

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONYA KAPALI HAVZASI ÖRNEĞİNDE FAKTÖR ANALİZİ
İLE KURAKLIK İNDİSLERİNİN ORTAK KULLANIMININ
DEĞERLENDİRİLMESİ

Metin BAYÇINAR

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2020

Her Hakkı Saklıdır.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“Konya Kapalı Havzası Örneğinde Faktör Analizi ile Kuraklık İndislerinin Ortak Kullanımının Değerlendirilmesi” isimli “Yüksek Lisans” tezim tarafımca intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiğı gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. 24/07/2020



Metin BAYÇINAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KONYA KAPALI HAVZASI ÖRNEĞİNDE FAKTÖR ANALİZİ İLE KURAKLIK İNDİSLERİNİN ORTAK KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Metin BAYÇINAR

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

İklim insan yaşamını derinden etkileyen bir dizi olayı kapsamaktadır. Bu olayların, mekânsal ve istatistiksel analizler ile anlaşılması mümkün olmaktadır. Kuraklık ise iklim değişikliğinin sonuçlarından biri olarak gösterilmektedir ve hem ekonomiye hem de doğaya olumsuz sonuçlar verebileceğinden dolayı çeşitli yöntemlerle incelenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne bağlı Cihanbeyli, Karapınar, Çumra, Seydişehir, Kulu, Ereğli, Niğde, Karaman, Beyşehir ve Aksaray meteoroloji istasyonlarından 1981-2010 yılları arasında elde edilen sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak, bu istasyonların bulunduğu bölgelerin kuraklık durumu ve kuraklığın iklim değişikliğine etkileri Standartlaştırılmış Yağış İndisi(SPI), Normalin Yüzdesi İndisi(PNI), Aridite İndisi(AI) ve Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi(SPEI) kullanılarak aylık olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda SPI, PNI, AI ve SPEI indisleri karşılaştırıldığında ise tüm dönemler için kuraklık durumunun normal ve normale yakın sınıflarda olduğu gözlemlenmiştir. Bu indisleri tek bir indis haline getirmek amacıyla, Faktör ve Kümeleme Analizi yöntemleri ile istatistiksel analiz yapılmış ve SPI, SPEI, Aridite indislerinin ortalamasının alınması ile genel bir indis hesaplanabilir ve kullanılabilir sonucuna varılmıştır.

2020, 61 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Aridite indisi(AI), İklim, Kuraklık, Normalin yüzdesi indisi(PNİ), Standartlaştırılmış yağış indisi(SPI), Standardize yağış- evapotranspirasyon indisi(SPEI)

ABSTRACT

Master Thesis

EVALUATION OF COMMON USE OF DROUGHT INDICES BY FACTOR ANALYSIS IN THE EXAMPLE OF KONYA CLOSED BASIN

Metin BAYÇINAR

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Asist Prof. Dr. Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

The climate includes a series of events that have a profound impact on human life. It is possible to understand these events with spatial and statistical analysis. Drought is shown as one of the consequences of climate change and it is important to examine it in various ways as it may have negative consequences for both economy and nature. In this study, the temperature and precipitation data obtained from the meteorological stations of Cihanbeyli, Karapınar, Çumra, Seydişehir, Kulu, Ereğli, Niğde, Karaman, Beyşehir and Aksaray meteorology stations of the T.C. General Directorate of Meteorology between 1981 and 2010 were evaluated. The effect of drought on climate change was calculated monthly using Standardized Precipitation Index (SPI), Percentage of Normal Index (PNI), Aridity Index (AI) and Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI). As a result of the calculations, when the SPI, PNI, AI and SPEI indices were compared, it was observed that the drought status was normal and near normal for all periods. In order to make these indices into a single index, statistical analysis was performed with Factor and Clustering Analysis methods and a general index can be calculated and used by taking the average of SPI, SPEI, Aridity indices.

