülmektedir.

3.2.1. Standart Yağış İndisi (SPI)

Bu yöntem, çeşitli iklim koşullarına sahip bölgelerdeki kuraklıkları tanımlamak ve izlemek amacıyla 1993 yılında McKee ve ekip arkadaşları tarafından

geliştirilmiştir. SPI, belirli bir zaman diliminde gözlemlenen kümülatif yağışın uzun vadeli ortalamadan ne kadar saptığını standart sapmalar cinsinden ifade eder. SPI, yalnızca yağış verilerine dayanarak kolayca hesaplanabilen bir ölçüm olduğundan, herhangi bir bölgede belirli bir zaman dilimindeki kuraklık veya yağış fazlalığı anormalliklerini belirlemek mümkündür. WMO tarafından dünya genelinde önerilen göstergelerden biri olarak kabul edilen SPI, mevcut dönemlerdeki yağış eksikliklerini hesaplamanın yanı sıra, farklı zaman dilimlerinde meydana gelen yağış azalmasının izlenmesine imkân tanır. Ayrıca, bu yöntemle yağıştaki düşüşlerin yeraltı suyu, zemindeki nemi, kar birikimleri ve akarsular gibi hidrolojik sistemler üzerinde yarattığı etkiler de belirlenebilir. Uzun süreli yağış geçmişine dayalı olarak, SPI, bir dönem, eksiklik veya fazlalık boyunca yağıştaki farkı, dönemin tarihsel ortalama yağış miktarına kıyasla nicelleştirir. Bu süre genellikle 3 ay ile 2 yıl arasında değişmektedir.

$$SPI = \frac{P_i - P_m}{\sigma} \quad (3.19)$$

Burada: P_i , i yılının yağışını; P_m , çalışma döneminin ortalama yağış miktarını; σ ise standart sapmayı göstermektedir.

SPI'nın pozitif değerleri aşırı yağış durumlarını, negatif değerleri ise kuraklık durumlarını temsil eder. SPI'nın büyüklüğü, yağış miktarının o dönemdeki normal değerine göre ne kadar sapma olduğunu gösterir. SPI yöntemine ait kuraklık sınıfları ve bu sınıfları temsil eden indis değeri aralığı Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. SPI yöntemine ait kuraklık sınıfları ve indis değerleri aralığı

Kuraklık Sınıfı	İndis değeri aralığı
Aşırı Kurak	$SPI < -2.00$
Çok Kurak	$-2.00 \leq SPI < -1.50$
Orta Kurak	$-1.50 \leq SPI < -1.00$
Hafif Kurak	$-1.00 \leq SPI < 0$
Hafif Yağışlı	0
Orta Yağışlı	1.00
Çok Yağışlı	1.50
Aşırı Yağışlı	$SPI > 2.00$

SPI, kuraklık izleme ve iklim koşullarının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılır. Aylık ölçekte olması, uzun vadeli su kaynaklarının yönetiminde ve tarımsal planlamada önemli bir araçtır. Ayrıca, su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve kuraklık riskinin belirlenmesi için etkili bir gösterge olarak öne çıkar. Bu nedenle, SPI'nın basit hesaplaması ve geniş kullanım alanları, yağış rejimlerinin ve kuraklık durumlarının analizinde önemli bir araç haline gelmektedir.

3.2.2. Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI)

SPEI, yaygın olarak kullanılan SPI kuraklık indeksinin bir uzantısıdır. Kuraklık olaylarını tanımlamak, belirlemek ve izlemek için geliştirilmiş olan SPEI, küresel ısınmanın kuraklık koşulları üzerindeki etkilerini ve sonuçlarını açıklamada da önemli bir rol oynamaktadır. SPEI, yağış parametresinin yanı sıra sıcaklık faktörüne bağlı olarak elde edilen PET (Potansiyel Evapotranspirasyon) değerlerini de içermektedir. SPEI'nın hesaplama adımları, SPI ile benzerlik taşımaktadır. SPI gibi, SPEI de 1 ila 48 ay arasında değişen bir zaman diliminde hesaplanabilir. Su dengesi ilkesine dayanan bu indeks, bir bölgedeki kurak ve nemli koşulları değerlendirirken yağış (P) ile PET arasındaki farkı giriş parametresi olarak kullanmaktadır.

Potansiyel Evapotranspirasyon (PET), bir bölgede ve belirli bir zaman diliminde, bir bitki örtüsü ve toprak yüzeyi tarafından atmosfere verilebilecek su miktarını ifade eder. Yani, eğer su sınırlanmış bir kaynak değilse ve bu kaynak her

zaman mevcutsa, bu durumda ortamın potansiyel olarak kaybedebileceği maksimum su miktarıdır.

Potansiyel evapotranspirasyon, genellikle bitki örtüsü ve toprak yüzeyinin belirli bir alanına ve iklim koşullarına dayanarak hesaplanır. Bu hesaplamalar, su buharının atmosfere transferi sürecini temsil eden farklı modelleri içerir. Potansiyel evapotranspirasyonu hesaplamak için kullanılan modeller arasında çeşitli yöntemler bulunmaktadır. İklim-su dengesi formülüne edilerek aşağıdaki gibi gösterilmiştir:

$$D_i = P_i - PET_i, \quad (3.20)$$

Thornthwaite Modeli:

Thornthwaite Modeli'ni potansiyel evapotranspirasyonu tahmin etmek için geliştirilen ilk modellerden biri olarak açıklanmaktadır. Bu model, Charles Warren Thornthwaite tarafından 20. yüzyılın ortalarında, yaklaşık olarak 1948 yılında, iklimin su kaynakları üzerindeki etkilerini anlamak amacıyla geliştirilmiştir. Hidroloji ve iklim bilimleri alanında potansiyel evapotranspirasyonu tahmin etmek için kullanılan ilk modellerden biri olarak kabul edilir. Bu model, sıcaklık ve gün uzunluğu gibi temel iklim verilerini kullanarak potansiyel evapotranspirasyonu hesaplar. Türkiye gibi sıcak iklimlere sahip bölgelerde yaygın olarak kullanılır.

Thornthwaite Modeli'nin temel denklemi, şu şekilde ifade edilir:

$$PET = 16. \left(\frac{N}{12} \right) \left(\frac{m}{30} \right) \cdot \left(10 \frac{T_{ort}}{I} \right)^a \quad (3.21)$$

Burada Tmean = aylık ortalama sıcaklık (°C cinsinden), N: ayın gün uzunluğu faktörünü, m: aydaki gün sayısını, a ise denklem 3.4 ile ifade edilmektedir.

$$a = 6.75.10^{-7}.I^3 - 7.71.10^{-5}.I^2 + 1.79.10^{-2}.I + 0.49 \quad (3.22)$$

Son olarak I sıcaklık indeksi ise denklem 3.5'te verilen 12 aylık değerin toplamı ile elde edilmektedir.

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_{iort}}{5} \right)^{1.514} \quad (3.43)$$

Thornthwaite Modeli, bu parametreleri kullanarak potansiyel evapotranspirasyonu tahmin eder. Daha karmaşık modellerin ortaya çıkmasına rağmen, Thornthwaite Modeli, basitliği ve etkili tahmin yeteneği nedeniyle hala sıklıkla kullanılmaktadır. Bu model, iklimin su kaynakları üzerindeki etkilerini anlamak ve farklı iklim koşullarında potansiyel evapotranspirasyonu tahmin etmek için önemli bir araçtır.

Hargreaves Modeli:

Hargreaves Modeli, potansiyel evapotranspirasyonu tahmin etmek için kullanılan pratik bir modeldir. Bu model, sadece sıcaklık ve güneş enerjisi gibi kolayca elde edilebilen iki parametreyi kullanır. Sıcaklık verilerinin genellikle hızlı ve düzenli bir şekilde ölçülebildiği durumlarda tercih edilir. Model, sıcaklık değişimlerini temel alarak evapotranspirasyonu tahmin etmekte ve bu özellikleri sayesinde özellikle veri toplamanın zor olduğu bölgelerde veya meteorolojik istasyonların sınırlı olduğu durumlarda pratik bir çözüm sunmaktadır. Hargreaves modeli, basitliği ve veri gereksinimlerinin azlığı nedeniyle su kaynakları planlaması, tarım sulama programları ve diğer hidrolojik uygulamalarda geniş bir kullanım bulmaktadır.

$$PET_H = 0.0023(T_{mak} - T_{min}).(T_{ort} + 17.8).\sqrt{(T_{mak} - T_{min})} \quad (3.44)$$

Denklem 3.6.'da bulunan T_{mak} : Maksimum günlük sıcaklık (°C), T_{min} : Minimum günlük sıcaklık (°C), T_{ort} : Ortalama günlük sıcaklık (°C)

Bu denklem, Hargreaves modelinin temel formasyonunu gösterir.

4. BULGULAR

Bu çalışma, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Şanlıurfa iline ait beş farklı istasyonda (Şanlıurfa merkez, Akçakale, Birecik, Ceylanpınar ve Siverek), 1970-2021 yılları arasında meydana gelen kuraklık olaylarının zaman içindeki gelişimini izlemek ve bu olayların karakteristik özelliklerini (kuraklık sıklığı, süresi ve şiddeti) tanımlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, öncelikle SPI, SPEI(H) ve SPEI(T) yöntemleri kullanılarak geçmiş dönemlerde gözlemlenen kuraklık olaylarının belirli zaman ölçeklerindeki özellikleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Ardından, farklı zaman ölçeklerinde elde edilen bu indis değerleri arasındaki ilişkiler incelenerek değerlendirilmiştir.

Kuraklığın zamana göre değişimi, kuraklığın tarihsel değişiminin ve kuraklığın hangi tarihler arasında nasıl oluştuğunu değerlendirmemize olanak sağlar. Ayrıca, kuraklık indis değerlerinin değişiminden kuraklık sınıflarının oluşumları ve kuraklık şiddeti ve kurak periyot gibi kuraklığın temel özelliklerinin elde edilmesine aracılık eder. Şanlıurfa ilinde bulunan 5 adet meteoroloji gözlem istasyonunda 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde periyodik olarak elde edilen meteorolojik kuraklık analizi sonuçları değerlendirilmiştir.

4.1. 17270-Şanlıurfa İstasyonu Kuraklık Analizi

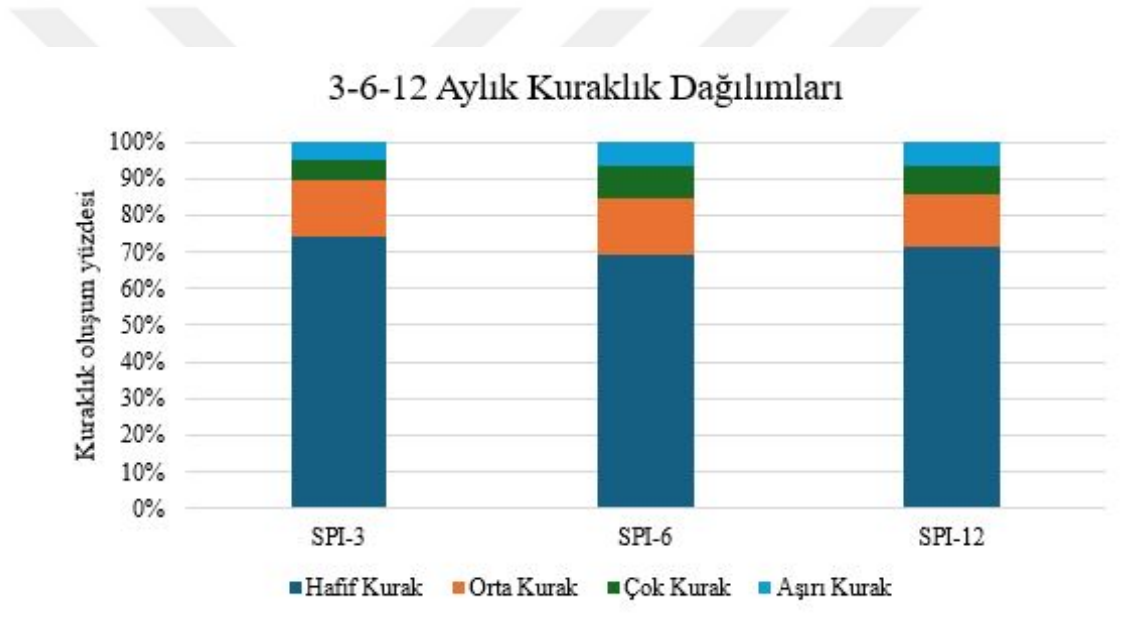
4.1.1. SPI İndisi Kuraklık Dağılımları

Şanlıurfa meteoroloji istasyonuna ait 1970-2021 yılları arasındaki aylık yağış değerleri kullanılarak istasyonun meteorolojik kuraklığı değerlendirilmiştir. Buna veriler aracılığıyla, SPI yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizleri yapılmış ve sonuçları Şekil 4.1. ve Çizelge 4.1.'de verilmiştir. SPI indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %50 yağışlı %50 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 309 ay yağışlı 313 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 232 ay hafif kurak, 48 ay orta kurak, 17 ay çok kurak ve 16 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPI indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %51 yağışlı %49 kurak geçmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 316 ay yağışlı 303 ay kurak yaşanmıştır. Kurak geçen bu aylardan 210 ay hafif kurak, 47 ay orta kurak, 27 ay çok kurak ve 19 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPI indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %52 yağışlı %48 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 321 ay yağışlı 292 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 209 ay hafif kurak, 41 ay orta kurak, 23 ay çok kurak ve 19 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. Şanlıurfa istasyonunda baskın olarak hafif kurak oluşumu yaşanmaktadır. 6 aylık zaman

ölçeğinde orta ve çok kurak sınıfların oluşumu 3 ve 12 aylık zaman ölçeklerine göre daha büyük olmuştur.

Çizelge 4.1. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

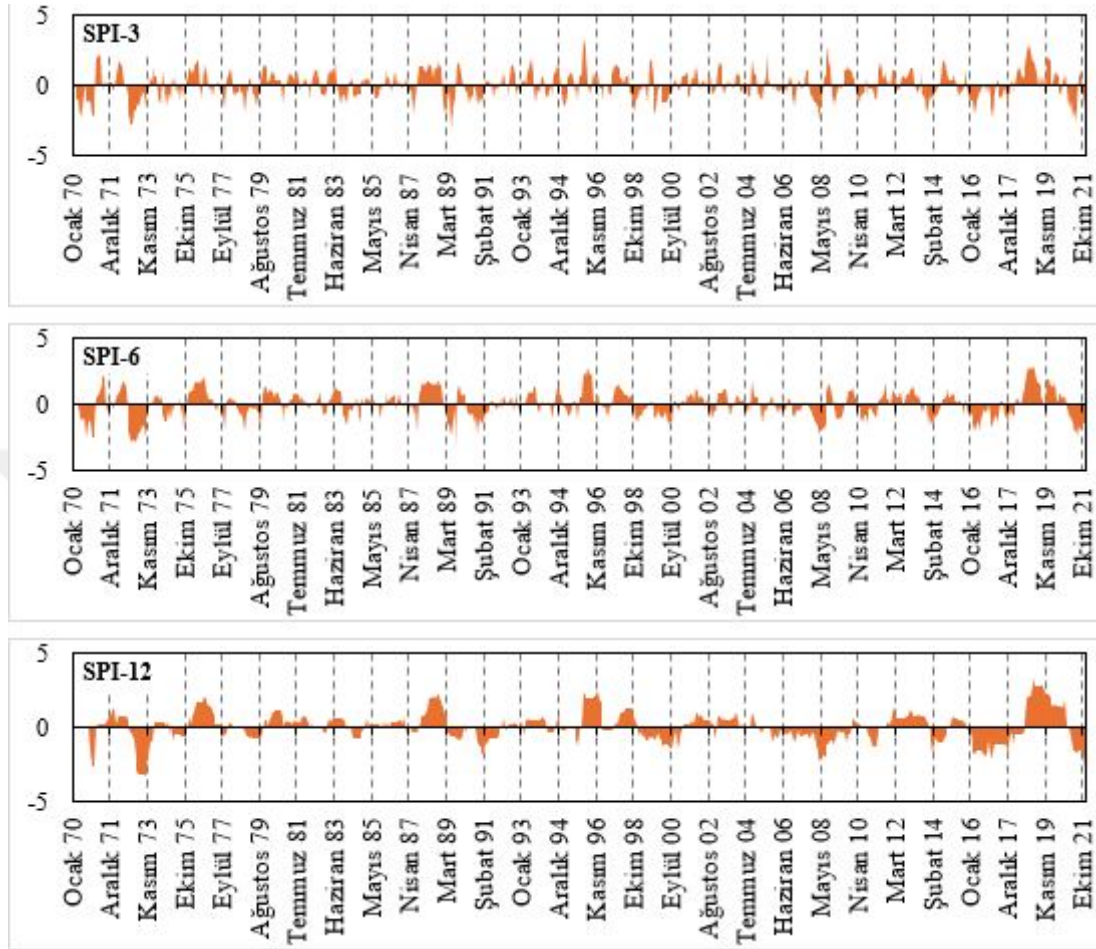
	SPI-3	SPI-6	SPI-12
Hafif Kurak	74%	69%	72%
Orta Kurak	15%	16%	14%
Çok Kurak	5%	9%	8%
Aşırı Kurak	5%	6%	7



Şekil 4.1. 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.2.'de, 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçekleri için 17270-Şanlıurfa istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki veriler kullanılarak hesaplanan kuraklık indis değerlerinin zamansal değişimleri verilmiştir. SPI-3 için en uzun iki kurak dönem Eylül 1972 – Aralık 1973 ve Ocak 1990-Şubat 1991 dönemleri arasında sırasıyla 16 ve 14 ay olarak sürmüştür, SPI yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Haziran 1989 tarihinde -3.00 olarak belirlenmiştir. 6 aylık (SPI-6) değerleri için en uzun süren kurak dönemler Haziran 1978-Eylül 1979 tarihleri arasında 16 ay, Kasım 1972-Aralık 1973 tarihleri arasında ise 14 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -3.26 olarak Eylül 1989 tarihinde bulunmuştur. SPI-12 için en uzun kurak dönemlerin 49 ay ve 36 ay olarak sırasıyla Kasım 2005-Kasım 2009 ve Kasım

2015-Ekim 2018 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Ekim 1973 tarihinde -3.39 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.2. 17270-Şanlıurfa istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

4.1.2. SPEI İndisleri Kuraklık Dağılımları

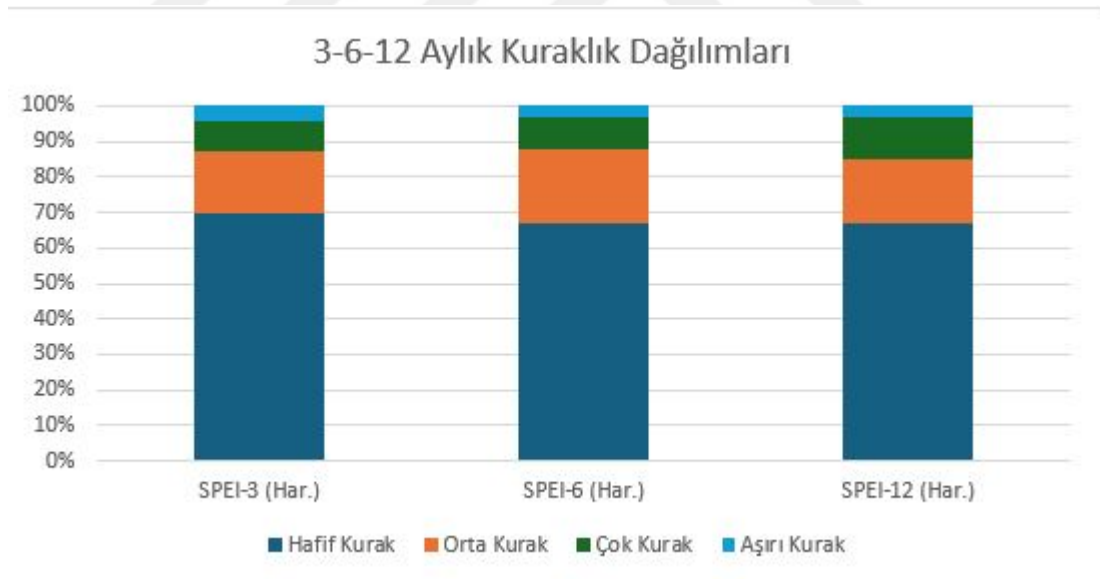
4.1.2.1. Hargreaves Yöntemi SPEI(H)

Şanlıurfa meteoroloji istasyonunda 1970-2021 yılları arasında aylık yağış değerleri kullanılarak meteorolojik kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Buna göre, SPEI(H) yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizleri yapılmış ve sonuçları Şekil 4.2.'de verilmiştir. SPEI(H) indisine göre 3 aylık kuraklık analizi sonucunda farklı kuraklık sınıflarına ait oranlar %50 yağışlı %50 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 311 ay yağışlı 311 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 217 ay hafif kurak, 54 ay orta kurak, 28 ay çok kurak ve 12 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(H) indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %49 yağışlı %51 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 306 ay yağışlı

313 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 211 ay hafif kurak, 64 ay orta kurak, 29 ay çok kurak ve 9 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(H) indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %51 yağışlı %49 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 314 ay yağışlı 299 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 199 ay hafif kurak, 54 ay orta kurak, 36 ay çok kurak ve 10 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.2.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.2. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

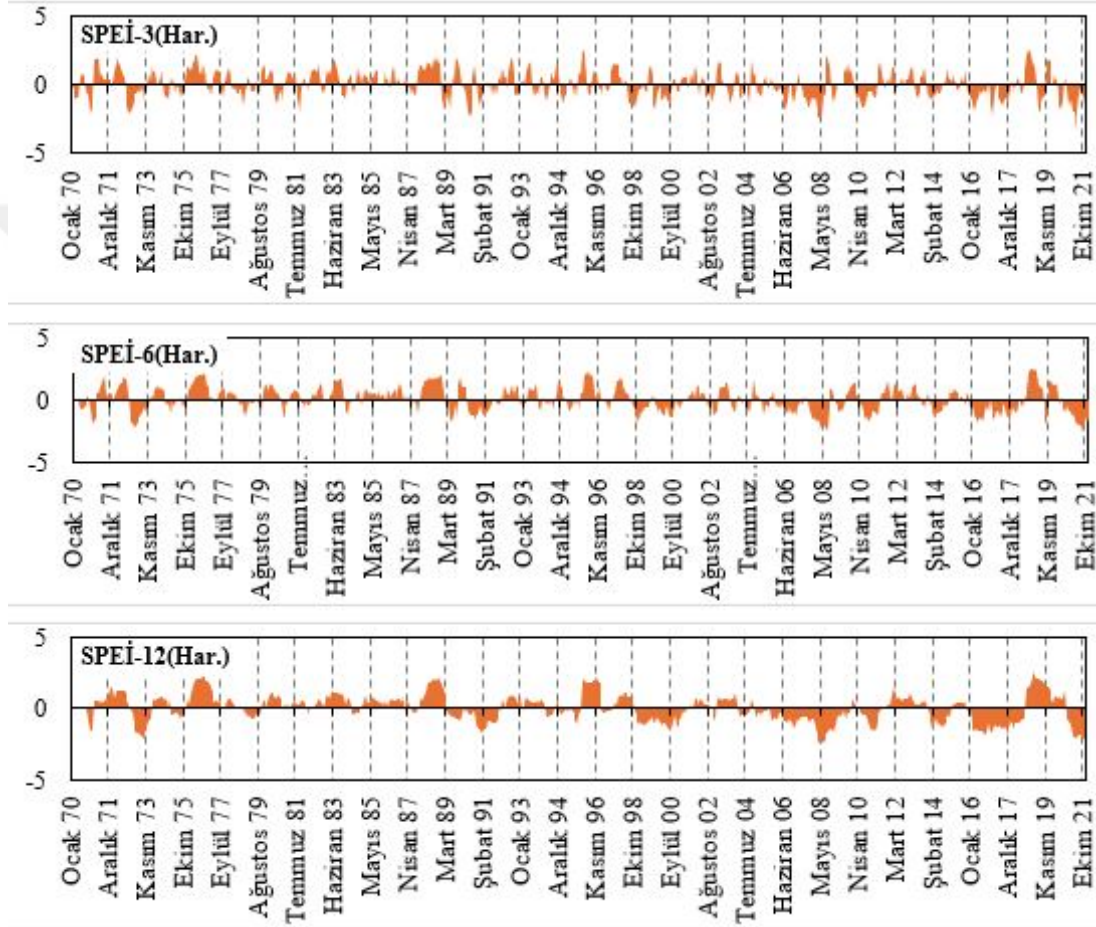
	SPEI-3(H)	SPEI-6(H)	SPEI-12(H)
Hafif Kurak	70%	67%	67%
Orta Kurak	17%	21%	18%
Çok Kurak	9%	9%	12%
Aşırı Kurak	4%	3%	3%



Şekil 4.3. 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.4.'de, 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17270-Şanlıurfa istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki kuraklık indis değerleri SPEI(H) yöntemi ile hesaplanmıştır. SPEI-3(H) için en uzun iki kurak dönem Haziran 2007 – Ağustos 2008 ve Kasım 1972-Aralık 1973 dönemleri arasında sırasıyla 15 ve 14 ay olarak sürmüştür, SPEI(H) yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Haziran 2021 tarihinde -3.42 olarak belirlenmiştir. 6 aylık SPEI-6(H) değerleri için

en uzun süren kurak dönemler Ekim 1999-Haziran 2001 tarihleri arasında 21 ay, Aralık 2005-Mayıs 2007 tarihleri arasında ise 18 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -2.66 olarak Eylül 2021 tarihinde bulunmuştur. SPEI-12(H) için en uzun kurak dönemlerin 49 ay ve 36 ay olarak sırasıyla Kasım 2005-Kasım 2009 ve Aralık 2015-Kasım 2018 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Nisan 2008 tarihinde -2.47 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.4. 17270-Şanlıurfa istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

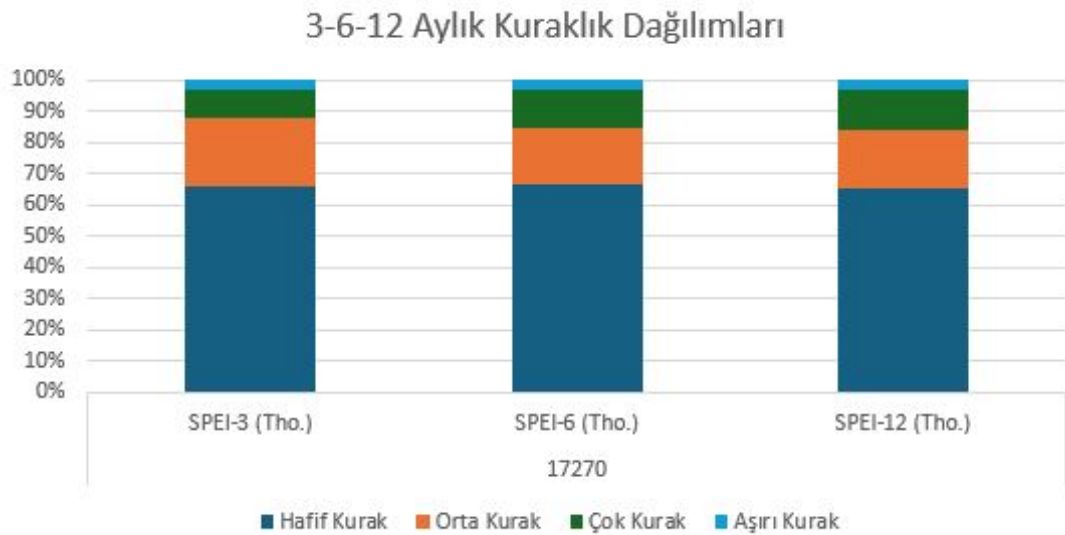
4.1.2.2. Thornthwaite Yöntemi SPEI(T)

Şanlıurfa meteoroloji istasyonunda 1970-2021 yılları arasındaki aylık yağış değerleri kullanılarak meteorolojik kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Buna göre, SPEI(T) yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizleri yapılmış ve sonuçları Şekil 4.5.'te verilmiştir. SPEI(T) indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %50 yağışlı %50 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 310 ay yağışlı 312 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 206 ay hafif kurak, 68 ay orta kurak, 28 ay

çok kurak ve 10 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(T) indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %50 yağışlı %50 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 309 ay yağışlı 310 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 207 ay hafif kurak, 56 ay orta kurak, 38 ay çok kurak ve 9 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(T) indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %52 yağışlı %48 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 317 ay yağışlı 296 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 185 ay hafif kurak, 72 ay orta kurak, 29 ay çok kurak ve 10 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.3.'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.3. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

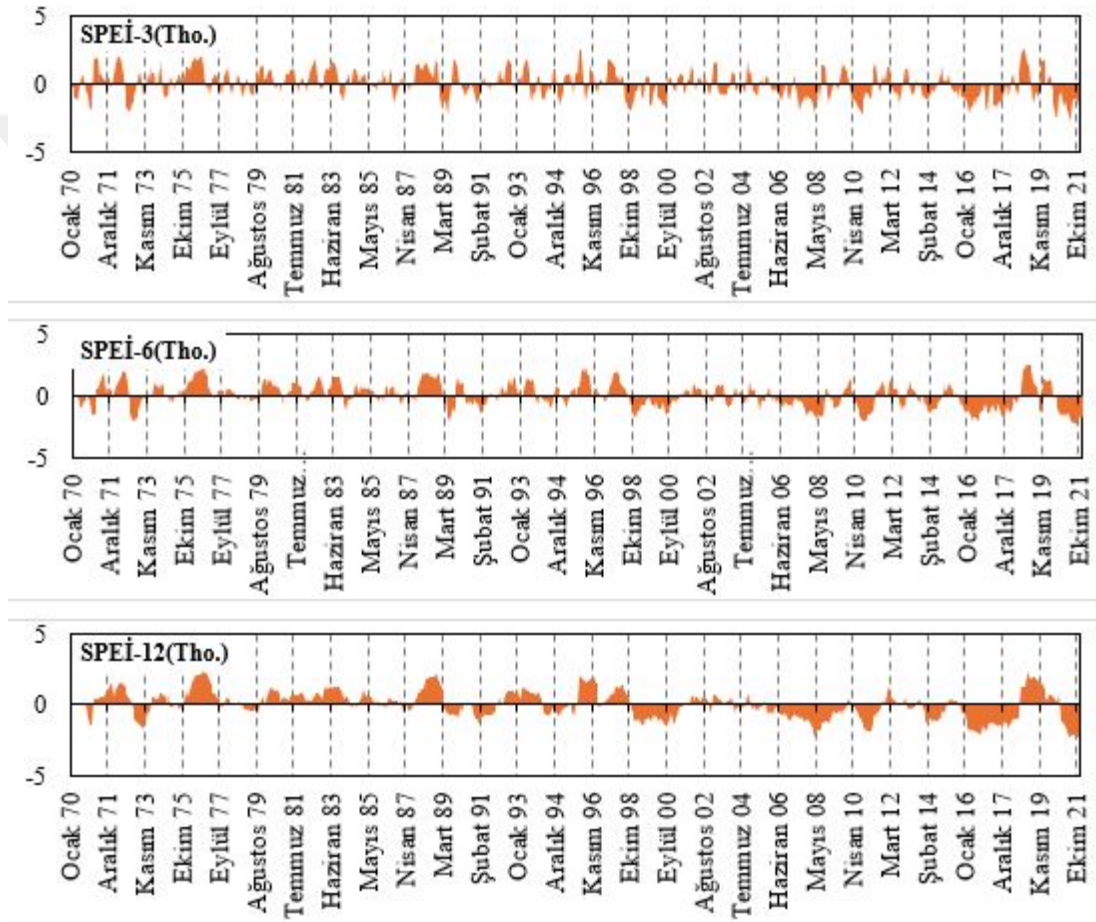
	SPEI-3(T)	SPEI-6(T)	SPEI-12(T)
Hafif Kurak	66%	67%	63%
Orta Kurak	22%	18%	24%
Çok Kurak	9%	12%	10%
Aşırı Kurak	3%	3%	3%



Şekil 4.5. 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.6.'da, 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17270-Şanlıurfa istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki kuraklık indis değerleri SPEI(T) yöntemi ile hesaplanmıştır. SPEI-3(T) için en uzun iki kurak dönem Mayıs 2015 – Kasım 2016 ve Temmuz 2020-Aralık 2021 dönemleri arasında sırasıyla 19 ve 18 ay olarak

sürmüştür, SPEI(T) yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Haziran 2021 tarihinde -2.83 olarak belirlenmiştir. 6 aylık SPEI-6(T) değerleri için en uzun süren kurak dönemler Ağustos 2015-Eylül 2018 tarihleri arasında 38 ay, Ağustos 1998 - Nisan 2001 tarihleri arasında ise 33 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -2.39 olarak Eylül 2021 tarihinde bulunmuştur. SPEI-12(T) için en uzun kurak dönemlerin 49 ay ve 37 ay olarak sırasıyla Kasım 2005-Kasım 2009 ve Kasım 2015-Kasım 2018 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Kasım 2021 tarihinde -2.39 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.6. 17270-Şanlıurfa istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

Şanlıurfa meteoroloji istasyonuna ait 1970-2021 dönemi için hesaplanan 3, 6 ve 12 aylık zaman aralıklarında kurak dönem verilerini (kuraklığın süresi, büyüklüğü ve şiddeti) içeren kuraklık özellikleri incelenmiştir. Çizelge 4.4.'te her bir indis için incelenen kuraklık olaylarının kuraklık sınıfı ve şiddeti ile kuraklık periyotlarının ve en şiddetli kuraklığın başlangıç ve bitiş süreleri verilmiştir. Zaman ölçeğinin artmasına paralel olarak tüm kuraklık yöntemleri için kuraklık süresinde artış vardır.

SPEI(H) ve SPEI(T) yöntemlerinin en uzun süreli kuraklık için benzer sonuçlara sahip olduğu ancak SPI yönteminin bu iki yöntemden farklı tarihler belirlediği anlaşılmaktadır. İstasyonda genel olarak 2000’li yıllardan sonra kuraklığın genel olarak daha etkili hissedildiği anlaşılmaktadır. Tüm yöntemlerde istasyonda 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde Hafif kurak sınıfı baskın olarak yaşanmıştır. SPI yöntemi kuraklık şiddeti konusunda SPEI(H) ve SPEI (T) yöntemlerine göre daha hassastır. SPI yöntemiyle aşırı kurak sınıfı daha çok sayıda belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Şanlıurfa 17270 nolu istasyondan alınan verilere göre kuraklık değerleri

İndis	Kuraklık Periyodu	Kuraklık Sayısı (Ay)					En Uzun Süreli Kuraklık			Maksimum Kuraklık	
		Hafif Kurak	Orta Kurak	Çok Kurak	Aşırı Kurak	Toplam	Başlangıç	Bitiş	Süre (Ay)	Şiddet	Zaman (Ay)
SPI	3	232	48	17	16	313	1972/9	1973/12	16	-3.00	1989/6
	6	210	47	27	19	303	1978/6	1979/9	16	-3.26	1989/9
	12	209	41	23	19	292	2005/11	2009/11	49	-3.39	1973/10
SPEI(H)	3	217	54	28	12	311	2007/6	2008/8	15	-3.42	2021/6
	6	211	64	29	9	313	1999/10	2001/6	21	-2.66	2021/9
	12	199	54	36	10	299	2005/11	2009/11	49	-2.47	2008/4
SPEI(T)	3	206	68	28	10	312	2015/5	2016/11	19	-2.83	2021/6
	6	207	56	38	9	310	2015/8	2018/9	38	-2.39	2021/9
	12	185	72	29	10	296	2005/11	2009/11	49	-2.39	2021/11

4.2. 17912-Siverek İstasyonu Kuraklık Analizi

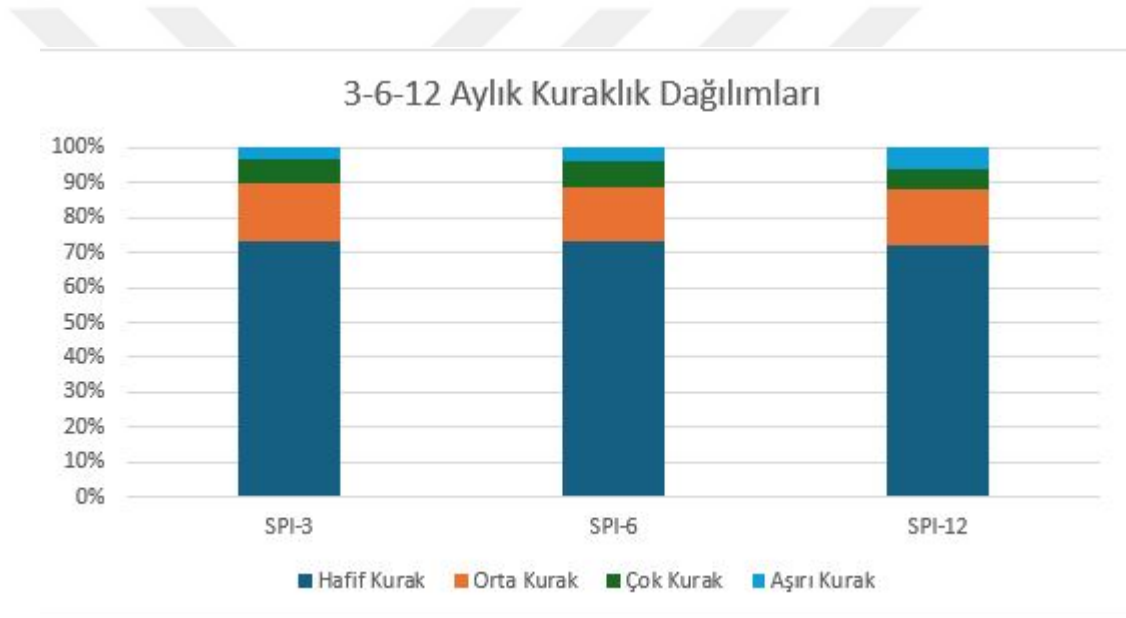
4.2.1. SPI İndisi Kuraklık Dağılımları

1970-2021 yılları arasında Siverek meteoroloji istasyonunda ölçülen meteorolojik parametreler kullanılarak istasyona ait meteorolojik kuraklık analizi SPI ve SPEI(H) ve SPEI(T) yöntemleriyle analiz edilmiştir. SPI yöntemine ait sonuçlar Şekil 4.7.’de sunulmuştur. SPI indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %49 yağışlı %51 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 304 ay yağışlı 318 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 241 ay hafif kurak, 43 ay orta kurak, 21 ay çok kurak ve 13 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPI indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %51 yağışlı %49 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 304 ay yağışlı 315 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 223 ay hafif kurak, 45 ay orta kurak, 31 ay çok kurak ve 16 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPI indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %49 yağışlı %51 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 302 ay yağışlı 311 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 210 ay hafif kurak, 61 ay orta kurak, 23 ay çok

kurak ve 17 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.5.'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.5. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

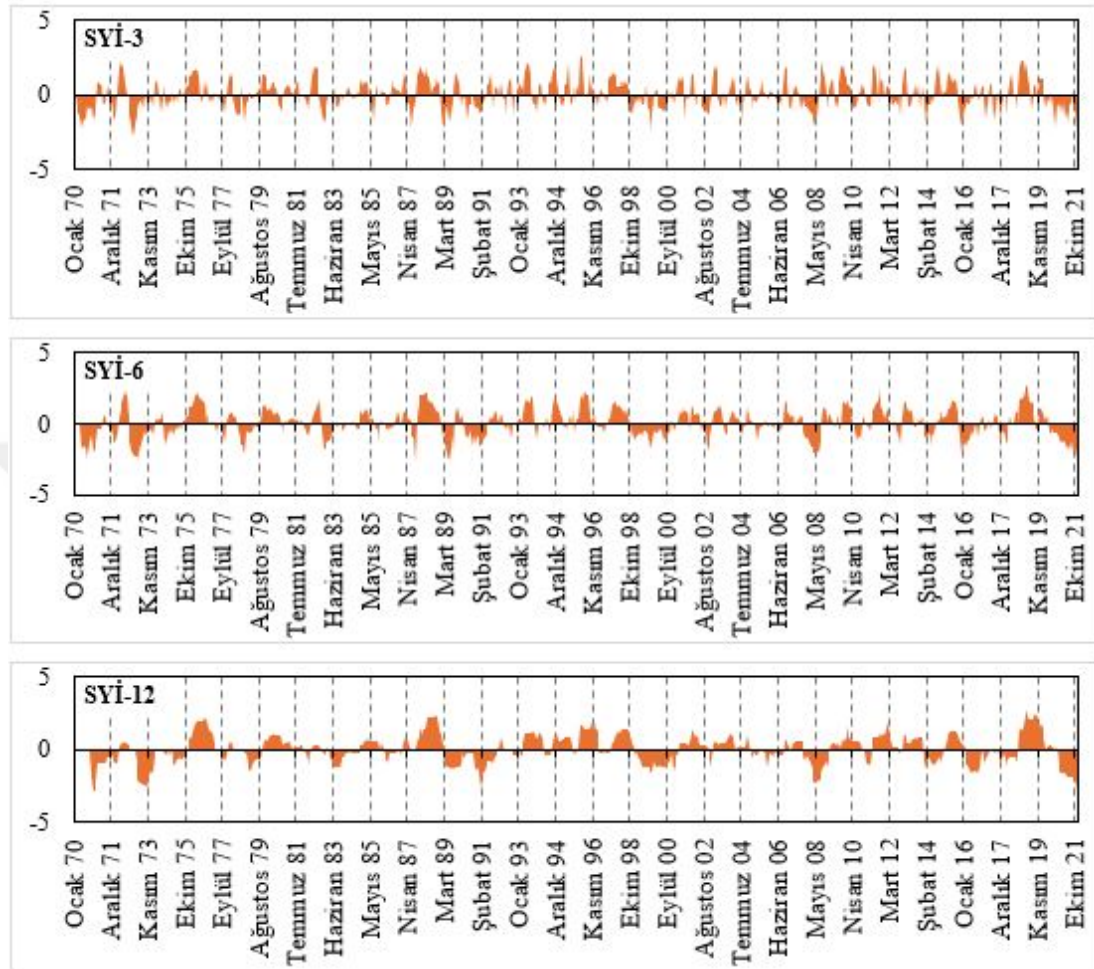
	SPI-3	SPI-6	SPI-12
Hafif Kurak	76%	71%	68%
Orta Kurak	14%	14%	20%
Çok Kurak	7%	10%	7%
Aşırı Kurak	4%	5%	5%



Şekil 4.7. 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.8.'de, SPI yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17912-Siverek istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki hesaplanan kuraklık indis değerleri sunulmuştur. SPI-3 için en uzun iki kurak dönem Mart 1970 – Mart 1971 ve Ağustos 2020-Ağustos 2021 dönemleri arasında 13'er ay olarak sürmüştür, SPI yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Şubat 1973 tarihinde -2.84 olarak belirlenmiştir. 6 aylık (SPI-6) değerleri için en uzun süren kurak dönemler Ekim 1998-Kasım 2000 tarihleri arasında 26 ay, Haziran 2020-Aralık 2021 tarihleri arasında ise 19 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -2.65 olarak Haziran 1989 tarihinde bulunmuştur. SPI-12 için en uzun kurak dönemlerin 28 ay ve 21 ay olarak sırasıyla Ocak 1999- Nisan 2001 ve Mart 1973-Kasım 1974 dönemleri arasında

oluştugu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Şubat 1971 tarihinde -2.82 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.8. 17912-Siverek istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