2020, 61 Pages

Keywords: Aridity index, Climate, Drought, Percentage of normal index (PNI), Standardized precipitation index (SPI), Standardized precipitation-evapotranspiration index (SPEI)

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana destekte bulunan, tezimin her aşamasını takip eden ve değerli bilgilerini benimle paylaşarak tezime katkıda bulunan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ'a, çalışmam boyunca değerli bilgileri ve tecrübeleriyle bana katkıda bulunan Sayın Aysel Serap AKGÜNDÜZ hanımefendiye ve eğitim hayatım boyunca bana karşı maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili annem ve diğer bütün aile bireylerime teşekkür eder şükranlarımı sunarım.

Metin BAYÇINAR

Temmuz, 2020

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. KURAMSAL TEMELLER.....	7
3.1. Standartlaştırılmış Yağış İndisi(SPI)	7
3.2. Normalin Yüzdesi İndisi(PNI).....	8
3.3. Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi(SPEI)	9
3.4. Aridite İndisi(AI)	12
3.5. Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi(PDSI)	12
3.6. Erinç İndisi.....	13
3.7. De Martonne Yöntemi	14
3.8. Thornthwaite Yöntemi	15
3.9. Akım Kuraklık İndisi (AKİ)	16
3.10. Bütünleşik Kuraklık İndisi (BKİ)	17
3.11. Aydeniz Kuraklık İndisi.....	17
4. MATERYAL ve YÖNTEM.....	19
4.1. Çalışma Alanı.....	19
4.2. Veriler	21
4.3. Yöntem.....	21
4.3.1. Faktör analizi.....	21
4.3.2. Kümeleme analizi.....	22
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	23
5.1. Aridite İndisi(AI) Sonuçları.....	23
5.2. Normalin Yüzdesi İndisi(PNI) Sonuçları.....	28

5.3. Standartlaştırılmış Yağış İndisi(SPI) Sonuçları	34
5.4. Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi(SPEI)) Sonuçları.....	40
5.5. Faktör Analizi Sonuçları	47
5.6. Kümeleme Analizi Sonuçları	49
6. SONUÇLAR.....	54
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ.....	61



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1. Konya Kapalı Havzası'nda kuarklık analizi yapılan istasyonların harita gösterimi.	20
Şekil 5.1. Cihanbeyli'nin Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	23
Şekil 5.2. Aksaray'ın Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	23
Şekil 5.3. Beyşehir'in Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	24
Şekil 5.4. Ereğli'nin Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.	24
Şekil 5.5. Karaman'ın Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.	25
Şekil 5.6. Kulu'nun Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.	25
Şekil 5.7. Niğde'nin Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.	26
Şekil 5.8. Çumra'nın Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.	26
Şekil 5.9. Karapınar'ın Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.	27
Şekil 5.10. Seydişehir'in Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.	27
Şekil 5.11. KKH'nın Aridite İndisi'ne göre 1981-2010 yılları arası aylık kuraklık yüzdeleri haritası.....	28
Şekil 5.12. Cihanbeyli'nin Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.	29
Şekil 5.13. Aksaray'ın Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	29
Şekil 5.14. Beyşehir'in Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	30
Şekil 5.15. Ereğli'nin Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması	30
Şekil 5.16. Karaman'ın Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması	31
Şekil 5.17. Kulu'nun Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması	31
Şekil 5.18. Niğde'nin Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması	32
Şekil 5.19. Çumra'nın Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması	32
Şekil 5.20. Karapınar'ın Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması	33
Şekil 5.21. Seydişehir'in Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması	33
Şekil 5.22. KKH'nın Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre 1981-2010 yılları arası aylık kuraklık yüzdeleri haritası.....	34
Şekil 5.23. Cihanbeyli'nin Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	35
Şekil 5.24. Aksaray'ın Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	35
Şekil 5.25. Beyşehir'in Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	36

Şekil 5.26. Ereğli'nin Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	36
Şekil 5.27. Karaman'ın Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	37
Şekil 5.28. Kulu'nun Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	37
Şekil 5.29. Niğde'nin Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	38
Şekil 5.30. Karapınar'ın Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	38
Şekil 5.31. Karaman'ın Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	39
Şekil 5.32. Seydişehir'in Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	39
Şekil 5.33. KKH'nın Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre 1981-2010 yılları arası aylık kuraklık yüzdeleri haritası.....	40
Şekil 5.34. Cihanbeyli'nin Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.	41
Şekil 5.35. Aksaray'ın Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	41
Şekil 5.36. Beyşehir'in Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması..	42
Şekil 5.37. Ereğli'nin Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	42
Şekil 5.38. Karaman'ın Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması..	43
Şekil 5.39. Kulu'nun Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	43
Şekil 5.40. Niğde'nin Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	44
Şekil 5.41. Çumra'nın Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	44
Şekil 5.42. Karapınar'ın Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.	45
Şekil 5.43. Seydişehir'in Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.	45
Şekil 5.44. KKH'nın Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre 1981-2010 yılları arası aylık kuraklık yüzdeleri haritası... ..	46

Şekil 5.45. Tez çalışmasında önerilen indisin değerleri.....	50
Şekil 5.46. Tez çalışmasında önerilen indisin kuraklık sınıflarına göre, KKH'nın Haziran 2008 kuraklık analizi haritası.. ..	53
Şekil 5.47. Tez çalışmasında önerilen indisin kuraklık sınıflarına göre, KKH'nın Eylül 2008 kuraklık analizi haritası.	53



TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. SPI kuraklık analiz yöntemine göre kuraklık sınıflandırması..	8
Tablo 3.2. PNI kuraklık analiz yöntemine göre kuraklık sınıflandırması.....	9
Tablo 3.3. SPEI kuraklık analiz yöntemine göre kuraklık sınıflandırması.....	11
Tablo 3.4. UNEP-BMÇSS Aridite İndisi (AI) değerlerinin çölleşme değerlendirme açısından sınıflandırılması ve puanlanması... ..	12
Tablo 3.5. PDSI kuraklık analiz yöntemine göre kuraklık sınıflandırması (Karl, T.R. ,1986).....	13
Tablo 3.6. Sırrı Erinç İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.....	14
Tablo 3.7. De Martonne yöntemine göre kuraklık sınıflandırması.....	15
Tablo 3.8. AKİ yöntemine göre kuraklık sınıflandırması (X. Hong vd. ,2014).....	17
Tablo 3.9. Aydeniz indis değerleri ve iklim özelliği.....	18
Tablo 4.1. Konya Kapalı Havzası'ndaki istasyonlar ve coğrafi konumları... ..	20
Tablo 5.1. İndislerin kategorilerinin betimsel istatistikleri... ..	47
Tablo 5.2. KMO ve Bartlett değerleri... ..	48
Tablo 5.3. İndis silindiğinde Cronbach'ın Alpha Katsayısı... ..	48
Tablo 5.4. Faktör Analizi sonuçları.....	49
Tablo 5.5. Tez çalışmasında önerilen indisin kümeler için kesme değerleri ve Anova Testi sonuçları.....	49
Tablo 5.6. Tez çalışmasında önerilen indisin oluşan kümeler ile Aridite, SPI ve SPEİ kategorilerinin ilişkisi... ..	51
Tablo 5.7. Tez çalışmasında önerilen indise göre kuraklık sınıflandırması.....	52