4.2.2. SPEI İndisleri Kuraklık Dağılımları

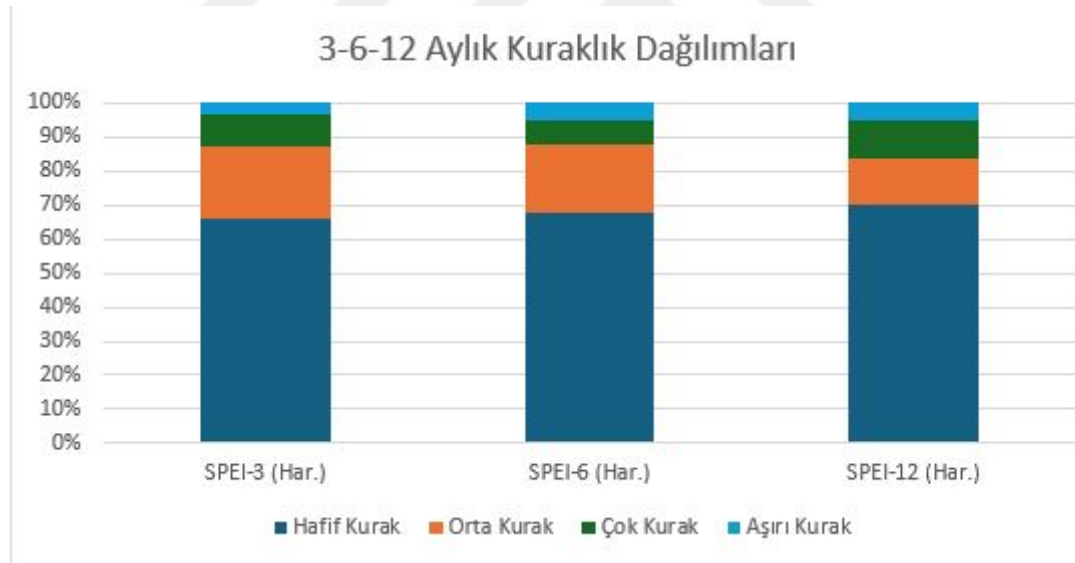
4.2.2.1. Hargreaves Yöntemi SPEI(H)

Siverek meteoroloji istasyonuna ait 1970-2021 yılları arasındaki aylık sıcaklık ve yağış verileri yardımıyla SPEI(H) değerleri hesaplanmıştır. Buna göre, SPEI(H) yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizleri yapılmış ve sonuçları Şekil 4.9.'da verilmiştir. SPEI(H) indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %49 yağışlı %51 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 306 ay yağışlı 316 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 214 ay hafif kurak, 62 ay orta kurak, 34 ay çok kurak ve 6 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(H) indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %51 yağışlı %49 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 314 ay yağışlı 305 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 199

ay hafif kurak, 66 ay orta kurak, 32 ay çok kurak ve 8 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(H) indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %50 yağışlı %50 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 304 ay yağışlı 309 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 204 ay hafif kurak, 68 ay orta kurak, 21 ay çok kurak ve 16 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.6.'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.6. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

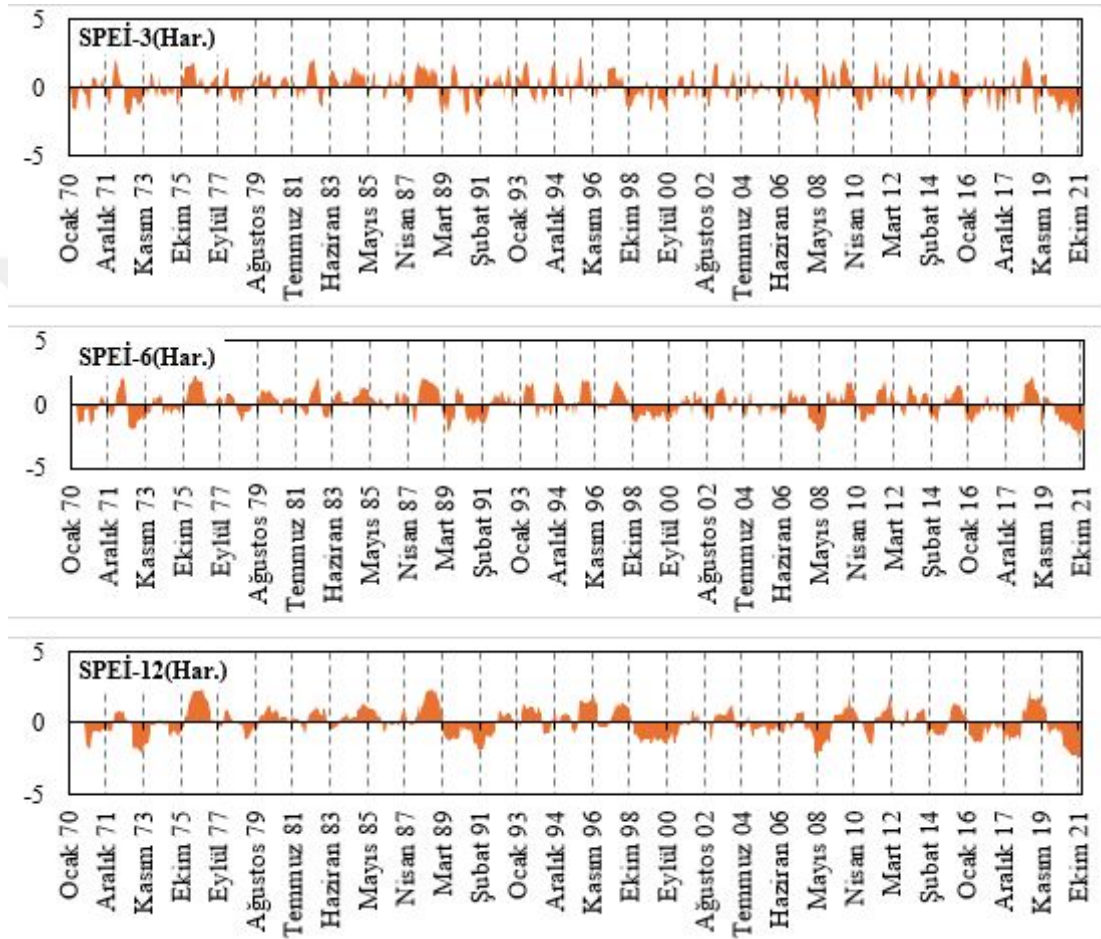
	SPEI-3(H)	SPEI-6(H)	SPEI-12(H)
Hafif Kurak	68%	65%	66%
Orta Kurak	20%	22%	22%
Çok Kurak	11%	10%	7%
Aşırı Kurak	2%	3%	5%



Şekil 4.9. 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.10.'da, 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17912-Siverek istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki kuraklık indis değerleri SPEI(H) yöntemi ile hesaplanmıştır. SPEI-3(H) için en uzun iki kurak dönem Mart 2020 – Aralık 2021 ve Kasım 1972-Şubat 1974 dönemleri arasında sırasıyla 22 ve 16 ay olarak sürmüştür, SPEI(H) yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Nisan 2008 tarihinde -2.51 olarak belirlenmiştir. 6 aylık SPEI-6(H) değerleri için en uzun süren kurak dönemler Eylül 1998-Nisan 2001 tarihleri arasında 32 ay, Haziran 2020-Aralık

2021 tarihleri arasında ise 19 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -2.80 olarak Eylül 2021 tarihinde bulunmuştur. SPEI-12(H) için en uzun kurak dönemlerin 34 ay ve 32 ay olarak sırasıyla Şubat 2016-Kasım 2018 ve Nisan 1989 - Kasım 1991 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Kasım 2021 tarihinde -2.44 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.10. 17912-Siverek istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

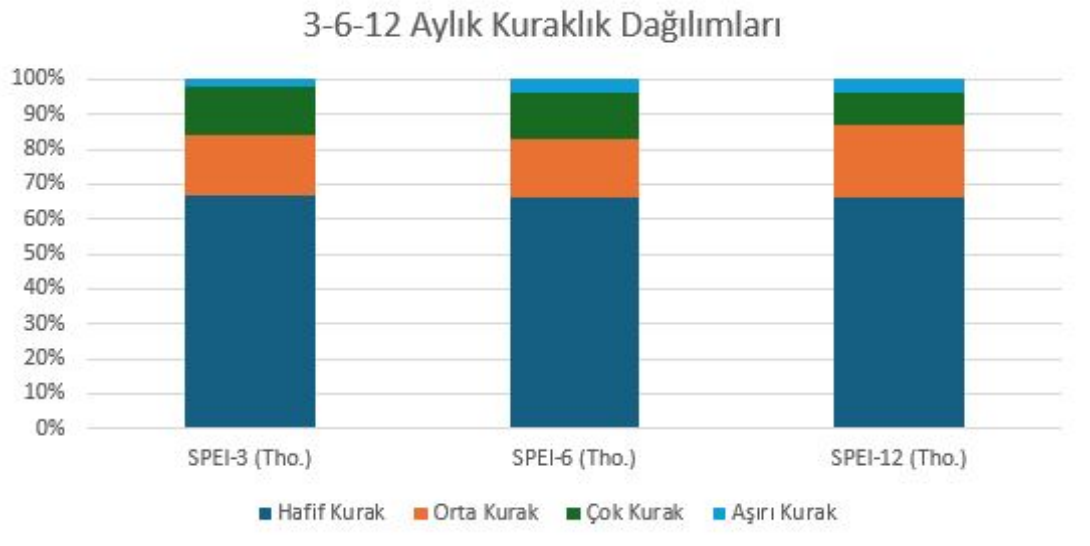
4.2.2.2. Thornthwaite Yöntemi SPEI(T)

1970-2021 yılları arasında ölçülen yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak Siverek meteoroloji istasyonuna ait indis değerleri değerlendirilmiştir. Buna göre, SPEI(T) yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizleri yapılmış ve sonuçları Şekil 4.11.'de verilmiştir. SPEI(T) indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %49 yağışlı %51 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 304 ay yağışlı 318 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 221 ay hafif kurak, 59 ay orta kurak, 30 ay çok kurak ve 8 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(T) indisine göre 6 aylık

kuraklık analizi %52 yağışlı %48 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 319 ay yağışlı 300 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 200 ay hafif kurak, 57 ay orta kurak, 37 ay çok kurak ve 6 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(T) indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %52 yağışlı %48 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 318 ay yağışlı 295 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 189 ay hafif kurak, 63 ay orta kurak, 33 ay çok kurak ve 10 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.7.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

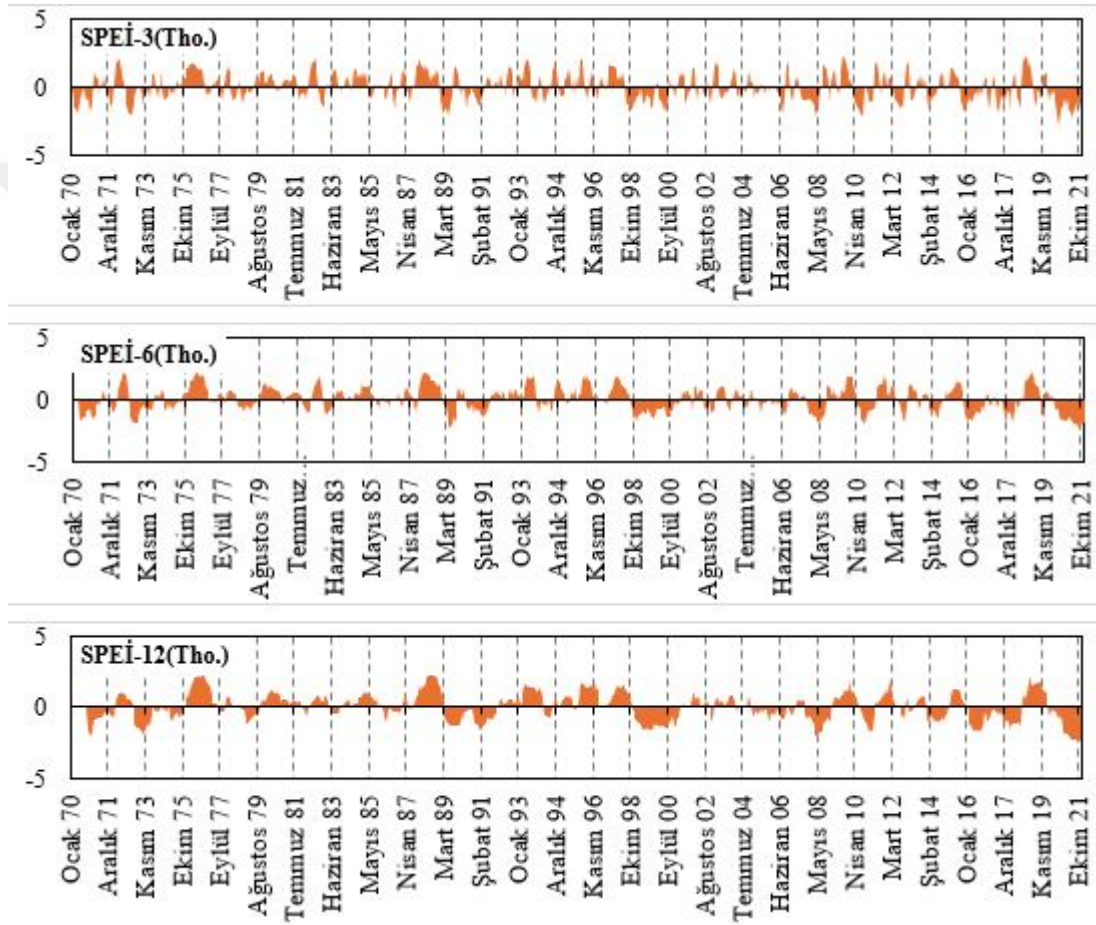
	SPEI-3(T)	SPEI-6(T)	SPEI-12(T)
Hafif Kurak	69%	67%	64%
Orta Kurak	19%	19%	21%
Çok Kurak	9%	12%	11%
Aşırı Kurak	3%	2%	3%



Şekil 4.11. 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.12.'de, 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17912-Siverek istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki kuraklık indis değerleri SPEI(T) yöntemi ile hesaplanmıştır. SPEI-3(T) için en uzun iki kurak dönem Mart 2020 – Aralık 2021 ve Ağustos 1998-Ocak 2000 dönemleri arasında sırasıyla 22 ve 18 ay olarak sürmüştür, SPEI(T) yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Ekim 2020

tarihinde -2.83 olarak belirlenmiştir. SPEI-6(T) değerleri için en uzun süren kurak dönemler Eylül 1998–Nisan 2001 tarihleri arasında 32 ay, Haziran 2020- Aralık 2021 tarihleri arasında ise 19 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -2.42 olarak Haziran 1989 tarihinde bulunmuştur. SPEI-12(T) için en uzun kurak dönemlerin 34 ay ve 32 ay olarak sırasıyla Şubat 2016-Kasım 2018 ve Nisan 1989-Kasım 1991 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Kasım 2021 tarihinde -2.44 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.12. 17912-Siverek istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

Siverek meteoroloji istasyonuna ait 1970-2021 dönemi için hesaplanan 3, 6 ve 12 aylık zaman aralıklarında kurak dönem verilerini (kuraklığın süresi, büyüklüğü ve şiddeti) içeren kuraklık özellikleri incelenmiştir. Çizelge 4.8.'de her bir indis için incelenen kuraklık olaylarının kuraklık sınıfı ve şiddeti ile kuraklık periyotlarının ve en şiddetli kuraklığın başlangıç ve bitiş süreleri verilmiştir. Hafif kurak sınıfı Siverek istasyonunda diğer kuraklık sınıflarına kıyasla en fazla görülen kuraklık sınıfı olmuştur. Zaman ölçeğinin artmasıyla kuraklık süresinde artış meydana gelmiştir. En

uzun kuraklık süresinde SPEI(H) ve SPEI(T) yöntemleri birebir aynı değerlere sahip iken SPI yöntemi süre olarak bu yöntemlerden daha kısa kuraklık süreleri belirlemiştir. SPI yöntemi aşırı kuraklık sınıfını belirlemede diğer iki yönteme kıyasla daha fazla hassastır.

Çizelge 4.8. Siverek 17912 nolu istasyondan alınan verilere göre kuraklık değerleri

İndis	Kuraklık Periyodu	Kuraklık Sayısı (Ay)					En Uzun Süreli Kuraklık			Maksimum Kuraklık	
		Hafif Kurak	Orta Kurak	Çok Kurak	Aşırı Kurak	Toplam	Başlangıç	Bitiş	Süre (Ay)	Şiddet	Zaman (Ay)
SPI	3	241	43	21	13	318	1970/3	1971/3	13	-2.84	1973/2
	6	223	45	31	16	315	1998/10	2000/11	26	-2.65	1989/6
	12	210	61	23	17	311	1999/1	2001/4	28	-2.82	1971/2
SPEI(H)	3	214	62	34	6	316	2020/3	2021/12	22	-2.51	2008/4
	6	199	66	32	8	305	1998/9	2001/4	32	-2.80	2021/9
	12	204	68	21	16	309	2016/2	2018/11	34	-2.44	2021/11
SPEI(T)	3	221	59	30	8	318	2020/3	2021/12	22	-2.83	2020/10
	6	200	57	37	6	300	1998/9	2001/4	32	-2.42	1989/6
	12	189	63	33	10	295	2016/2	2018/11	34	-2.44	2021/11

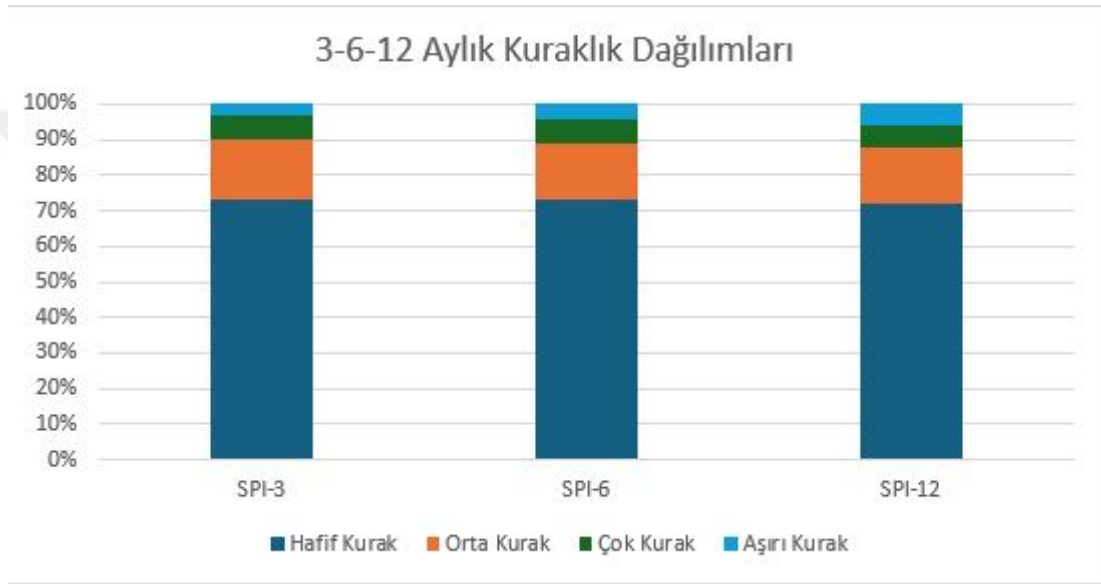
4.3. 17966-Birecik İstasyonu Kuraklık Analizi

4.3.1. SPI İndisi Kuraklık Dağılımları

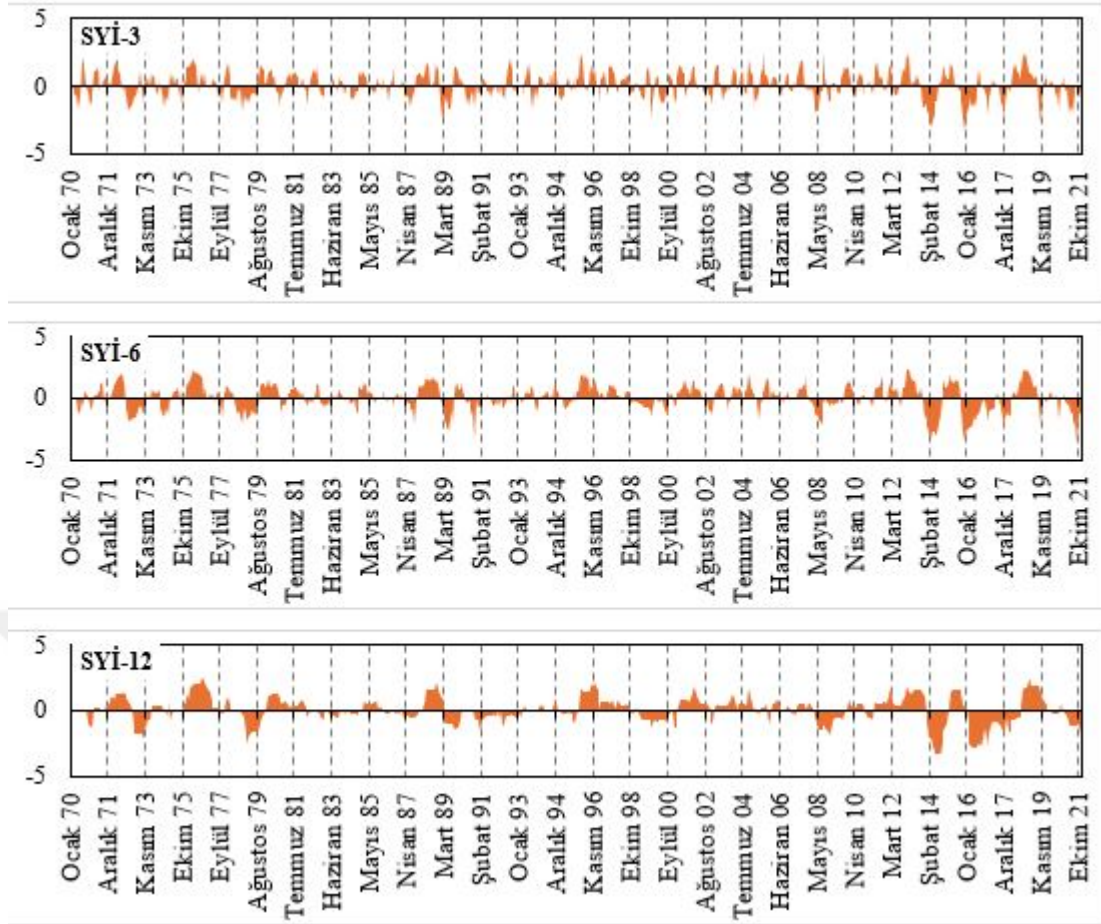
1970-2021 yılları arasında Birecik meteoroloji istasyonuna ölçülen meteorolojik parametreler kullanılarak istasyona ait meteorolojik kuraklık analizi SPI ve SPEI(H) ve SPEI(T) yöntemleriyle analiz edilmiştir. SPI yöntemine ait sonuçlar Şekil 4.13.'te sunulmuştur. SPI indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %51 yağışlı %49 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 318 ay yağışlı 304 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 219 ay hafif kurak, 45 ay orta kurak, 24 ay çok kurak ve 16 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPI indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %51 yağışlı %49 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 318 ay yağışlı 301 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 208 ay hafif kurak, 42 ay orta kurak, 25 ay çok kurak ve 26 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPI indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %51 yağışlı %49 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 315 ay yağışlı 298 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 209 ay hafif kurak, 40 ay orta kurak, 25 ay çok kurak ve 24 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.9.'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.9. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislerine göre oranları