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

$\%$	Yüzde
A	Katsayı
C_0	Sabit sayı
C_1	Sabit sayı
C_2	Sabit sayı
d_1	Sabit sayı
d_2	Sabit sayı
d_3	Sabit sayı
$DMADI$	De Martonne kuraklık indisi
G_s	Gerçek güneşlenme süresinin her enlem derecesine göre değişen teorik güneşlenme süresine oranı
I	Yıllık sıcaklık indisi
\dot{I}_m	Yağış Etkinliği
K_{ks}	Kuraklık katsayısı
N_{ks}	Nemlilik katsayısı
N_p	Nemli periyot yüzdesi
P	Aktüel yağış miktarı
P_i	Ortalama yağış miktarı
RH	Aylık ortalama nispi nem
SPI	Standart Yağış İndisi
Ss	Standart Sapma
T	Ortalama sıcaklık değeri
T_{om}	Yıllık Ortalama Maksimum Sıcaklık
α	Katsayı
β	Katsayı
σ_i	Standart sapma

Kısaltmalar

AI	Aridite İndisi
AKİ	Akım Kuraklık İndisi
BKİ	Bütünleşik Kuraklık İndisi
DEPOT	Düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon
EDK	Enlem düzeltme katsayısı
KKH	Konya Kapalı Havzası
NDVI	Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi
PDSI	Palmer Kuraklık Şiddet İndisi
PET	Potansiyel evapotranspirasyon
PNI	Normalin Yüzdesi İndisi
RDI	Keşif Kuraklık İndisi
SPEI	Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi
SPI	Standartlaştırılmış Yağış İndisi
UNCCD	Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü

1. GİRİŞ

Doğal afetler insanların ve canlıların can ve mal kaybına uğramasına neden olan olaylardır. Son yıllarda dünya genelinde, doğal afetlerden önce önlem almak ve bu afetlerden korunmak amacıyla çok sayıda yatırım yapılmaktadır. Bu doğal afetlerden biride kuraklıktır. Meteorolojik afetlerden biri olan kuraklık, uluslararası çölleşme ile mücadele sözleşmesinde şu şekilde tanımlanmıştır: yağışların kaydedilen normal seviyelerinin ciddi miktarda altına düşmesi sonucu arazi ve kaynak üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan doğal bir olaydır (WMO, 1997). Kuraklık, canlı yaşamı üzerinde ciddi ölçüde olumsuz etkileri olan, insanların aktivitelerini sınırlayan, ciddi ekolojik problemlerin oluşmasına sebep olan ve her zaman afete sebep olabilen, meteorolojik bir doğal afetir(Şahin vd., 2003). Kuraklığın, ortaya çıktığı zaman, süresi, şiddeti ve etki alanı her yıl değişmekte ve bundan dolayı çevresel, sosyal ve ekonomik etkiler ortaya çıkartmaktadır. İnsanlık için bu etkiler bazen ciddi tehlikeler yaratmaktadır(Şimşek vd., 2010). Alanda ve zamanda yağış büyük farklılıklar gösterdiğinden dolayı çok sayıda sistem için su varlığını etkileyen temel faktördür. Temelde meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik olarak sınıflandırılan kuraklık için analiz farklı yöntemlerle yapılabilmektedir. Bundan dolayı çok sayıda kuraklık indisi temelinde yağış koşullarına dayanmaktadır(Sırdaş, 2002). Yağışların yoğunluk ve şiddeti, yağış-zaman ilişkisi ve yağışların başlangıcındaki gecikmeler gibi bazı faktörler kuraklık üzerinde etkilidir. Bununla birlikte düşük nem miktarı, rüzgar ve yüksek sıcaklık gibi değişkenlerde birçok bölgede kuraklık oluşumuna etki ederler. Kuraklık sadece fiziksel bir doğal afet değildir. Çünkü; kuraklığın, insan ve etkinliklerinin su kaynaklarına bağımlılığından dolayı toplum üzerinde farklı etkileri vardır(Shiklomanov vd., 2003).

Literatürde kuraklık üç ana başlık altında tanımlanmaktadır:

Meteorolojik Kuraklık: Yağışın geniş bir zaman aralığında açık şekilde normal değerlerin altına düşmesi şeklinde tanımlanır. Meteorolojik kuraklığı nem eksikliğinin seviyesi ve uzunluğu belirler ve birbirinde farklı bölgelerde gelişiminde farklılıklar olabilir. Örneğin kurak periyotlar, yağışın ve yağışlı gün sayısının belirli bir değerden küçük olması baz alınarak bulunur.