	SPI-3	SPI-6	SPI-12
Hafif Kurak	72%	69%	70%
Orta Kurak	15%	14%	13%
Çok Kurak	8%	8%	8%
Aşırı Kurak	5%	9%	8%

**Şekil 4.13.** 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.14.'te, 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17966-Birecik istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki kuraklık indis değerleri SPI yöntemi ile hesaplanan kuraklık indis değerleri sunulmuştur. SPI-3 için en uzun iki kurak dönem Nisan 1978–Temmuz 1979 ve Ağustos 2015-Temmuz 2016 dönemleri arasında sırasıyla 16 ve 12 ay olarak sürmüştür, SPI yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Aralık 2015 tarihinde -3.38 olarak belirlenmiştir. SPI-6 değerleri için en uzun süren kurak dönemler Ekim 1998-Eylül 2000 tarihleri arasında 24 ay, Eylül 2015-Temmuz 2017 tarihleri arasında ise 23 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -3.92 olarak Eylül 2021 tarihinde bulunmuştur. SPI-12 için en uzun kurak dönemlerin 33 ay ve 25 ay olarak sırasıyla Şubat 2016-Ekim 2018 ve Mart 1999 - Mart 2001 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Ağustos 2014 tarihinde -3.28 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.14. 17966-Birecik istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

4.3.2. SPEI İndisleri Kuraklık Dağılımları

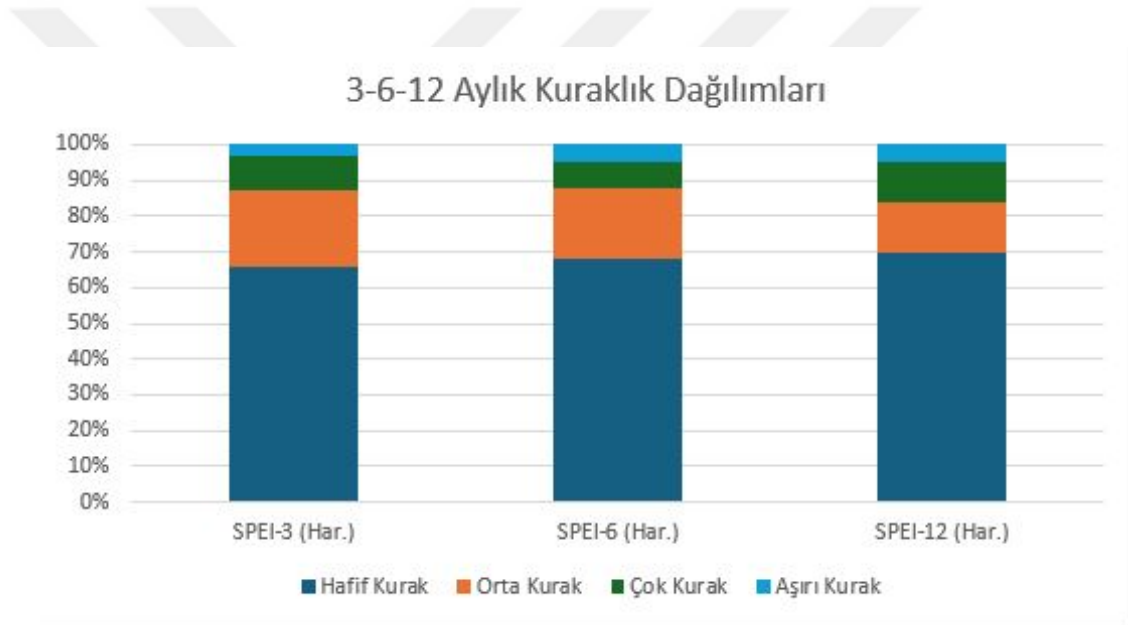
4.3.2.1. Hargreaves Yöntemi SPEI(H)

Birecik meteoroloji istasyonuna ait 1970-2021 yılları arasındaki aylık sıcaklık ve yağış verileri yardımıyla SPEI(H) değerleri hesaplanmıştır. Buna göre, SPEI(H) yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizleri yapılmış ve sonuçları Şekil 4.15.'te verilmiştir. SPEI(H) indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %49 yağışlı %51 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 302 ay yağışlı 320 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 214 ay hafif kurak, 60 ay orta kurak, 42 ay çok kurak ve 4 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(H) indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %50 yağışlı %50 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 311 ay yağışlı 308 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 207 ay hafif kurak, 56 ay orta kurak, 35 ay çok kurak ve 10 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(H) indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %53 yağışlı %47 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 322 ay yağışlı 291 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 174 ay hafif kurak, 75 ay orta kurak, 39 ay

çok kurak ve 3 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.10.'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.10. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

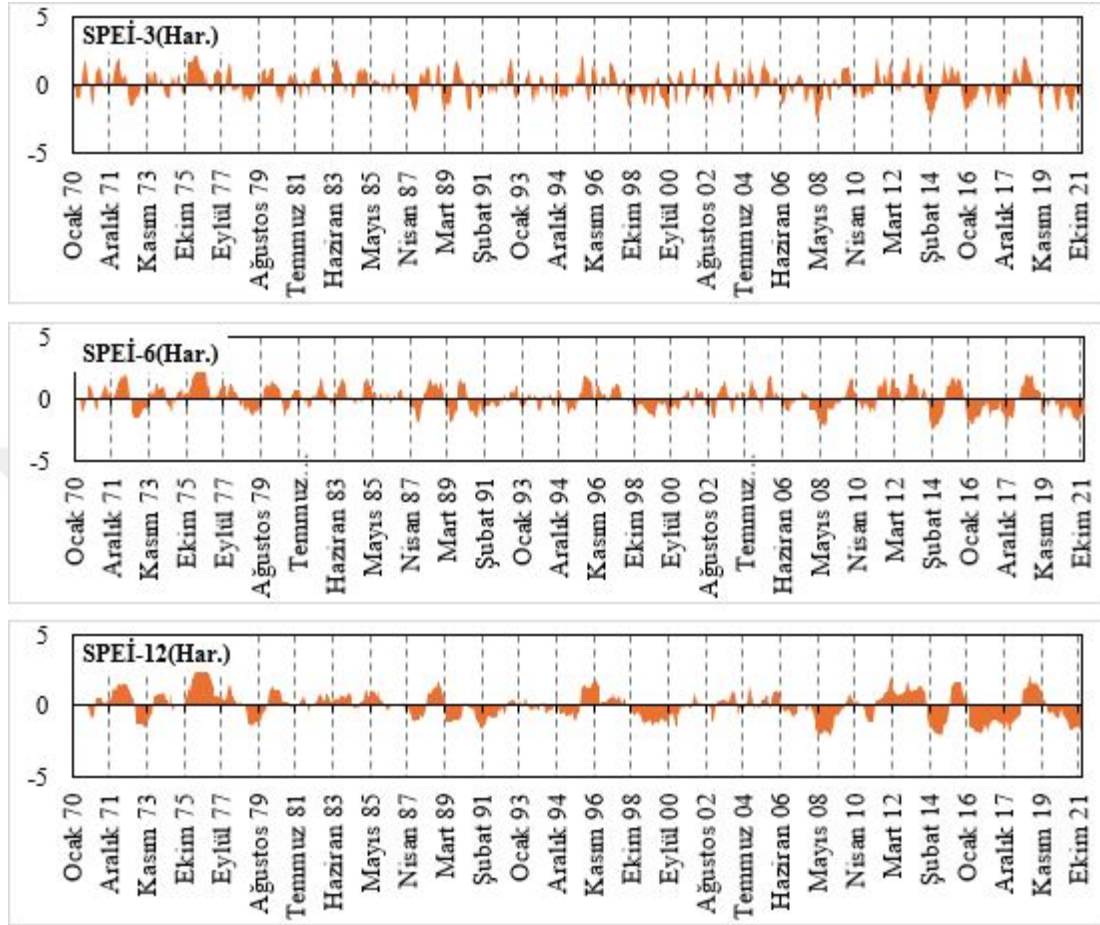
	SPEI-3(H)	SPEI-6(H)	SPEI-12(H)
Hafif Kurak	67%	67%	60%
Orta Kurak	19%	18%	26%
Çok Kurak	13%	11%	13%
Aşırı Kurak	1%	3%	1%



Şekil 4.15. 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.16.'da, 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17966-Birecik istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki kuraklık indis değerleri SPEI(H) yöntemi ile hesaplanmıştır. SPEI-3(H) için en uzun iki kurak dönem Temmuz 1998 – Ağustos 1999 ve Eylül 2007-Ağustos 2008 dönemleri arasında sırasıyla 14 ve 12 ay olarak sürmüştür, SPEI(H) yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Mart 2014 tarihinde -2.36 olarak belirlenmiştir. SPEI-6(H) değerleri için en uzun süren kurak dönemler Kasım 2015-Mayıs 2018 tarihleri arasında 31 ay, Eylül 1998-Şubat 2001 tarihleri arasında ise 30 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -2.49 olarak Mart 2014 tarihinde bulunmuştur. SPEI-12(H) için en uzun kurak dönemlerin 34'er ay olarak Şubat 2016 Kasım 2018 ve Eylül 1998-Haziran 2001 dönemleri arasında olduğu

görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Eylül 2014 tarihinde -2.16 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.16. 17966-Birecik istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

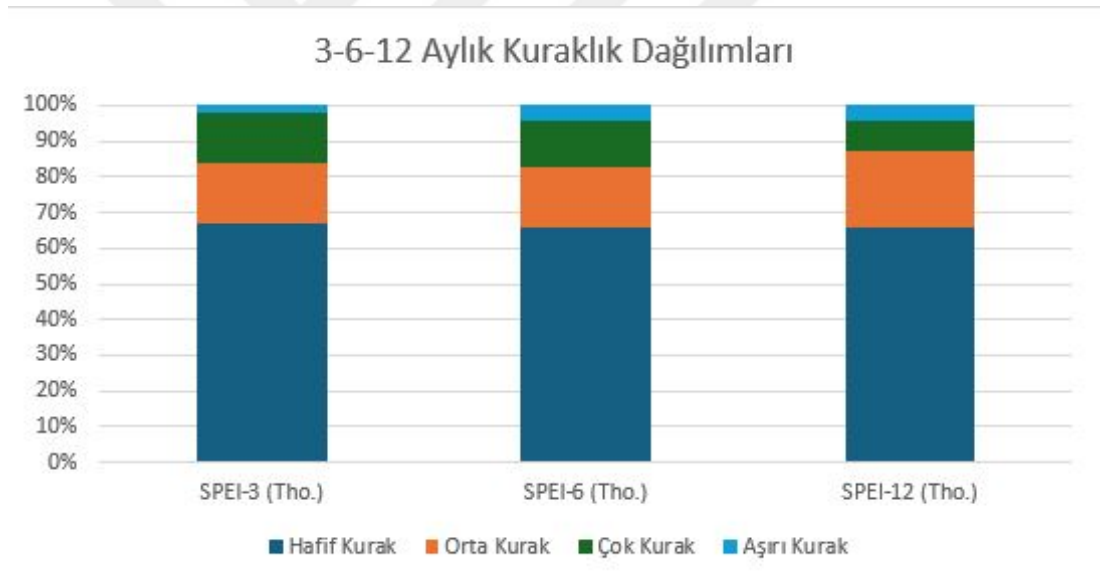
4.3.2.2. Thornthwaite Yöntemi SPEI(T)

1970-2021 yılları arasında ölçülen yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak Birecik meteoroloji istasyonuna ait indis değerleri değerlendirilmiştir. Buna göre, SPEI(T) yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizleri yapılmış ve sonuçları Şekil 4.17.'de verilmiştir. SPEI(T) indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %49 yağışlı %51 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 304 ay yağışlı 318 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 218 ay hafif kurak, 57 ay orta kurak, 35 ay çok kurak ve 8 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(T) indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %49 yağışlı %51 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 302 ay yağışlı 317 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 218 ay hafif kurak, 56 ay orta kurak, 28 ay çok kurak ve 15 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(T) indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %53 yağışlı %47

kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 326 ay yağışlı 287 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 182 ay hafif kurak, 63 ay orta kurak, 30 ay çok kurak ve 12 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.11.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.11. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

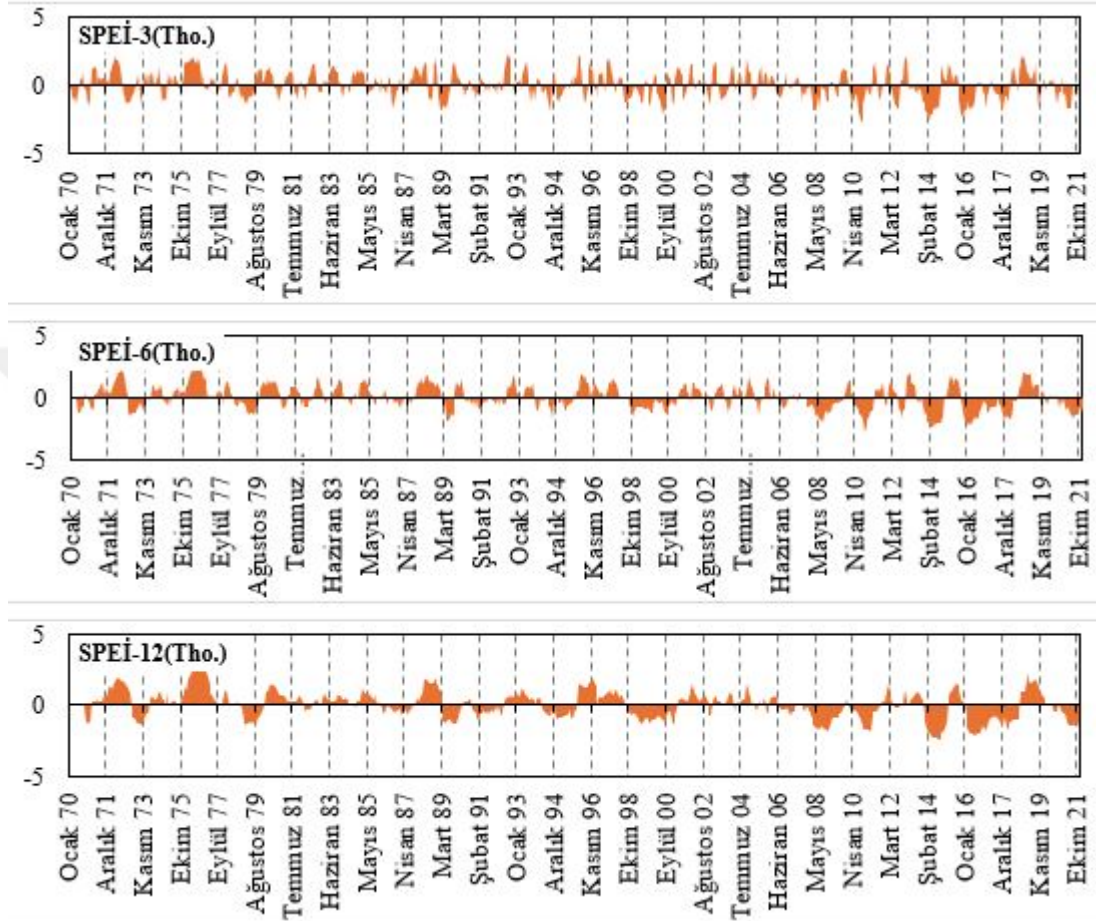
	SPEI-3(T)	SPEI-6(T)	SPEI-12(T)
Hafif Kurak	69%	69%	63%
Orta Kurak	18%	18%	22%
Çok Kurak	11%	9%	10%
Aşırı Kurak	3%	5%	4%



Şekil 4.17. 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.18.'de, 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17966-Birecik istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki kuraklık indis değerleri SPEI(T) yöntemi ile hesaplanmıştır. SPEI-3(T) için en uzun iki kurak dönem Temmuz 2013 – Ekim 2014 ve Şubat 2010-Mart 2011 dönemleri arasında sırasıyla 16 ve 14 ay olarak sürmüştür, SPEI(T) yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Ekim 2010 tarihinde -2.63 olarak belirlenmiştir. SPEI-6(T) değerleri için en uzun süren kurak dönemler Eylül 1998–Şubat 2001 tarihleri arasında 30 ay, Ekim 2007-Eylül 2009 tarihleri arasında ise 24 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -2.79 olarak Ekim 2010

tarihinde bulunmuştur. SPEI-12(T) için en uzun kurak dönemlerin 34 ay ve 32 ay olarak sırasıyla Şubat 2016-Kasım 2018 ve Eylül 1998-Nisan 2001 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Eylül 2014 tarihinde -2.48 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.18. 17966-Birecik istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

Birecik meteoroloji istasyonuna ait 1970-2021 dönemi için hesaplanan 3, 6 ve 12 aylık zaman aralıklarında kurak dönem verilerini (kuraklığın süresi, büyüklüğü ve şiddeti) içeren kuraklık özellikleri incelenmiştir. Çizelge 4.12.'de her bir indis için incelenen kuraklık olaylarının kuraklık sınıfı ve şiddeti ile kuraklık periyotlarının ve en şiddetli kuraklığın başlangıç ve bitiş süreleri verilmiştir. Hafif kurak sınıfı Birecik istasyonunda yine diğer kuraklık sınıflarına kıyasla en fazla görülen kuraklık sınıfı olmuştur. Zaman ölçeğinin artmasıyla kuraklık süresinde artış meydana gelmiştir. En uzun kuraklık süresinde tüm yöntemler genel itibariyle benzerlik göstermişken kuraklık şiddetinde en yüksek değerler SPI yönteminde belirlenmiştir. SPI yöntemi aşırı kuraklık sınıfını belirlemede diğer iki yöntemle kıyasla daha fazla hassastır.

Çizelge 4.12. Birecik 17966 nolu istasyondan alınan verilere göre kuraklık değerleri

İndis	Kuraklık Periyodu	Kuraklık Sayısı (Ay)					En Uzun Süreli Kuraklık			Maksimum Kuraklık	
		Hafif Kurak	Orta Kurak	Çok Kurak	Aşırı Kurak	Toplam	Başlangıç	Bitiş	Süre (Ay)	Şiddet	Zaman (Ay)
SPI	3	219	45	24	16	304	1978/4	1979/7	16	-3.38	2015/12
	6	208	42	25	26	301	1998/10	2000/9	24	-3.92	2021/9
	12	209	40	25	24	298	2016/2	2018/10	33	-3.28	2014/8
SPEI(H)	3	214	60	42	4	320	1998/7	1999/8	14	-2.36	2014/3
	6	207	56	35	10	308	2015/11	2018/5	31	-2.49	2014/3
	12	174	75	39	3	291	2016/2	2018/11	34	-2.16	2014/9
SPEI(T)	3	218	57	35	8	318	2013/7	2014/10	16	-2.63	2010/10
	6	218	56	28	15	317	1998/9	2001/2	30	-2.79	2010/10
	12	182	63	30	12	287	2016/2	2018/11	34	-2.48	2014/9

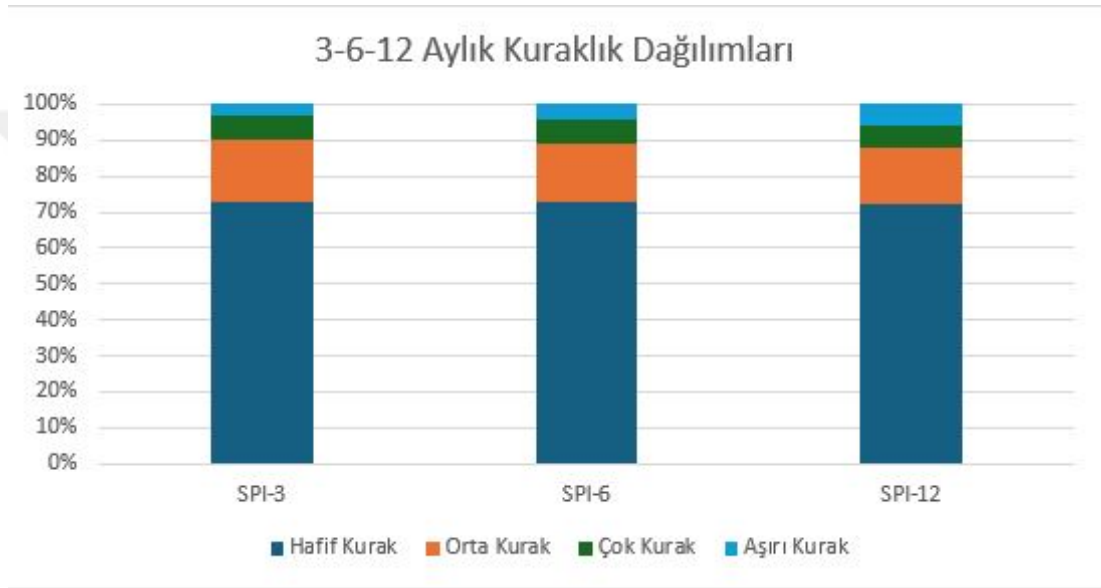
4.4. 17968-Ceylanpınar İstasyonu Kuraklık Analizi