Tarımsal Kuraklık: Tarımsal kuraklık ile meteorolojik kuraklık çeşitli özellikleri ile çok yakın bağlantılıdır. Tarımsal kuraklık topraktaki su miktarının bitkilerin su gereksinimlerini karşılayamayacak hale gelmesi olarak tanımlanmaktadır ve nem kaybı ile su kaynaklarında azalma olduğu dönemlerde ortaya çıkar. Ürün büyümelerinde değişime, miktarında azalmaya ve hayvanlar için riske neden olur.

Hidrolojik Kuraklık: Hidrolojik kuraklık yüzey suları, yeraltı su kaynakları veya yağış dönemlerinin etkisi ile alakalıdır. Meteorolojik kuraklığın uzun sürmesi halinde hidrolojik kuraklıktan bahsedilir. Geniş zamanlı yağış eksikliğinin yüzey akışı, toprak nemi ve kaynak düzeyleri gibi hidrolojik sistemin bileşenlerinde ortaya çıkmasıdır. Yeraltı suları, nehirler ve göllerin seviyesinde ciddi bir azalmaya neden olur. İnsan, bitki ve hayvan hayatı için ciddi bir risk ortaya çıkartır. Bir zaman aralığında oluşan yağış oranındaki düşüş toprak neminde hızlı azalmaya sebep olacağından dolayı tarımla uğraşanlar tarafından hemen hissedileceği halde hidroelektrik santrallerinde bir müddet etkili olmayacaktır(Anonim, 1999).

Bu çalışmada, Konya Kapalı Havzası'nda bulunan Cihanbeyli, Karapınar, Çumra, Seydişehir, Kulu, Ereğli, Niğde, Karaman, Beyşehir ve Aksaray illerinin 1981 ile 2010 yılları arasındaki aylık kuraklık durumu Standartlaştırılmış Yağış İndisi(SPI), Normalin Yüzdesi İndisi(PNI), Aridite İndisi(AI) ve Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi(SPEI) kullanılarak hesaplamak ve değerlendirmek amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Mevcut literatür incelendiğinde kuraklık analizi yapmak için çok sayıda bilimsel çalışma yapılmış ve kuraklığı hesaplamak için bir çok kuraklık hesaplama yöntemi bulunmuş ve kullanılmıştır. Özellikle son yıllarda küresel ısınmanın etkisiyle artan kuraklığın sebeplerini ve canlılar üzerindeki etkilerini araştırmak için kuraklık analizleri ile ilgili yapılan çalışma sayısı gittikçe artmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında;

Lee vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, iki bileşenli fonksiyonlara dayalı iki değişkenli bir kuraklık analizi çalışması yapılmıştır. Kanada ve İran'a ait dört istasyon için kuraklık süresi ve ciddiyet verisine uygun farklı marjinal dağılımlar incelenmiştir. Bu çalışmada Clayton Copula'nın kuraklık süresi ve şiddeti arasındaki ilişkiyi modellenemediği görülmüştür ve bu nedenle bölgesel iki değişkenli kuraklık frekans analizi modelinin geliştirilmesinin önemi vurgulanmıştır.

Zelenhasic (2002) tarafından yapılan çalışmada, aşırı kuraklık açığı ve aşırı kuraklık süresinin ortaya çıkma olasılığı eşitliği olmadığı durumu analiz edilmektedir. Daha spesifik olmak gerekirse, bu yöntemin aynı eksiklik ve süre sıklığı varsayımı gibi bir kısıtlaması yoktur. Bu çalışma, Srem Mitrovica'daki Sava Nehri, D. Miholjac'daki Drava Nehri ve Bezdán'daki Tuna Nehri üzerindeki istasyonlardan elde edilen veriler kullanılarak yapılmıştır.