4.4.1. SPI İndisi Kuraklık Dağılımları

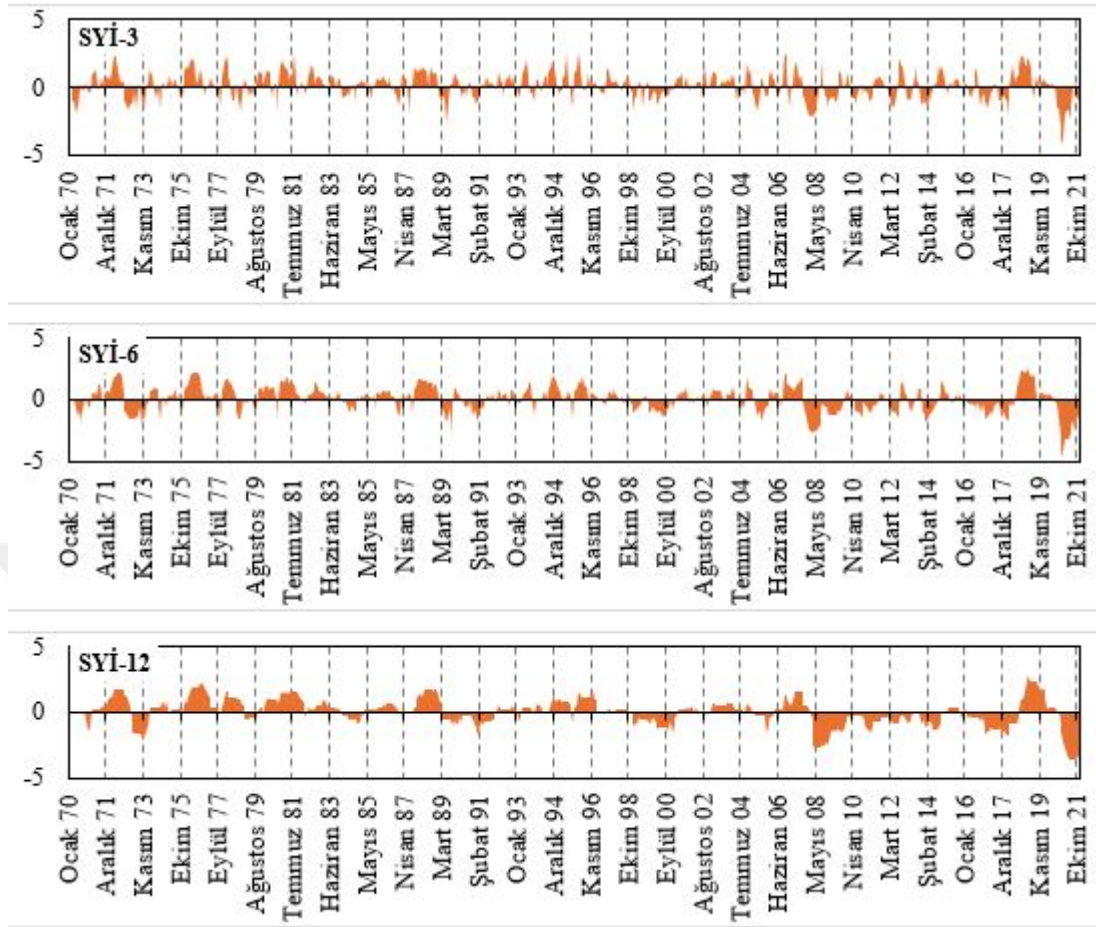
1970-2021 yılları arasında Ceylanpınar meteoroloji istasyonunda ölçülen meteorolojik parametreler kullanılarak istasyona ait meteorolojik kuraklık analizi SPI ve SPEI(H) ve SPEI(T) yöntemleriyle analiz edilmiştir. SPI yöntemine ait sonuçlar Şekil 4.19.'da verilmiştir. SPI indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %55 yağışlı %45 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 343 ay yağışlı 279 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 203 ay hafif kurak, 43 ay orta kurak, 19 ay çok kurak ve 14 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPI indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %54 yağışlı %46 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 332 ay yağışlı 287 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 188 ay hafif kurak, 54 ay orta kurak, 25 ay çok kurak ve 20 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPI indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %54 yağışlı %46 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 331 ay yağışlı 282 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 195 ay hafif kurak, 44 ay orta kurak, 20 ay çok kurak ve 23 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.13.'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.13. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

	SPI-3	SPI-6	SPI-12
Hafif Kurak	73%	66%	69%
Orta Kurak	15%	19%	16%
Çok Kurak	7%	9%	7%
Aşırı Kurak	5%	7%	8%

**Şekil 4.19.** 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.20.'de, SPI yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17968-Ceylanpınar istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki hesaplanan kuraklık indis değerleri sunulmuştur. SPI-3 için en uzun iki kurak dönem Ekim 2020 – Ağustos 2021 ve Ekim 2007-Temmuz 2008 dönemleri arasında sırasıyla 11 ve 10 ay olarak sürmüştür, SPI yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Ocak 2021 tarihinde -4.21 olarak belirlenmiştir. SPI-6 değerleri için en uzun süren kurak dönemler Mart 2016-Ağustos 2018 tarihleri arasında 30 ay, Ekim 2007-Kasım 2009 tarihleri arasında ise 26 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -4.64 olarak Ocak 2021 tarihinde bulunmuştur. SPI-12 için en uzun kurak dönemlerin 63 ay ve 34 ay olarak sırasıyla Şubat 2008-Nisan 2013 ve Nisan 1989 -Ocak 1992 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Mayıs 2021 tarihinde -3.61 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.20. 17968-Ceylanpınar istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

4.4.2. SPEI İndisleri Kuraklık Dağılımları

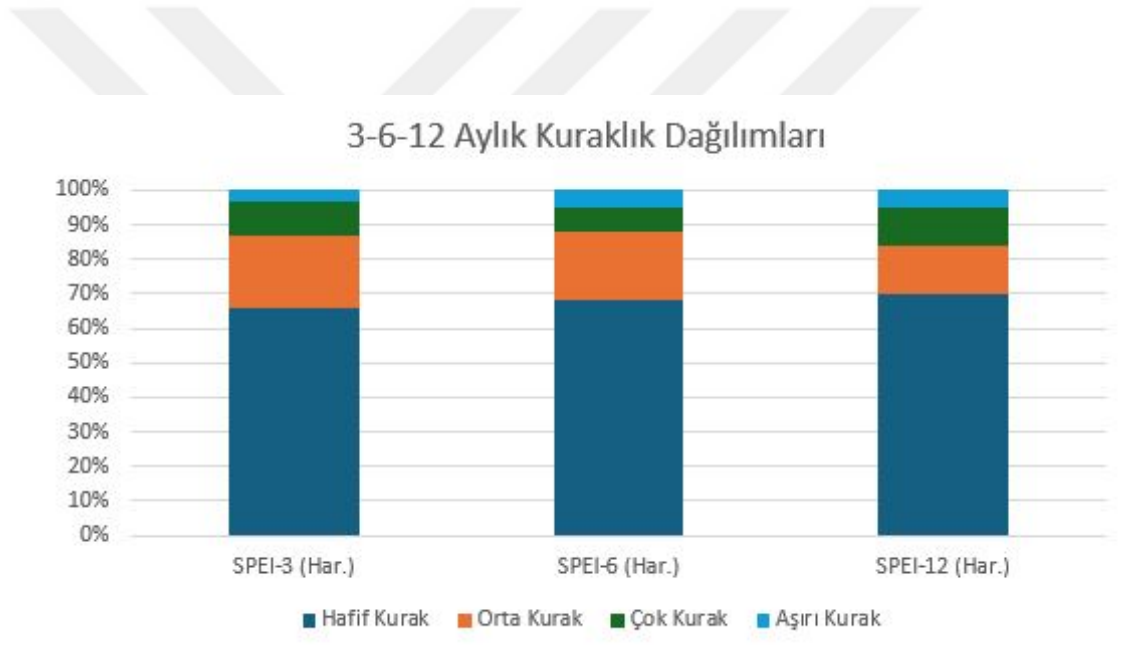
4.4.2.1. Hargreaves Yöntemi SPEI(H)

Ceylanpınar meteoroloji istasyonuna ait 1970-2021 yılları arasındaki aylık sıcaklık ve yağış verileri yardımıyla SPEI(H) değerleri hesaplanmıştır. Buna göre, SPEI(H) yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizleri yapılmış ve sonuçları Şekil 4.21.'de verilmiştir. SPEI(H) indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %50 yağışlı %50 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 314 ay yağışlı 308 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 212 ay hafif kurak, 59 ay orta kurak, 23 ay çok kurak ve 14 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(H) indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %49 yağışlı %51 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 302 ay yağışlı 317 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 219 ay hafif kurak, 62 ay orta kurak, 19 ay çok kurak ve 17 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(H) indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %49 yağışlı %51 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 298 ay yağışlı 315 ay

kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 228 ay hafif kurak, 46 ay orta kurak, 25 ay çok kurak ve 16 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.14.'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.14. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

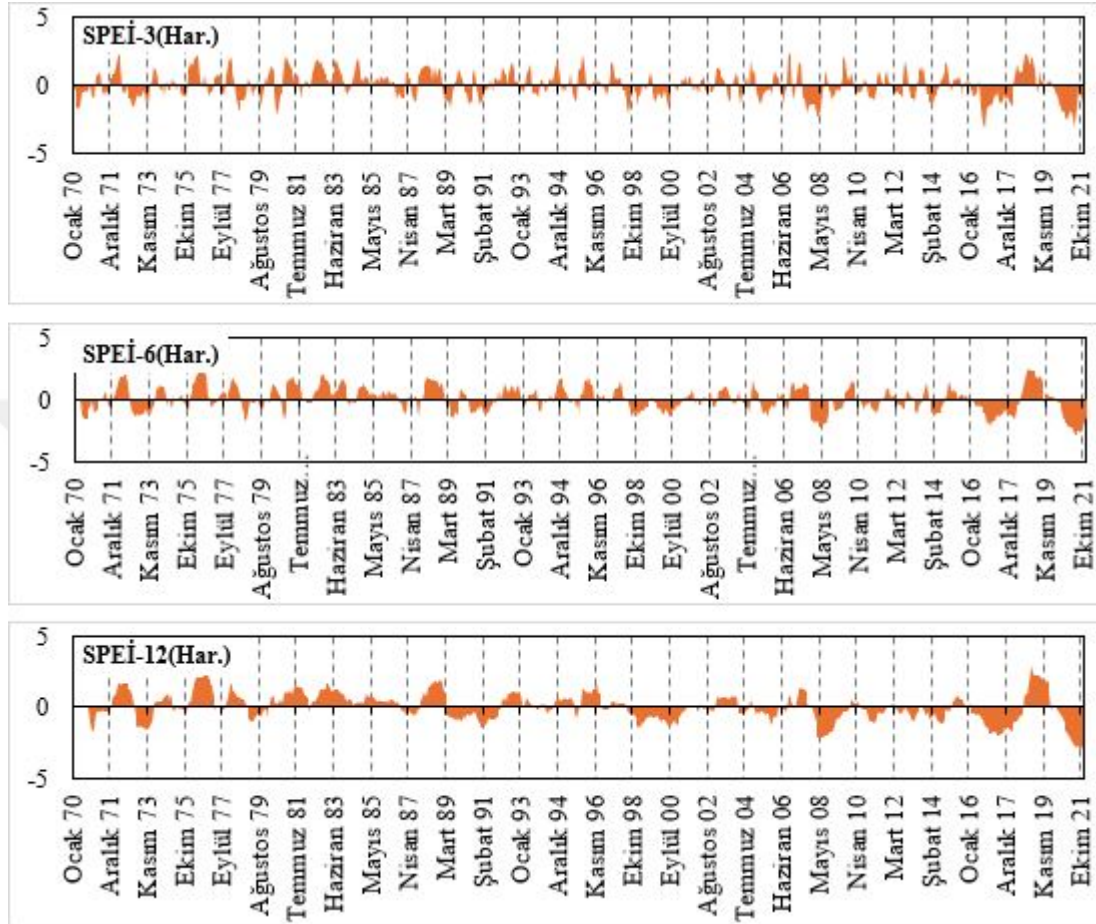
	SPEI-3(H)	SPEI-6(H)	SPEI-12(H)
Hafif Kurak	69%	69%	72%
Orta Kurak	19%	20%	15%
Çok Kurak	7%	6%	8%
Aşırı Kurak	5%	5%	5%



Şekil 4.21. 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.22.'de, 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17968-Ceylanpınar istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki kuraklık indis değerleri SPEI(H) yöntemi ile hesaplanmıştır. SPEI-3(H) için en uzun iki kurak dönem Eylül 2016 – Mayıs 2018 ve Mayıs 2020-Aralık 2021 dönemleri arasında sırasıyla 21 ve 20 ay olarak sürmüştür, SPEI(H) yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Kasım 2016 tarihinde -3.11 olarak belirlenmiştir. SPEI-6(H) değerleri için en uzun süren kurak dönemler Şubat 2016-Temmuz 2018 tarihleri arasında 30 ay, Ekim 2007-Haziran 2009 tarihleri arasında ise 21 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -2.85 olarak Mayıs 2021 tarihinde bulunmuştur. SPEI-12(H) için en uzun kurak dönemler sırasıyla 37 ve

34 ay olarak Temmuz 1998-Temmuz 2001 ve Nisan 1989-Ocak 1992 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Ekim 2021 tarihinde -2.94 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.22. 17968-Ceylanpınar istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

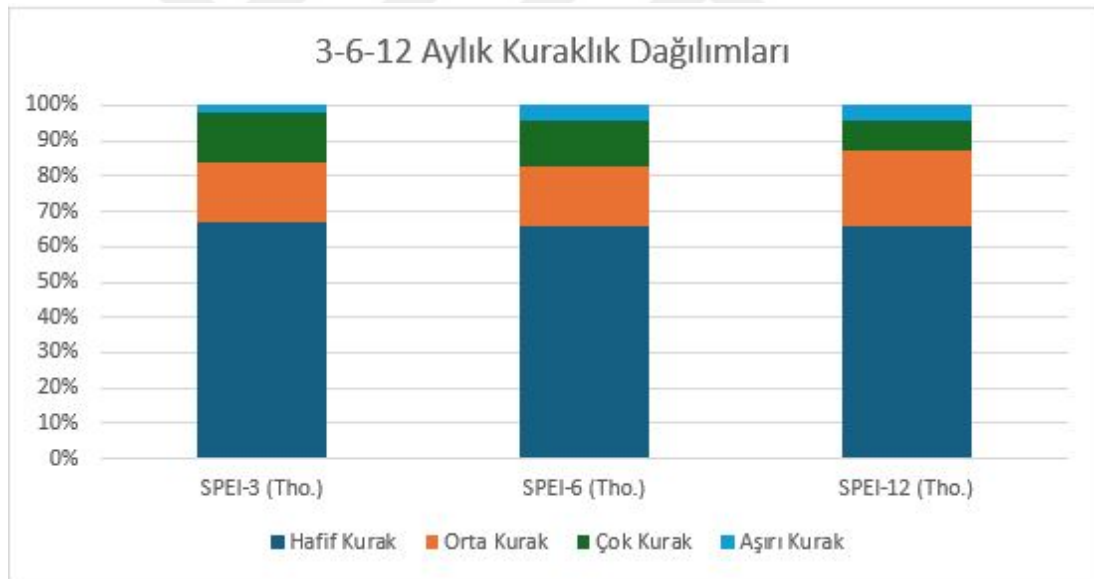
4.4.2.2. Thornthwaite Yöntemi SPEI(T)

1970-2021 yılları arasında ölçülen yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak Ceylanpınar meteoroloji istasyonuna ait indis değerleri değerlendirilmiştir. Buna göre, SPEI(T) yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizleri yapılmış ve sonuçları Şekil 4.23.'te verilmiştir. SPEI(T) indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %51 yağışlı %49 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 319 ay yağışlı 303 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 210 ay hafif kurak, 53 ay orta kurak, 28 ay çok kurak ve 12 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(T) indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %50 yağışlı %50 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 312 ay yağışlı 307 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 203 ay hafif kurak, 68 ay orta kurak, 23 ay çok kurak ve 13 ay aşırı kurak

olarak tespit edilmiştir. SPEI(T) indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %51 yağışlı %49 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 312 ay yağışlı 301 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 209 ay hafif kurak, 50 ay orta kurak, 30 ay çok kurak ve 12 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.15.'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.15. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

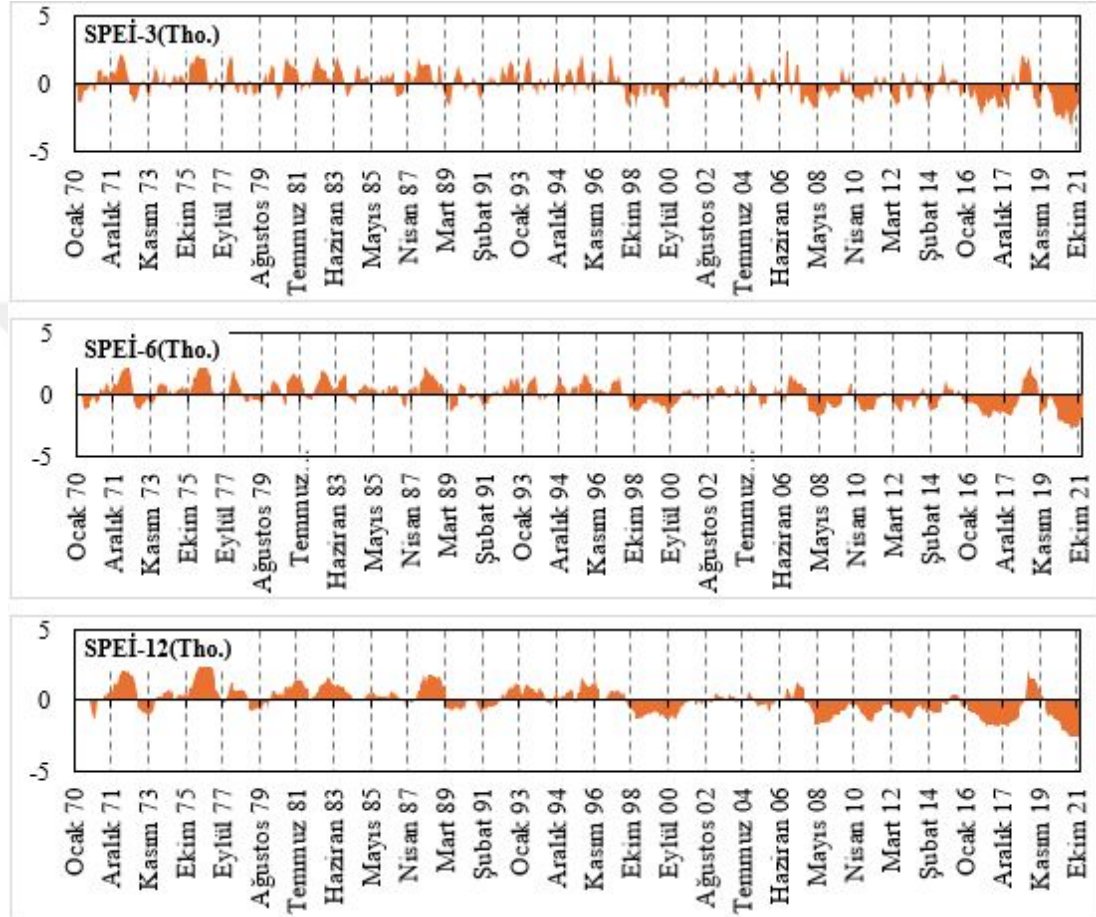
	SPEI-3(T)	SPEI-6(T)	SPEI-12(T)
Hafif Kurak	69%	66%	69%
Orta Kurak	18%	22%	17%
Çok Kurak	9%	8%	10%
Aşırı Kurak	4%	4%	4%



Şekil 4.23. 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.24.'te, 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17968-Ceylanpınar istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki kuraklık indis değerleri SPEI(T) yöntemi ile hesaplanmıştır. SPEI-3(T) için en uzun iki kurak dönem Şubat 2016–Haziran 2018 ve Temmuz 2007–Temmuz 2009 dönemleri arasında sırasıyla 29 ve 25 ay olarak sürmüştür, SPEI(T) yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Temmuz 2021 tarihinde -3.69 olarak belirlenmiştir. SPEI-6(T) değerleri için en uzun süren kurak dönemler Eylül 2015 – Eylül 2018 tarihleri arasında 37 ay, Haziran 1998- Nisan 2001 tarihleri arasında ise 35 ay olarak iki farklı dönemde meydana

gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -2.82 olarak Mayıs 2021 tarihinde bulunmuştur. SPEI-12(T) için en uzun kurak dönemlerin 89 ay ve 40 ay olarak sırasıyla Ekim 2007-Şubat 2015 ve Ekim 2015-Ocak 2019 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Ağustos 2021 tarihinde -2.63 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.24. 17968-Ceylanpınar istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

Ceylanpınar meteoroloji istasyonuna ait 1970-2021 dönemi için hesaplanan 3, 6 ve 12 aylık zaman aralıklarında kurak dönem verilerini (kuraklığın süresi, büyüklüğü ve şiddeti) içeren kuraklık özellikleri incelenmiştir. Çizelge 4.16.'da her bir indis için incelenen kuraklık olaylarının kuraklık sınıfı ve şiddeti ile kuraklık periyotlarının ve en şiddetli kuraklığın başlangıç ve bitiş süreleri verilmiştir. Hafif kurak sınıfı Ceylanpınar istasyonunda diğer kuraklık sınıflarına kıyasla en fazla görülen kuraklık sınıfı olmuştur. Zaman ölçeğinin artmasıyla kuraklık süresinde artış meydana gelmiştir. En uzun kuraklık süresinde SPEI(T) yöntemi diğer yöntemlerden daha uzun kuraklık süreleri belirlemişken, kuraklık şiddetinde en yüksek değerler SPI yönteminde belirlenmiştir. SPI yöntemi aşırı kuraklık sınıfını belirlemede diğer

iki yönteme kıyasla daha fazla hassastır.

Çizelge 4.16. Ceylanpınar 17968 nolu istasyondan alınan verilere göre kuraklık değerleri

İndis	Kuraklık Periyodu	Kuraklık Sayısı (Ay)					En Uzun Süreli Kuraklık			Maksimum Kuraklık	
		Hafif Kurak	Orta Kurak	Çok Kurak	Aşırı Kurak	Toplam	Başlangıç	Bitiş	Süre (Ay)	Şiddet	Zaman (Ay)
SPI	3	203	43	19	14	279	2020/10	2021/8	11	-4.21	2021/1
	6	188	54	25	20	287	2016/3	2018/8	30	-4.64	2021/1
	12	195	44	20	23	282	2008/2	2013/4	63	-3.61	2021/5
SPEI(H)	3	212	59	23	14	308	2016/9	2018/5	21	-3.11	2016/11
	6	219	62	19	17	317	2016/2	2018/7	30	-2.85	2021/5
	12	228	46	25	16	315	1998/7	2001/7	37	-2.94	2021/10
SPEI(T)	3	210	53	28	12	303	2016/2	2018/6	29	-3.69	2021/7
	6	203	68	23	13	307	2015/9	2018/9	37	-2.82	2021/5
	12	209	50	30	12	301	2007/10	2015/2	89	-2.63	2021/8

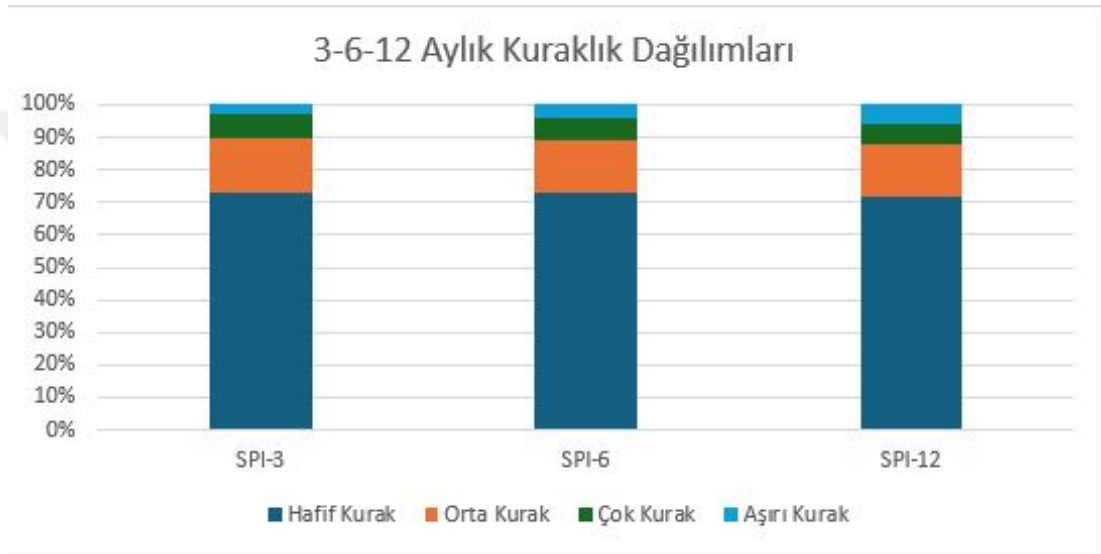
4.5. 17980-Akçakale İstasyonu Kuraklık Analizi

4.5.1. SPI İndisi Kuraklık Dağılımları

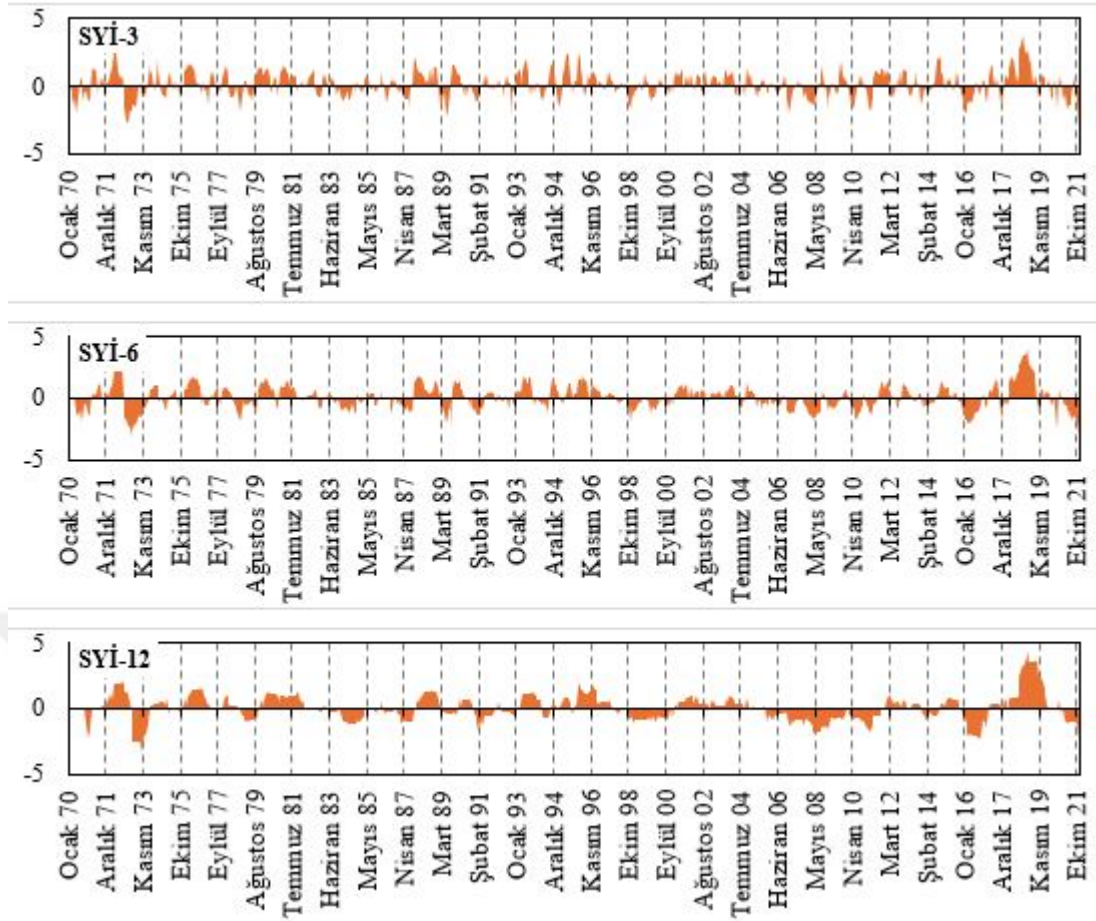
1970-2021 yılları arasında Akçakale meteoroloji istasyonunda ölçülen meteorolojik parametreler kullanılarak istasyona ait meteorolojik kuraklık analizi SPI ve SPEI(H) ve SPEI(T) yöntemleriyle analiz edilmiştir. SPI yöntemine ait sonuçlar Şekil 4.25.'te sunulmuştur. SPI indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %56 yağışlı %44 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 348 ay yağışlı 274 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 200 ay hafif kurak, 46 ay orta kurak, 19 ay çok kurak ve 9 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPI indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %49 yağışlı %51 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 304 ay yağışlı 315 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 229 ay hafif kurak, 50 ay orta kurak, 23 ay çok kurak ve 13 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPI indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %51 yağışlı %49 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 311 ay yağışlı 302 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 218 ay hafif kurak, 49 ay orta kurak, 17 ay çok kurak ve 18 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.17.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.17. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

	SPI-3	SPI-6	SPI-12
Hafif Kurak	73%	73%	72%
Orta Kurak	17%	16%	16%
Çok Kurak	7%	7%	6%
Aşırı Kurak	3%	4%	6%

**Şekil 4.25.** 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.26.'da, SPI yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17980-Akçakale istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki hesaplanan kuraklık indis değerleri sunulmuştur. SPI-3 için en uzun iki kurak dönem Ekim 1983 – Ağustos 1984 ve Kasım 1972-Ağustos 1973 dönemleri arasında sırasıyla 11 ve 10 ay olarak sürmüştür, SPI yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Aralık 2021 tarihinde -3.20 olarak belirlenmiştir. SPI-6 değerleri için en uzun süren kurak dönemler Kasım 1972-Şubat 1974 tarihleri arasında 16 ay, Eylül 2015 - Kasım 2016 tarihleri arasında ise 15 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -3.13 olarak Nisan 1973 tarihinde bulunmuştur. SPI-12 için en uzun kurak dönemlerin 50 ay ve 36 ay olarak sırasıyla Kasım 2005-Aralık 2009 ve Şubat 1998-Ocak 2001 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Ekim 1973 tarihinde -3.45 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.26. 17980-Akçakale istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

4.5.2. SPEI İndisleri Kuraklık Dağılımları

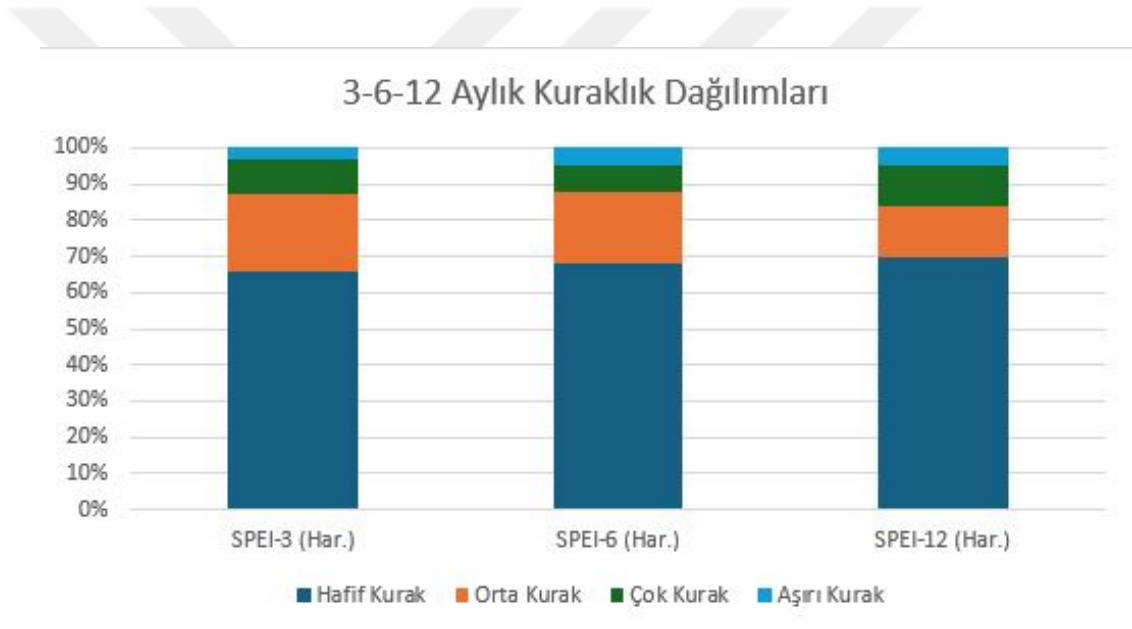
4.5.2.1. Hargreaves Yöntemi SPEI(H)

Akçakale meteoroloji istasyonuna ait 1970-2021 yılları arasındaki aylık sıcaklık ve yağış verileri yardımıyla SPEI(H) değerleri hesaplanmıştır. Buna göre, SPEI(H) yöntemi ile 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizleri yapılmış ve sonuçları Şekil 4.27.'de verilmiştir. SPEI(H) indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %51 yağışlı %49 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 317 ay yağışlı 305 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 201 ay hafif kurak, 63 ay orta kurak, 32 ay çok kurak ve 9 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(H) indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %51 yağışlı %49 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 315 ay yağışlı 304 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 206 ay hafif kurak, 60 ay orta kurak, 23 ay çok kurak ve 15 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(H) indisine göre 12 aylık kuraklık analizinde ise %52 yağışlı %48 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 318 ay yağışlı 295 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 207 ay hafif kurak, 41 ay orta kurak, 31 ay

çok kurak ve 16 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait oranlar Çizelge 4.18.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.18. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

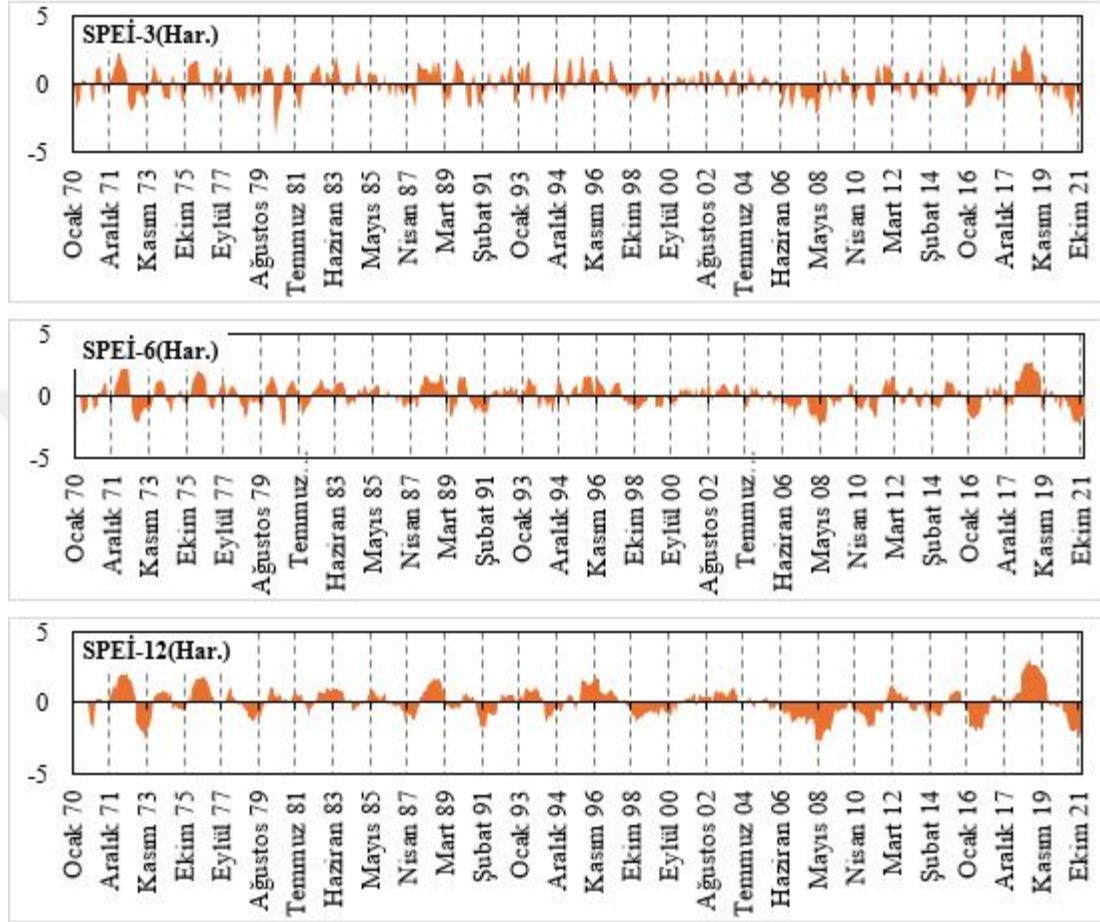
	SPEI-3(H)	SPEI-6(H)	SPEI-12(H)
Hafif Kurak	66%	68%	70%
Orta Kurak	21%	20%	14%
Çok Kurak	10%	7%	11%
Aşırı Kurak	3%	5%	5%



Şekil 4.27. 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.28.'de, 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17980-Akçakale istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki kuraklık indis değerleri SPEI(H) yöntemi ile hesaplanmıştır. SPEI-3(H) için en uzun iki kurak dönem Kasım 1972–Ocak 1974 ve Temmuz 2007–Ağustos 2008 dönemleri arasında sırasıyla 15 ve 14 ay olarak sürmüştür, SPEI(H) yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Haziran 2021 tarihinde -3.87 olarak belirlenmiştir. SPEI-6(H) değerleri için en uzun süren kurak dönemler Aralık 2005–Eylül 2008 tarihleri arasında 34 ay, Nisan 1998–Mayıs 2000 tarihleri arasında ise 26 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -2.47 olarak Ekim 1980 tarihinde bulunmuştur. SPEI-12(H) için en uzun kurak dönemler

sırasıyla 43 ve 31 ay olarak Mayıs 2006-Kasım 2009 ve Temmuz 1998-Ocak 2001 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Aralık 2021 tarihinde -2.80 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.28. 17980-Akçakale istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

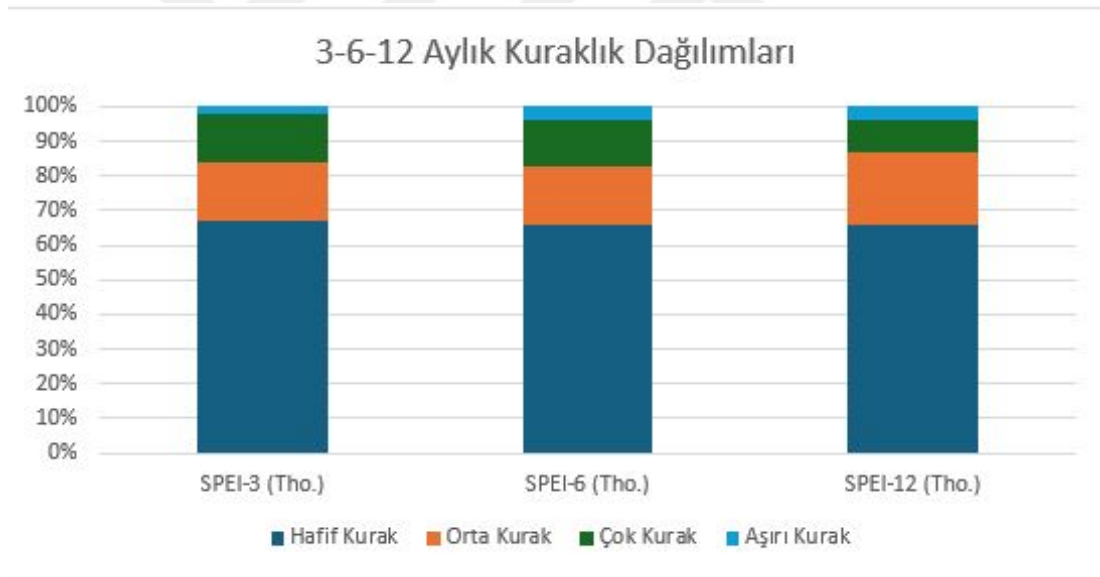
4.5.2.2. Thornthwaite Yöntemi SPEI(T)

1970-2021 yılları arasında ölçülen yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak Akçakale meteoroloji istasyonuna ait indis değerleri değerlendirilmiştir. SPEI(T) yöntemine ait sonuçlar Şekil 4.29.'da verilmiştir. SPEI(T) indisine göre 3 aylık kuraklık analizi %52 yağışlı %48 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 325 ay yağışlı 297 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 199 ay hafif kurak, 51 ay orta kurak, 41 ay çok kurak ve 6 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(T) indisine göre 6 aylık kuraklık analizi %52 yağışlı %48 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 319 ay yağışlı 300 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 199 ay hafif kurak, 50 ay orta kurak, 40 ay çok kurak ve 11 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. SPEI(T) indisine göre 12 aylık

kuraklık analizinde ise %52 yağışlı %48 kurak olarak belirlenmiştir. Söz konusu yıllar arasında toplam 316 ay yağışlı 297 ay kurak geçmiştir. Kurak geçen bu aylardan 195 ay hafif kurak, 61 ay orta kurak, 28 ay çok kurak ve 13 ay aşırı kurak olarak tespit edilmiştir. 3, 6 ve 12 aylık kuraklık analizindeki oranlar Çizelge 4.19.'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.19. 3-6-12 aylık kuraklık analizinin indislere göre oranları

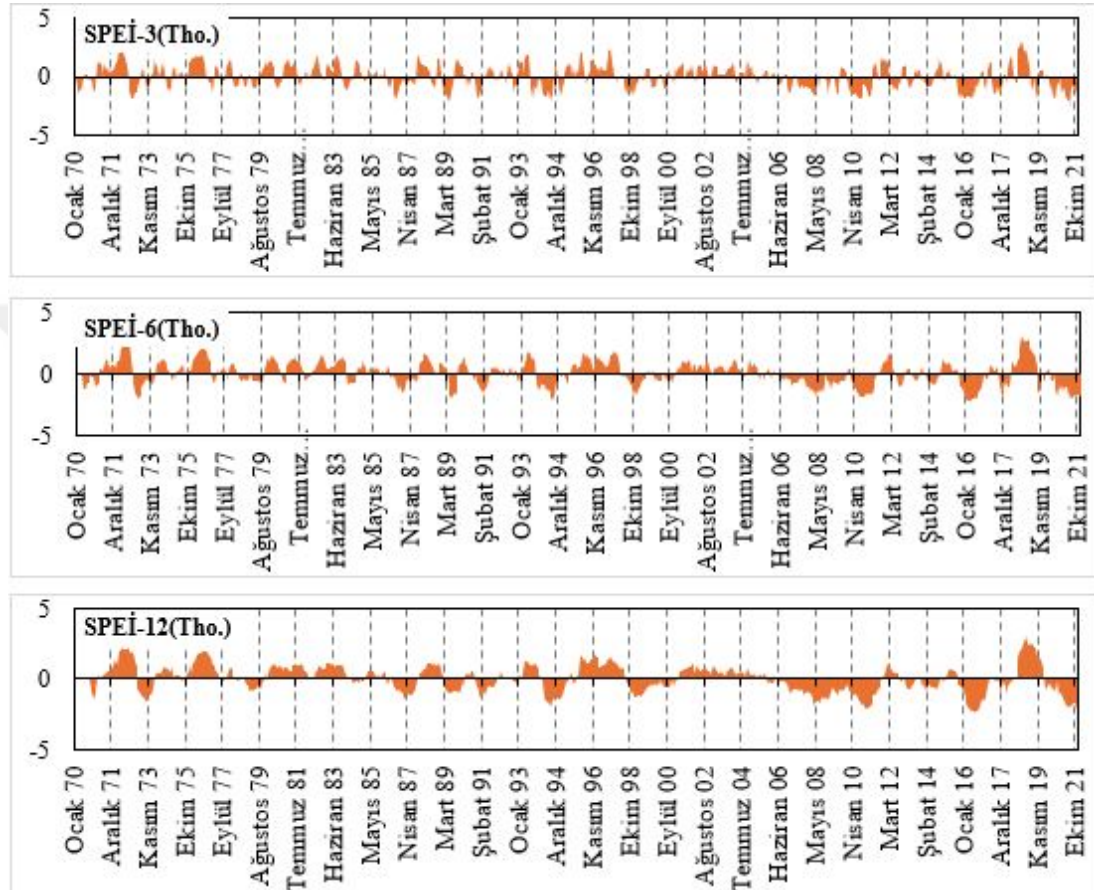
	SPEI-3(T)	SPEI-6(T)	SPEI-12(T)
Hafif Kurak	67%	66%	66%
Orta Kurak	17%	17%	21%
Çok Kurak	14%	13%	9%
Aşırı Kurak	2%	4%	4%



Şekil 4.29. 3-6-12 aylık kuraklık analizinde kurak dönemlere ait dağılım

Şekil 4.30.'da, 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçekleri için 17980-Akçakale istasyonu 1970-2021 yılları arasındaki kuraklık indis değerleri SPEI(T) yöntemi ile hesaplanmıştır. SPEI-3(T) için en uzun iki kurak dönem Şubat 2010–Nisan 2011 ve Eylül 2015–Kasım 2016 dönemleri arasında 15'er ay olarak sürmüştür, SPEI(T) yöntemi ile hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri ise Temmuz 2021 tarihinde -2.59 olarak belirlenmiştir. SPEI-6(T) değerleri için en uzun süren kurak dönemler Temmuz 2006 – Eylül 2008 tarihleri arasında 27 ay, Kasım 1993- Temmuz 1995 tarihleri arasında ise 21 ay olarak iki farklı dönemde meydana gelirken bu

zaman ölçeğinde hesaplanan maksimum kuraklık indis değeri -2.40 olarak Nisan 2016 tarihinde bulunmuştur. SPEI-12(T) için en uzun kurak dönemlerin 72 ay ve 28 ay olarak sırasıyla Kasım 2005-Ekim 2011 ve Ağustos 1998-Kasım 2000 dönemleri arasında olduğu görülmüştür. Maksimum kuraklık indis değeri Ağustos 2016 tarihinde -2.43 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.30. 17980-Akçakale istasyonuna ait 3, 6 ve 12 değerlerinin zamansal dağılımları

Akçakale meteoroloji istasyonuna ait 1970-2021 dönemi için hesaplanan 3, 6 ve 12 aylık zaman aralıklarında kurak dönem verilerini (kuraklığın süresi, büyüklüğü ve şiddeti) içeren kuraklık özellikleri incelenmiştir. Çizelge 4.20.'de her bir indis için incelenen kuraklık olaylarının kuraklık sınıfı ve şiddeti ile kuraklık periyotlarının ve en şiddetli kuraklığın başlangıç ve bitiş süreleri verilmiştir. Hafif kurak sınıfı Akçakale istasyonunda yine diğer kuraklık sınıflarına kıyasla en fazla görülen kuraklık sınıfı olmuştur. Zaman ölçeğinin artmasıyla kuraklık süresinde artış meydana gelmiştir. En uzun kuraklık süresinde tüm yöntemler genel itibarıyla benzerlik göstermiştir. SPI ve SPEI(H) yöntemleri aşırı kuraklık sınıfını belirlemede benzerlik göstermiştir. Orta kurak ve çok kurak sınıfları belirlemede SPEI(H) ve

SPEI(T) yöntemleri SPI yöntemine göre daha hassas sonuçlar vermiştir.