Raziei vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, İran'da güvenilir ve güncellenmiş yağış veri setlerinin eksikliğinden ve bunun erken uyarı sistemini kurmakta sınırlandırıcı olduğundan bahsedilmiştir. Bu engelin üstesinden gelmek için GPCC ve NCEP / NCAR yağış veri setleri kullanılarak SPI yöntemi ile kuraklık analizi yapılmıştır. GPCC veri setinin yararlı bir araç olduğu belirtilmiştir.

Yıldırım (2002) tarafından yapılan çalışmada, Salihli'de Rainbow yazılımı kullanılarak aylık ve yıllık yağış miktarları istatistiksel olarak analiz edilmiş ve yağışlı, normal, kurak ay ve yıllarda beklenen güvenilir yağış değerlerine ulaşılmıştır. Yine aynı yazılım kullanılarak Akçay vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada Aydın yöresi için, aylık ve yıllık güvenilir yağış değerleri belirlenmiştir.

Sruthi ve Aslam (2015) tarafından yapılan çalışmada, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi(NDVI) ile LST yöntemi kullanılarak bitki örtüsü stresi analiz edilmektedir.

Hınıs (2013) tarafından yapılan çalışmada, Aksaray ili kuraklık analizi için “Standartlaştırılmış Yağış İndisi” (SPI) metodu ile “Bütünleşik Kuraklık İndisi” (BKİ) metodu karşılaştırılmıştır. BKİ sonuçlarına göre sulak ve kurak periyotlar arası geçişlerin daha fazla olduğu ve daha şiddetli sulak periyotların var olduğu fark edilmiştir.

Gümüş vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, aylık akım verileri kullanılarak hidrolojik kuraklığın belirlenebilmesi için Akım Kuraklık İndisi (AKİ) yöntemi kullanılmış ve 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçeklerini dikkate alarak zamansal kuraklık değerleri hesaplanmıştır.

Özgürel vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada, Ege Bölgesi için kuraklık analizi PDSI metodu ve Aydeniz metodu kıyaslanarak yapılmış ve PDSI yönteminin tarımsal kuraklığı daha iyi tanımlayan bir indis olduğu kanısına varılmıştır. Tarımsal kuraklığın topraktaki nem miktarına bağlı olarak ifade edilen bir kavram olduğu dikkate alınarak, Palmer Kuraklık Şiddet İndisi'nin, bu terimi daha iyi tanımlayan bir metot olduğu görülmekte ve Türkiye şartlarında kullanımının daha etkin hale getirilmesi önerilmiştir.

Mishra vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, kuraklık hidrolojik ve klimatolojik açıdan değerlendirilmiş ve kuraklığın dünya üzerindeki etkileri incelenmiştir. Aynı zamanda SPI, PDSI, CMI, SWSI, EP, SR ve DM indislerinin detaylı açıklamaları da yapılan çalışmada paleoklimatolojik(Dünya tarihinin en eski dönemlerindeki iklim koşullarının araştırılmasını sağlayan bilim dalı) kuraklık hesaplamalarının da etkili kuraklık belirleme yöntemlerini içerdiği belirtilmiştir. Kuraklığın hem hidrolojik ve klimatolojik açıdan hem de paleoklimatolojik açıdan değerlendirilmesinin; iklim senaryoları ile daha fazla anlam kazandığı da belirtilmiştir.

Labeledzki (2007) tarafından yapılan çalışmada, meteorolojik kuraklık sıklığını tahmin etmek için SPI yöntemi kullanılmış ve SPI zaman çizelgesi iklim koşulları altında tarımsal ve hidrolojik kuraklığı göstermek için en iyi yöntem olarak belirtilmiştir.

Hayes vd. (1996) tarafından yapılan çalışmada, kuraklık SPI kullanılarak incelenmiş ve kuraklığın bölge çapında olmasına rağmen, kuraklık dinamiklerinin bölgelere göre değiştiği kanısına varılmıştır.

Fiorillo ve Guadagno (2009) tarafından yapılan çalışmada, uzun hidrolojik zaman serilerine dayanarak, karstik yaylı deşarj serileri ve yağış arasındaki korelasyon, SPI yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve analizde kuraklık dönemlerine odaklanılmıştır.

Çelik vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, kuraklık eğilimini gün yüzüne çıkarabilmek amacıyla SPI yöntemi kullanılmıştır. Bu analizin ek olarak Erinç, De Martonne, Aydeniz ve Thornthwaite yöntemlerine göre iklim sınıflandırmaları yapılmış ve bölgenin günümüzden geçmişe uzun yıllık dönemde mevsimlik kuraklık durumu gün yüzüne çıkarılmıştır.

Vicente-Serrano vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, SPEI yöntemi kullanılmış ve sıcaklık değişkenliğinin kuraklık değerlendirmesi üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Bununla birlikte, PET değerlerini kullanan en yaygın kuraklık indislerine göre SPEI'nin multiskalar özelliklerinin küresel ısınma bağlamında farklı kuraklık türleri ve etkilerinin tanımlanmasının SPEI için çok büyük bir avantaj olduğu vurgulanmıştır.

Greve vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, AI yöntemi kullanılarak kuraklık değerlendirilmesi yapılmış, aynı zamanda iklim modellerini direkt kullanmak yerine model çıktıları analiz etmenin daha doğru olduğu belirtilmiştir.

Tsakiris vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada, Keşif Kuraklık Endeksi (RDI) ve Standart Yağış İndisi (SPI) kullanılmıştır. Daha kapsamlı bir şekilde, kuraklığın ciddiyetinin eşikleri esas alınmalı ve daha fazla çalışılması gereken önemli bir konu da çok yıllık kuraklık etkileridir kanısına varılmıştır. Keşif Kuraklık Endeksi'nin (RDI), yaygın olarak kullanılan indislere göre birçok avantaja sahip olduğu belirtilmiştir.

Ilgar (2010) tarafından yapılan çalışmada, 1929 ile 2007 yılları arasında Çanakkale Merkez Meteoroloji İstasyonu'nda ölçülmüş aylık yağış toplamlarından oluşan veriler kullanılarak SPI yöntemi ile 12 aylık ve 3 aylık analizler yapılarak kuraklık gözlemlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Çanakkale yıllık kuraklık durumunda artış bulunmaktadır. Mevsimsel olarak gözlemlendiğinde ise özellikle kış mevsimi kuraklık artış

eğilimli, ilkbahar mevsimi kuraklık azalma eğilimli, yaz ve sonbahar kuraklarında ise çok belirgin olmayan bir artış eğiliminde olduğu saptanmıştır.

Pamuk vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada, Ege Bölgesi'nde belirlenen geniş zamanlı yağış ölçümleri bulunan meteoroloji istasyonlarının verileri kullanılarak, SPI yöntemi ile bu bölgenin kuraklık durumu incelenmiştir. Ege Bölgesi'nde kuraklık analizi yapılan istasyonlara ait aylık ortalama SPI değerleri incelendiğinde, kış dönemi ortalamalarının orta derece kurak sınırına yakın olmakla birlikte, tüm aylık ortalama değerlerin normal sınırlarda bulunduğu gözlemlenmiştir. SPI kriterleri dikkate alınarak değerlendirme yapılırsa, Ege Bölgesi özellikle yağışlı dönemden sonra normal sınırlar içerisinde bir kuraklık dönemi geçirmekte fakat yağışlı periyotlarda İç Batı Anadolu Bölümü nemli bir dönem geçirmektedir.