Çizelge 4.20. Akçakale 17980 nolu istasyondan alınan verilere göre kuraklık değerleri

İndis	Kuraklık Periyodu	Kuraklık Sayısı (Ay)					En Uzun Süreli Kuraklık			Maksimum Kuraklık	
		Hafif Kurak	Orta Kurak	Çok Kurak	Aşırı Kurak	Toplam	Başlangıç	Bitiş	Süre (Ay)	Şiddet	Zaman (Ay)
SPI	3	200	46	19	9	274	1983/10	1984/8	11	-3.20	2021/12
	6	229	50	23	13	315	1972/11	1974/2	16	-3.13	1973/4
	12	218	49	17	18	302	2005/11	2009/12	50	-3.45	1973/10
SPEI(H)	3	201	63	32	9	305	1972/11	1974/1	15	-3.87	2021/6
	6	206	60	23	15	304	2005/12	2008/9	34	-2.47	1980/10
	12	207	41	31	16	295	2006/5	2009/11	43	-2.80	2021/12
SPEI(T)	3	199	51	41	6	297	2010/2	2011/4	15	-2.59	2021/7
	6	199	50	40	11	300	2006/7	2008/9	27	-2.40	2016/4
	12	195	61	28	13	297	2005/11	2011/10	72	-2.43	2016/8

5. TARTIŞMA

5.1. Genel Değerlendirme

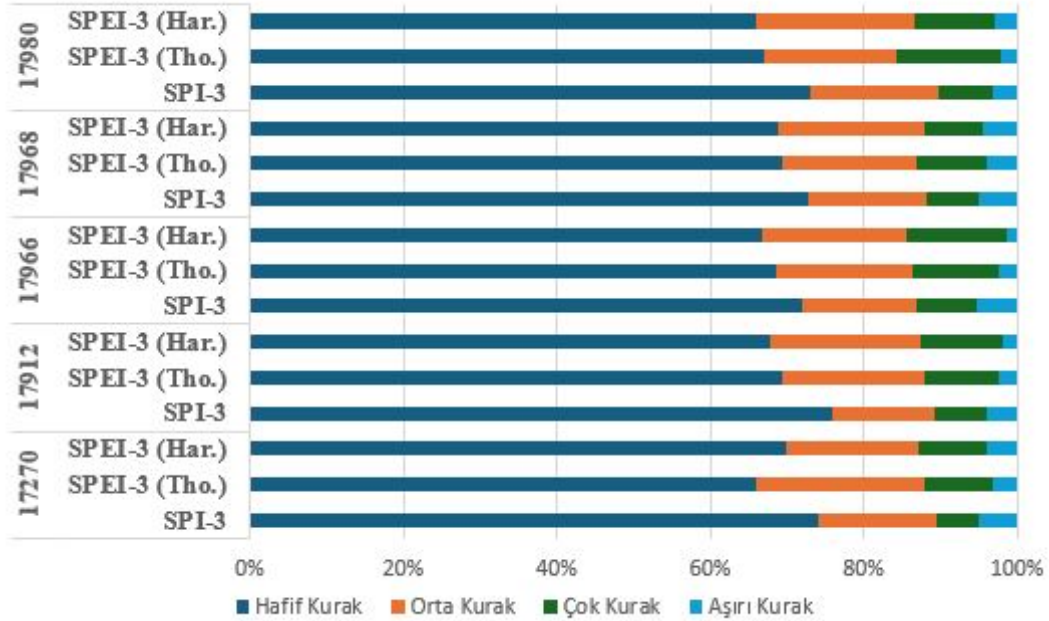
Şanlıurfa yer alan 5 farklı meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik veriler kullanılarak 3, 6 ve 12 aylık zaman aralıklarında SPI, SPEI(H) ve SPEI(T) kuraklık indis değerleri hesaplanmıştır. 3, 6 ve 12 aylık periyotlardaki kuraklıkların karakteristik özellikleri incelenmiş ve tüm istasyonlar için SPI, SPEI(H) ve SPEI(T) indislerinin kurak dönemlere ait oranları ve kuraklık dağılımları belirlenmiştir.

5.1.1. Tüm İstasyonların 3 Aylık Kuraklık Analizlerinin İndislere Göre Oranları ve Dağılımları

Şanlıurfa yer alan 5 farklı meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik veriler kullanılarak 3 aylık zaman ölçeklerinde SPI, SPEI(H) ve SPEI(T) kuraklık indis değerleri hesaplanmıştır. 3 aylık periyotlarda meydana gelen kuraklıkların karakteristik özellikleri incelenmiş ve tüm istasyonların kuraklık indislerinin dağılımları genel itibariyle benzerlik göstermiştir. Ancak hafif kurak dönemler ele alındığında SPI indisinin kuraklık oranının diğer indislere göre daha yüksek olduğu, orta kurak dönemler ele alındığında Şanlıurfa (17270) istasyonu hariç SPEI(H) indisinin kuraklık oranının diğer indislere göre daha yüksek olduğu, çok kurak dönemler ele alındığında genel anlamda SPEI(H) ve SPEI(T) indislerinin kuraklık oranlarının SPI indisine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Aşırı kurak dönemlere bakıldığında ise genel itibariyle SPI indisinin kuraklık oranının diğer indislere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.1. Tüm istasyonların 3 aylık kuraklık analizlerinin indislere göre oranları

		Hafif Kurak	Orta Kurak	Çok Kurak	Aşırı Kurak
17270 (Şanlıurfa)	SPI-3	0.741	0.153	0.054	0.051
	SPEI-3 (Tho.)	0.660	0.218	0.090	0.032
	SPEI-3 (Har.)	0.698	0.174	0.090	0.039
17912 (Siverek)	SPI-3	0.758	0.135	0.066	0.041
	SPEI-3 (Tho.)	0.695	0.186	0.094	0.025
	SPEI-3 (Har.)	0.677	0.196	0.108	0.019
17966 (Birecik)	SPI-3	0.720	0.148	0.079	0.053
	SPEI-3 (Tho.)	0.686	0.179	0.110	0.025
	SPEI-3 (Har.)	0.669	0.188	0.131	0.013
17968 (Ceylanpınar)	SPI-3	0.728	0.154	0.068	0.050
	SPEI-3 (Tho.)	0.693	0.175	0.092	0.040
	SPEI-3 (Har.)	0.688	0.192	0.075	0.045
17980 (Akçakale)	SPI-3	0.730	0.168	0.069	0.033
	SPEI-3 (Tho.)	0.670	0.172	0.138	0.020
	SPEI-3 (Har.)	0.659	0.207	0.105	0.030



Şekil 5.3. Tüm istasyonların 3 aylık kuraklık analizlerinde kurak dönemlere ait dağılım

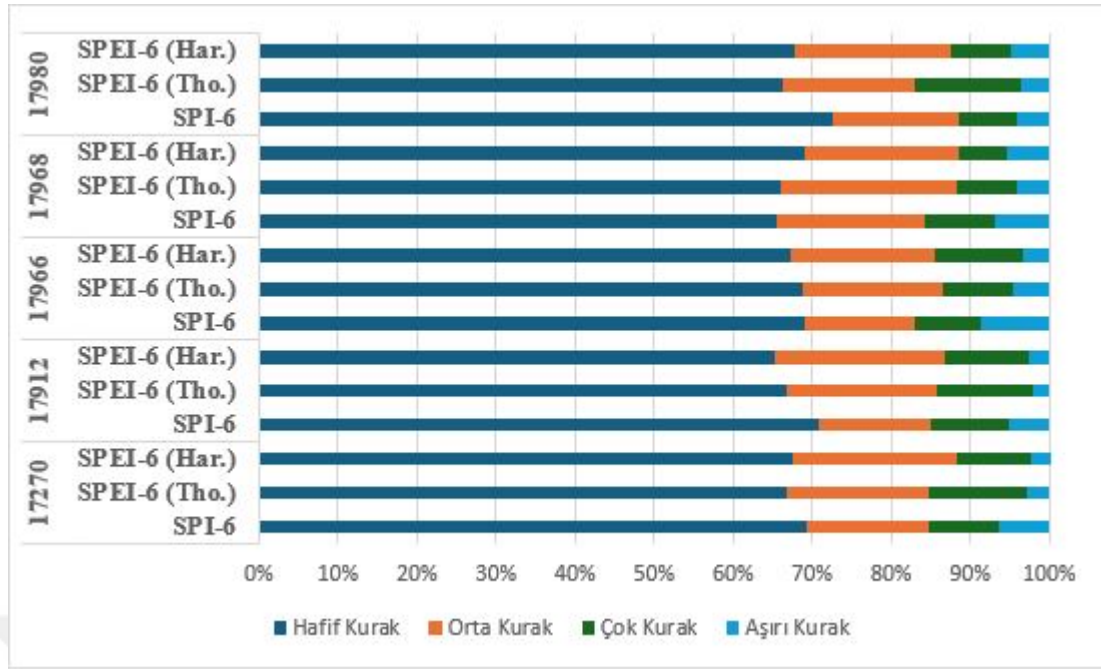
5.1.2. Tüm İstasyonların 6 Aylık Kuraklık Analizlerinin İndislere Göre Oranları ve Dağılımları

Şanlıurfa yer alan 5 farklı meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik veriler kullanılarak 6 aylık zaman ölçeklerinde SPI, SPEI(H) ve SPEI(T) kuraklık indis değerleri hesaplanmıştır. 6 aylık periyotlarda meydana gelen kuraklıkların

karakteristik özellikleri incelenmiş ve tüm istasyonların kuraklık indislerinin dağılımları genel itibariyle benzerlik göstermiştir. Ancak hafif kurak dönemler ele alındığında Ceylanpınar (17968) istasyonu hariç SPI indisinin kuraklık oranının diğer indislere göre daha yüksek olduğu, orta kurak dönemler ele alındığında yine Ceylanpınar (17968) istasyonu hariç SPEI(H) indisinin kuraklık oranının diğer indislere göre daha yüksek olduğu, çok kurak dönemler ele alındığında Ceylanpınar (17968) istasyonu hariç genel anlamda SPEI(H) ve SPEI(T) indislerinin kuraklık oranlarının SPI indisine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Aşırı kurak dönemlere bakıldığında ise genel itibariyle SPI indisinin kuraklık oranının diğer indislere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.1. Tüm istasyonların 6 aylık kuraklık analizlerinin indislere göre oranları

		Hafif Kurak	Orta Kurak	Çok Kurak	Aşırı Kurak
17270 (Şanlıurfa)	SPI-6	0.693	0.155	0.089	0.063
	SPEI-6 (Tho.)	0.668	0.181	0.122	0.029
	SPEI-6 (Har.)	0.674	0.204	0.092	0.029
17912 (Siverek)	SPI-6	0.708	0.143	0.098	0.051
	SPEI-6 (Tho.)	0.667	0.190	0.123	0.020
	SPEI-6 (Har.)	0.652	0.216	0.105	0.026
17966 (Birecik)	SPI-6	0.691	0.140	0.083	0.086
	SPEI-6 (Tho.)	0.688	0.177	0.088	0.047
	SPEI-6 (Har.)	0.672	0.182	0.114	0.032
17968 (Ceylanpınar)	SPI-6	0.655	0.188	0.087	0.070
	SPEI-6 (Tho.)	0.661	0.221	0.075	0.042
	SPEI-6 (Har.)	0.691	0.196	0.060	0.054
17980 (Akçakale)	SPI-6	0.727	0.159	0.073	0.041
	SPEI-6 (Tho.)	0.663	0.167	0.133	0.037
	SPEI-6 (Har.)	0.678	0.197	0.076	0.049



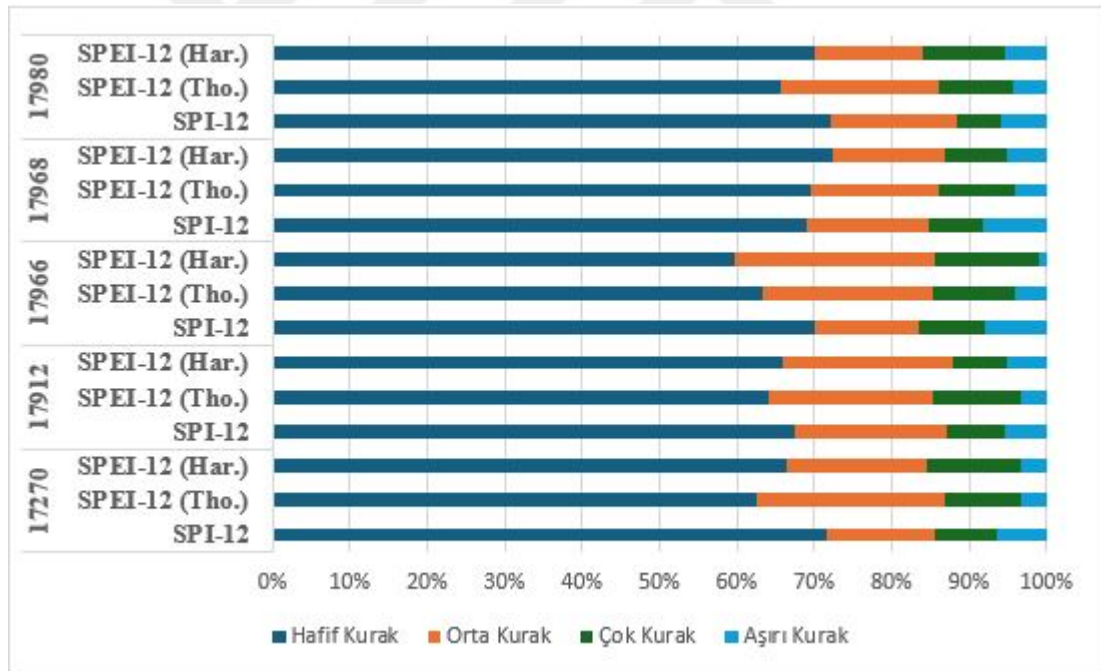
Şekil 5.4. Tüm istasyonların 6 aylık kuraklık analizlerinde kurak dönemlere ait dağılım

5.1.3. Tüm İstasyonların 12 Aylık Kuraklık Analizlerinin İndislere Göre Oranları ve Dağılımları

Şanlıurfa yer alan 5 farklı meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik veriler kullanılarak 12 aylık zaman ölçeklerinde SPI, SPEI(H) ve SPEI(T) kuraklık indis değerleri hesaplanmıştır. 12 aylık periyotlarda meydana gelen kuraklıkların karakteristik özellikleri incelenmiş ve yine tüm istasyonların kuraklık indislerinin dağılımları genel itibariyle benzerlik göstermiştir. Ancak hafif kurak dönemler ele alındığında Ceylanpınar (17968) istasyonu hariç SPI indisinin kuraklık oranının diğer indislere göre daha yüksek olduğu, orta kurak dönemler ele alındığında Ceylanpınar (17968) ve Akçakale (17980) istasyonları hariç SPEI(H) ve SPEI(T) indislerinin kuraklık oranlarının SPI indisine göre daha yüksek olduğu, çok kurak dönemler ele alındığında Siverek (17912) istasyonu hariç genel anlamda SPEI(H) ve SPEI(T) indislerinin kuraklık oranlarının SPI indisine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Aşırı kurak dönemlere bakıldığında ise genel itibariyle SPI indisinin kuraklık oranının diğer indislere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.2. Tüm istasyonların 12 aylık kuraklık analizlerinin indislere göre oranları

		Hafif Kurak	Orta Kurak	Çok Kurak	Aşırı Kurak
17270 (Şanlıurfa)	SPI-12	0.718	0.140	0.079	0.065
	SPEI-12 (Tho.)	0.625	0.243	0.098	0.034
	SPEI-12 (Har.)	0.666	0.181	0.120	0.033
17912 (Siverek)	SPI-12	0.675	0.196	0.074	0.055
	SPEI-12 (Tho.)	0.641	0.214	0.112	0.034
	SPEI-12 (Har.)	0.660	0.220	0.068	0.052
17966 (Birecik)	SPI-12	0.701	0.134	0.084	0.081
	SPEI-12 (Tho.)	0.634	0.220	0.105	0.042
	SPEI-12 (Har.)	0.598	0.258	0.134	0.010
17968 (Ceylanpınar)	SPI-12	0.691	0.156	0.071	0.082
	SPEI-12 (Tho.)	0.694	0.166	0.100	0.040
	SPEI-12 (Har.)	0.724	0.146	0.079	0.051
17980 (Akçakale)	SPI-12	0.722	0.162	0.056	0.060
	SPEI-12 (Tho.)	0.657	0.205	0.094	0.044
	SPEI-12 (Har.)	0.702	0.139	0.105	0.054



Şekil 5.5. Tüm istasyonların 12 aylık kuraklık analizlerinde kurak dönemlere ait dağılım

5.1.4. SPI İndisine Göre Farklı Zaman Ölçeklerinde Görülen Kuraklık Değerleri

Tüm istasyonlara ait 1970-2021 dönemi için hesaplanan SPI indisi 3, 6 ve 12 aylık zaman aralıklarında kurak dönem verilerini (kuraklığın süresi, büyüklüğü ve

şiddeti) içeren kuraklık özellikleri incelenmiştir. Şekil 5.4.'de her bir indis için incelenen kuraklıkların en şiddetli ve en uzun süreli ile bulundukları başlangıç ve bitiş zamanları verilmiştir.

SPI 3 aylık periyotlar incelendiğinde en fazla kuraklık periyodunun Şanlıurfa ve Birecik istasyonlarında olduğu görülmüş ancak kuraklık şiddetinde en yüksek değer Ceylanpınar istasyonunda oluşmuştur.

SPI 6 ve 12 aylık periyotlar incelendiğinde ise hem kuraklık süreleri hem de kuraklık şiddetinin en yüksek görüldüğü istasyon Ceylanpınar istasyonudur.

İstasyonlar	SPI İndisine Göre Farklı Zaman Ölçeklerinde Görülen Kuraklık Değerleri					
	SPI-3		SPI-6		SPI-12	
	Periyot	Şiddet	Periyot	Şiddet	Periyot	Şiddet
ŞANLIURFA	Eyl. 1972-Ara. 1973 (16 Ay)	Haz. 1989 (-3,00)	Haz. 1978-Eyl. 1979 (16 Ay)	Eyl. 1989 (-3,26)	Kas. 2005-Kas. 2009 (49 Ay)	Eki. 1973 (-3,39)
SİVEREK	Mar. 1970-Mar. 1971 (13 ay)	Şub. 1973 (-2,84)	Eki. 1998- Kas.2000 (26 ay)	Haz. 1989 (-2,64)	Oca. 1999- Nis. 2001 (28 ay)	Şub. 1971 (-2,82)
BİRECİK	Nis. 1978- Tem. 1979 (16 ay)	Ara. 2015 (-3,38)	Eki. 1998-Eyl. 2000 (24 ay)	Eyl. 2021 (-3,92)	Şub. 2016-Eki. 2018 (33 ay)	Ağu. 2014 (-3,28)
CEYLANPINAR	Eki. 2020-Ağu. 2021 (11 ay)	Oca. 2021 (-4,21)	Mar. 2016-Ağu.2018 (30 ay)	Oca. 2021 (-4,64)	Şub. 2008-Nis. 2013 (63 ay)	May. 2021 (-3,61)
AKÇAKALE	Eki. 1983-Ağu. 1984 (11 ay)	Ara. 2021 (-3,20)	Kas. 1972-Şub. 1974 (16 ay)	Nis. 1973 (-3,13)	Kas. 2005-Ara. 2009 (50 ay)	Eki. 1973 (-3,45)

Şekil 5.6. 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçeklerinde görülen kuraklık değerleri

5.1.5. SPEI(H) İndisine Göre Farklı Zaman Ölçeklerinde Görülen Kuraklık Değerleri

Tüm istasyonlara ait 1970-2021 dönemi için hesaplanan SPEI(H) indisi 3, 6 ve 12 aylık zaman aralıklarında kurak dönem verilerini (kuraklığın süresi, büyüklüğü ve şiddeti) içeren kuraklık özellikleri incelenmiştir. Şekil 5.5.'te her bir indis için incelenen kuraklıkların en şiddetli ve en uzun süreli ile bulundukları başlangıç ve bitiş zamanları verilmiştir.

SPEI(H) 3 aylık periyotlar incelendiğinde en fazla kuraklık periyodunun Siverek istasyonunda olduğu görülmüş ancak kuraklık şiddetinde en yüksek değer Akçakale istasyonunda oluşmuştur.

SPEI(H) 6 aylık periyotlar incelendiğinde en fazla kuraklık periyodunun Akçakale istasyonunda olduğu görülmüş ancak kuraklık şiddetinde en yüksek değer Ceylanpınar istasyonunda oluşmuştur.

SPEI(H) 12 aylık periyotlar incelendiğinde en fazla kuraklık periyodunun Şanlıurfa istasyonunda olduğu görülmüş ancak kuraklık şiddetinde en yüksek değer Ceylanpınar istasyonunda oluşmuştur.

İstasyonlar	SPEI(H) İndisine Göre Farklı Zaman Ölçeklerinde Görülen Kuraklık Değerleri					
	SPEI(H)-3		SPEI(H)-6		SPEI(H)-12	
	Periyot	Şiddet	Periyot	Şiddet	Periyot	Şiddet
ŞANLIURFA	Haz. 2007-Ağu. 2008 (15 Ay)	Haz. 2021 (-3,42)	Eki. 1999-Haz. 2001 (21 Ay)	Eyl. 2021 (-2,67)	Kas. 2005-Kas. 2009 (49 Ay)	Nis. 2008 (-2,47)
SİVEREK	Mar. 2020- Ara. 2021 (22 ay)	Nis. 2008 (-2,51)	Eyl. 1998- Nis. 2001 (32 ay)	Eyl. 2021 (-2,80)	Şub. 2016- Kas. 2018 (34 ay)	Kas. 2021 (-2,44)
BİRECİK	Tem. 1998-Ağu.1999 (14 ay)	Mar. 2014 (-2,36)	Kas. 2015-May. 2018 (31 ay)	Mar. 2014 (-2,49)	Şub. 2016- Kas. 2018 (34 ay)	Eyl. 2014 (-2,16)
CEYLANPINAR	Eyl. 2016-May. 2018 (21 ay)	Kas. 2016 (-3,11)	Şub. 2016-Tem. 2018 (30 ay)	May. 2021 (-2,85)	Tem. 1998-Tem. 2001 (37 ay)	Eki. 2021 (-2,94)
AKÇAĞALE	Kas. 1972-Oca. 1974 (15 ay)	Haz. 2021 (-3,87)	Ara. 2005-Eyl. 2008 (34 ay)	Eki. 1980 (-2,47)	May. 2006- Kas. 2009 (43 ay)	Ara. 2021 (-2,80)

Şekil 5.7. SPEI(H) indisi 3, 6 ve 12 aylık farklı zaman ölçeklerinde görülen kuraklık değerleri

5.1.6. SPEI(T) İndisine Göre Farklı Zaman Ölçeklerinde Görülen Kuraklık Değerleri

Tüm istasyonlara ait 1970-2021 dönemi için hesaplanan SPEI(T) indisi 3, 6 ve 12 aylık zaman aralıklarında kurak dönem verilerini (kuraklığın süresi, büyüklüğü ve şiddeti) içeren kuraklık özellikleri incelenmiştir. Şekil 5.6.'da her bir indis için incelenen kuraklıkların en şiddetli ve en uzun süreli ile bulundukları başlangıç ve bitiş zamanları verilmiştir.

SPEI(T) 6 aylık periyotlar incelendiğinde en fazla kuraklık periyodunun Şanlıurfa istasyonunda olduğu görülmüş ancak kuraklık şiddetinde en yüksek değer Ceylanpınar istasyonunda oluşmuştur.

SPEI(T) 3 ve 12 aylık periyotlar incelendiğinde ise hem kuraklık süreleri hem de kuraklık şiddetinin en yüksek görüldüğü istasyon Ceylanpınar istasyonudur.

İstasyonlar	SPEI(T) İndisine Göre Farklı Zaman Ölçeklerinde Görülen Kuraklık Değerleri					
	SPEI(T)-3		SPEI(T)-6		SPEI(T)-12	
	Periyot	Şiddet	Periyot	Şiddet	Periyot	Şiddet
ŞANLIURFA	May. 2015- Kas. 2016 (19 ay)	Haz. 2021 (-2,83)	Ağu. 2015- Ey. 2018 (38 ay)	Eyl. 2021 (-2,39)	Kas. 2005 – Kas. 2009 (49 ay)	Kas. 2021 (-2,39)
SİVEREK	Mar. 2020-Ara. 2021 (22 ay)	Eki. 2020 (-2,83)	Eyl. 1998- Nis. 2001 (32 ay)	Haz. 1989 (-2,42)	Şub. 2016- Kas. 2018 (34 ay)	Kas. 2021 (-2,44)
BİRECİK	Tem. 2013- Eki. 2014 (16 ay)	Eki. 2010 (-2,63)	Eyl. 1998- Şub. 2001 (30 ay)	Eki. 2010 (-2,79)	Şub. 2016-Kas. 2018 (34 ay)	Eyl. 2014 (-2,48)
CEYLANPINAR	Şub. 2016-Haz. 2018 (29 ay)	Tem. 2021 (-3,69)	Eyl. 2015-Eyl. 2018 (37 ay)	May. 2021 (-2,82)	Eki. 2007-Şub. 2015 (89 ay)	Ağu. 2021 (-2,63)
AKÇAKALE	Şub. 2010- Nis. 2011 (15 ay)	Tem. 2021 (-2,59)	Tem. 2006-Eyl. 2008 (27 ay)	Nis. 2016 (-2,40)	Kas. 2005-Eki. 2011 (72 ay)	Ağu. 2016 (-2,43)

Şekil 5.8. SPEI(T) indisi 3, 6 , 12 aylık farklı zaman ölçeklerinde görülen kuraklık değerleri

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, 1970-2021 yılları arasındaki dönemde Şanlıurfa yer alan 5 farklı meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik veriler kullanılarak 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde SPI, SPEI(H) ve SPEI(T) kuraklık indis değerleri hesaplanmıştır. Çalışmanın amacı doğrultusunda, Şanlıurfa Merkez ve ilçelerindeki (Akçakale, Birecik, Ceylanpınar ve Siverek) geçmiş yıllarda meydana gelen kuraklıkların karakteristik özellikleri incelenmiş ve kullanılan kuraklık indislerinin söz konusu bölgelerdeki performansları, uygulanabilirliği ve aralarındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Başlıca sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

SPI, SPEI(H) ve SPEI(T) değerlerinin zamansal değişimi farklı zaman ölçeklerinde nispeten benzerlik göstermiş ve özellikle hafif kurak dönemler ele alındığında SPI indisinin kuraklık oranının Ceylanpınar istasyonu 6 ve 12 aylık zaman ölçeği hariç tüm zaman ölçeklerinde ve istasyonlarda SPEI(H) ve SPEI(T) göre daha yüksek olduğu, aşırı kurak dönemler baz alındığında SPI indisinin kuraklık oranının tüm istasyonlarda ve tüm zaman ölçeklerinde daha yüksek olduğu görülmüştür. Buna karşın orta ve çok kurak dönemler baz alındığında ise genel anlamda SPEI(H) ve SPEI(T) indislerinin kuraklık oranları SPI ye göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

SPEI(H) ve SPEI(T) değerlerinin zamansal değişimi farklı zaman ölçeklerinde ve tüm istasyonlarda genel anlamda benzerlik göstermiştir. Zaman ölçeğinin artmasına paralel olarak tüm kuraklık yöntemleri için kuraklık sürelerinde artış görülmüştür. İstasyonların tümünde genel olarak 2000’li yıllardan sonra kuraklığın daha etkili hissedildiği anlaşılmaktadır.

SPI yöntemi kuraklık şiddeti konusunda SPEI(H) ve SPEI (T) yöntemlerine göre daha hassastır. Tüm istasyonlar dikkate alındığında Ceylanpınar istasyonunda SPI ve SPEI(T) yöntemlerinin kuraklık periyodu ve şiddetinin daha büyük olduğu görülürken SPEI(H) yöntemine göre farklı istasyonlara yayılmıştır.

7. ÖNERİLER

Bu çalışma, Şanlıurfa merkez ve ilçelerinde (Akçakale, Birecik, Ceylanpınar ve Siverek) kuraklık olaylarının izlenmesini, kuraklığın özelliklerinin belirlenmesini, hesaplanan kuraklık indislerinin değerlendirilmesini ve bu indisler arasındaki farklılıkların yapısının tespit edilmesini amaçlamaktadır. Gelecek çalışmalarda, tarımsal üretim veya su kaynaklarının yönetimi gibi alanlarda tarihsel veriler ile bu çalışma kapsamında elde edilen veriler arasındaki ilişkinin incelenmesi ve uygun yöntemin belirlenerek kullanılması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- Aktürk, G., Zeybekoğlu, U. Ve Yıldız, O., 2022. Drought Investigation Using Spi And Spei Methods: A Case Study In Kırıkkale. Uluslararası Mühendislik Araştırma Ve Geliştirme Dergisi, 14(2): 762-776.
- Anisfeld, S. C., 2011. Water Resources, Island Press, S.
- Atmaca, D., 2011. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (Syi) Yöntemi İle Konya İli Bölgesel Kuraklık Analizi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bae, S., Lee, S.-H., Yoo, S.-H. Ve Kim, T., 2018. Analysis Of Drought Intensity And Trends Using The Modified Spei In South Korea From 1981 To 2010. Water, 10(3).
- Bakanoğulları, F., 2020a. Kırsal Havzalarda Kuraklığın İki Yöntem (Spei Ve Spi) Kullanılarak Belirlenmesi: Kumdere Havzası Örneği. Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7(1): 146-156.
- Bakanoğulları, F., 2020b. Spei Ve Spi İndisleri Kullanılarak İstanbul-Damlıca Deresi Havzasında Kuraklık Şiddetlerinin Analizi. Toprak Su Dergisi, 9(1): 1-22.
- Bari Abarghouei, H., Asadi Zarch, M. A., Dastorani, M. T., Kousari, M. R. Ve Safari Zarch, M., 2011. The Survey Of Climatic Drought Trend In Iran. Stochastic Environmental Research And Risk Assessment, 25(6): 851-863.
- Bayazit, M. Ve Önöz, B., 2008. Taşkın Ve Kuraklık Hidrolojisi, Nobel Yayın Dağıtım, S.
- Bera, B., Shit, P. K., Sengupta, N., Saha, S. Ve Bhattacharjee, S., 2021. Trends And Variability Of Drought In The Extended Part Of Chhota Nagpur Plateau (Singbhum Protocontinent), India Applying Spi And Spei Indices. Environmental Challenges, 5.
- Byun, H.-R. Ve Wilhite, D. A., 1999. Objective Quantification Of Drought Severity And Duration. Journal Of Climate, 12(9): 2747-2756.
- Changnon, S. A. Ve Easterling, W. E., 2007. Measuring Drought Impacts: The Illinois Case1. Journal Of The American Water Resources Association, 25(1): 27-42.
- Coll, J. R., Aguilar, E. Ve Ashcroft, L., 2016. Drought Variability And Change Across The Iberian Peninsula. Theoretical And Applied Climatology, 130(3-4): 901-916.
- Çamalan, G., Akgündüz, A., Ayvaci, H., Çetin, S., Arabacı, H. Ve Coşkun, M., 2017. Spei İndisine Göre Türkiye Geneli Kuraklık Değişim Ve Eğilim Projeksiyonları. Iv. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Tikdek: 5-7.
- Dinç, N., Aydın Şakir, K., Işık, M. Ve Büyüktaş, D., 2016. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (Spi) Yöntemi İle Antalya İli Kuraklık Analizi. Derim: 277-296.
- Eltahir, E. A. B. Ve Yeh, P. J. F., 1999. On The Asymmetric Response Of Aquifer Water Level To Floods And Droughts In Illinois. Water Resources Research, 35(4): 1199-1217.

- Gibbs, W. J. Ve Maher, J. V., 1967. Rainfall Deciles Drought Indicators.
- Gumus, V. Ve Algin, H. M., 2017. Meteorological And Hydrological Drought Analysis Of The Seyhan– Ceyhan River Basins, Turkey. *Meteorological Applications*, 24(1): 62-73.
- Gümüş, V., Baőak, A. Ve Oruç, N., 2016. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (Syi) Yöntemi İle şanlıurfa İstasyonunun Kuraklık Analizi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 1(1): 36-44.
- Gümüş, V., şimşek, O., Avőaroėlu, Y. Ve Ağun, B., 2021. Spatio-Temporal Trend Analysis Of Drought In The Gap Region, Turkey. *Natural Hazards*, 109(2): 1759-1776.
- Güner Bacanlı, Ü. Ve Akşan, G. N., 2019. Drought Analysis In Mediteranean Region. *Pamukkale University Journal Of Engineering Sciences*, 25(6): 665-671.
- Hargreaves, G. H. Ve Allen, R. G., 2003. History And Evaluation Of Hargreaves Evapotranspiration Equation. *Journal Of Irrigation And Drainage Engineering*, 129(1): 53-63.
- Homdee, T., Pongput, K. Ve Kanae, S., 2016. A Comparative Performance Analysis Of Three Standardized Climatic Drought Indices In The Chi River Basin, Thailand. *Agriculture And Natural Resources*, 50(3): 211-219.
- İrcan, M. R. Ve Duman, N., 2021. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (Syi) Yöntemi İle şanlıurfa İli Kuraklık Analizi*. *Journal Of Geography*, (42): 1-18.
- Kadıoğlu, M., 2008. Kuraklık Kıranı Risk Yönetimi, Jica Türkiye Ofisi, S.
- Li, J., Zhou, S. Ve Hu, R., 2015. Hydrological Drought Class Transition Using Spi And Sri Time Series By Loglinear Regression. *Water Resources Management*, 30(2): 669-684.
- Liu, C., Yang, C., Yang, Q. Ve Wang, J., 2021. Spatiotemporal Drought Analysis By The Standardized Precipitation Index (Spi) And Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (Spei) In Sichuan Province, China. *Scientific Reports*, 11(1).
- Liu, Z., Wang, Y., Shao, M., Jia, X. Ve Li, X., 2016. Spatiotemporal Analysis Of Multiscalar Drought Characteristics Across The Loess Plateau Of China. *Journal Of Hydrology*, 534: 281-299.
- Mathbout, S., Lopez-Bustins, J. A., Martin-Vide, J., Bech, J. Ve Rodrigo, F. S., 2018. Spatial And Temporal Analysis Of Drought Variability At Several Time Scales In Syria During 1961–2012. *Atmospheric Research*, 200: 153-168.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J. Ve Kleist, J., The Relationship Of Drought Frequency And Duration To Time Scales. *Proceedings Of The 8th Conference On Applied Climatology*, 17-22 January 1993, Boston, Usa, 179-183.
- Merkoci, A., Mustaqi, V., Mucaj, L. Ve Dvorani, M., 2013. Arnavutluk Bölgesinde

- Kuraklık Ve Standart Yağış İndeksinin (Spi) Kullanımı. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(1).
- Mishra, A. K. Ve Singh, V. P., 2010. A Review Of Drought Concepts. Journal Of Hydrology, 391(1-2): 202-216.
- Moreira, E. E., Paulo, A. A., Pereira, L. S. Ve Mexia, J. T., 2006. Analysis Of Spi Drought Class Transitions Using Loglinear Models. Journal Of Hydrology, 331(1-2): 349-359.
- Nedealcov, M., Răileanu, V., Sîrbu, R. Ve Cojocari, R., 2015. The Use Of Standardized Indicators (Spi And Spei) In Predicting Droughts Over The Republic Of Moldova Territory. Present Environment And Sustainable Development, 9(2): 149-158.
- Oğuztürk, G. Ve Yıldız, O., 2014. Drought Analysis For Different Time Periods In The City Of Kırıkkale. Uluslararası Muhendislik Arastirma Ve Gelistirme Dergisi, 6(2): 19-25.
- Ortiz-Gómez, R., Flowers-Cano, R. S. Ve Medina-García, G., 2022. Sensitivity Of The Rdi And Spei Drought Indices To Different Models For Estimating Evapotranspiration Potential In Semiarid Regions. Water Resources Management, 36(7): 2471-2492.
- Oruç, N., 2017. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Kuraklık Analizi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Palmer, W. C., 1965. Meteorological Drought. Us. Weather Bureau Res. Paper, 45: 1-58.
- Pandey, R. P. Ve Ramasastri, K. S., 2001. Relationship Between The Common Climatic Parameters And Average Drought Frequency. Hydrological Processes, 15(6): 1019-1032.
- Pei, Z., Fang, S., Wang, L. Ve Yang, W., 2020. Comparative Analysis Of Drought Indicated By The Spi And Spei At Various Timescales In Inner Mongolia, China. Water, 12(7).
- Qaisrani, Z. N., Nuthammachot, N., Techato, K. Ve Asadullah. 2021. Drought Monitoring Based On Standardized Precipitation Index And Standardized Precipitation Evapotranspiration Index In The Arid Zone Of Balochistan Province, Pakistan. Arabian Journal Of Geosciences, 14(1).
- Saada, N. Ve Abu-Romman, A., 2017. Multi-Site Modeling And Simulation Of The Standardized Precipitation Index (Spi) In Jordan. Journal Of Hydrology: Regional Studies, 14: 83-91.
- Shahidian, S., Serralheiro, R., Serrano, J., Teixeira, J., Haie, N. Ve Santos, F., 2012. Hargreaves And Other Reduced-Set Methods For Calculating Evapotranspiration. In *Evapotranspiration - Remote Sensing And Modeling*. S.
- Shaowei, Z., Hongchao, Z., Pengcheng, R., Guangjie, X., Bangdong, L., Wencheng,

- D. Ve Liying, W., 2013. Application Of Standardized Precipitation Evapotranspiration Index In China. *Clim. Environ. Res*, 18: 617-625.
- Shukla, S. Ve Wood, A. W., 2008. Use Of A Standardized Runoff Index For Characterizing Hydrologic Drought. *Geophysical Research Letters*, 35(2).
- Stagge, J. H., Tallaksen, L. M., Gudmundsson, L., Van Loon, A. F. Ve Stahl, K., 2015. Candidate Distributions For Climatological Drought Indices (Spi And Spei). *International Journal Of Climatology*, 35(13): 4027-4040.
- Şen, Z., 2005. İklim Değişikliği Ve Su Kaynaklarına Etkisi. İklim Değişikliğinin Su Ve Enerji Kaynaklarımıza Etkisi Paneli.
- Şen, Z., 2009. Kuraklık Afet Ve Modern Hesaplama Yöntemleri, Su Vakfı, S.
- Tokuşlu, A., 2022. Assessing The Impact Of Climate Change On Turkish Basins. *International Journal Of Environment And Geoinformatics*, 9(4): 102-112.
- Tsakiris, G. Ve Vangelis, H., 2005. Establishing A Drought Index Incorporating Evapotranspiration. *European Water*, 9/10.
- Türkeş, M., 2008a. İklim Değişikliği Ve Küresel Isınma Olgusu: Bilimsel Değerlendirme. E. Karakaya (Der.), Küresel Isınma Ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik Ve Politik Analizi İçinde, İstanbul: Bağlam.
- Türkeş, M., 2008b. Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen Ve Öngörülen Değişiklikler. İklim Değişikliği Ve Çevre, 1(1): 26-37.
- Varol, S., Davraz, A., Şener, Ş., Şener, E., Aksever, F., Kırkan, B. Ve Tokgözlü, A., 2021. Assessment Of Groundwater Quality And Usability Of Salda Lake Basin (Burdur/Turkey) And Health Risk Related To Arsenic Pollution. *Journal Of Environmental Health Science And Engineering*, 19(1): 681-706.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S. Ve López-Moreno, J. I., 2010. A Multiscalar Drought Index Sensitive To Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal Of Climate*, 23(7): 1696-1718.
- Vicente-Serrano, S. M. Ve López-Moreno, J. I., 2005. Hydrological Response To Different Time Scales Of Climatological Drought: An Evaluation Of The Standardized Precipitation Index In A Mountainous Mediterranean Basin. *Hydrology And Earth System Sciences*, 9(5): 523-533.
- Wang, H., Pan, Y. Ve Chen, Y., 2017. Comparison Of Three Drought Indices And Their Evolutionary Characteristics In The Arid Region Of Northwestern China. *Atmospheric Science Letters*, 18(3): 132-139.
- Wang, W., Zhu, Y., Xu, R. Ve Liu, J., 2014. Drought Severity Change In China During 1961–2012 Indicated By Spi And Spei. *Natural Hazards*, 75(3): 2437-2451.
- Wu, H., Hayes, M. J., Weiss, A. Ve Hu, Q., 2001. An Evaluation Of The Standardized Precipitation Index, The China-Z Index And The Statistical

Z-Score. International Journal Of Climatology, 21(6): 745-758.

Yüce, M. İ., Aksoy, H., Aytek, A., Eşit, M., Uğur, F., Yaşa, İ., Şimşek, A. Ve Değer, İ. H., 2022. Spi Ve Spei İle Samsun İli Kuraklık Analizi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(3): 285-295.

Yüce, M. İ. Ve Eşit, M., 2020. Ceyhan Havzasının Kuraklık Risk Haritasının Spi Ve Spei Metotları İle Belirlenmesi. Su Kaynakları, 5(2): 1-8.