Nastos vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, AI kullanılarak kuraklığın mekânsal ve zamansal değişkenliği incelenmiştir. Dave vd. (2019), tarafından yapılan çalışmada, çölleşme durumunun izlenilmesi için AI kullanılmıştır. Nikbakht vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, kuraklık analizi için PNI yöntemi kullanılmıştır.

3. KURAMSAL TEMELLER

Literatürde kuraklık analizi yapmak için kullanılan birçok analiz yöntemi bulunmaktadır. Bu bölümde başta tezimizde kullanmış olduğumuz analiz yöntemleri olmak üzere kuraklık analizi için kullanılan diğer birkaç yöntem açıklanmıştır.

3.1. Standartlaştırılmış Yağış İndisi(SPI)

McKee'nin arkadaşları ile birlikte 1993 yılında kuraklığı izlemek amacıyla geliştirdiği Standart Yağış İndisi(SPI) dünyada kuraklığın araştırılmasında en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir(Şaylan vd., 2003). SPI'nin en güçlü yönü, çeşitli zaman ölçekleri için hesaplanabilmesidir. Bu özellik, SPI'nin tarımsal üretim için önemli olan toprak nemi gibi kısa vadeli su kaynaklarını ve yeraltı suyu kaynakları, akarsu ve göl ve rezervuar seviyeleri gibi uzun vadeli su kaynaklarını izlemesini sağlamaktadır(Mishra ve Singh, 2010).

Herhangi bir yer için standartlaştırılmış yağış indisi (SPI) , istenen bir süre için uzun vadeli yağış verileri ile hesaplanır. SPI temelinde belirlenen bir zaman döneminde yağışın, yağış ortalamasından olan farkının standart sapmaya bölünmesiyle bulunur(McKee vd., 1993).

SPI : Standart Yağış İndisi

P : Aktüel yağış miktarı

P_i : Ortalama yağış miktarı

σ_i : Standart sapma değeri olarak belirtilirse *SPI* ;

$$SPI = (P - P_i) / \sigma_i \quad (1)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

SPI kriterleri göz önüne alınarak yapılan bir kuraklık analizinde SPI'nin sürekli olarak negatif olduğu zaman dilimi kurak dönem olarak kabul edilir. SPI'nin sıfırın altına ilk düştüğü dönem kuraklığın başlangıcı olarak tanımlanırken, SPI'ni pozitif değere çıktığı

dönem kuraklığın son buluşu olarak kabul edilir(McKee vd., 1995). SPI'ye göre yapılan kuraklık sınıflandırması Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. SPI kuraklık analiz yöntemine göre kuraklık sınıflandırması.(McKee vd., 1995).

SPI İNDİS DEĞERLERİ	SINIFLANDIRMA
2,0 ve fazla	OLAĞANÜSTÜ NEMLİ
1,60 ile 1,99	AŞIRI NEMLİ
1,30 ile 1,59	ÇOK NEMLİ
0,80 ile 1,29	ORTA NEMLİ
0,51 ile 0,79	HAFİF NEMLİ
0,50 ile -0,50	NORMAL CİVARI
-0,51 ile -0,79	HAFİF KURAK
-0,80 ile -1,29	ORTA KURAK
-1,30 ile -1,59	ŞİDDETLİ KURAK
-1,60 ile -1,99	ÇOK ŞİDDETLİ KURAK
-2,0 ve düşük	OLAĞANÜSTÜ KURAK

3.2. Normalin Yüzdesi İndisi(PNI)

Kuraklık indisleri arasında en basit indis PNI olarak kabul edilebilir. Temelinde seçilen bir dönem içinde yağış miktarının, yağış ortalamasına bölünmesiyle yüzdeler olarak hesaplanır. PNI hesaplamalarından yağışın yıllık veya aylık periyotları kullanılabilir (Willeke vd., 1994).

PNI : Normalin Yüzdesi İndisi

P : Aktüel yağış miktarı

P_i : Ortalama yağış miktarı olarak belirtilirse PNI;

$$PNI = (P_i / P_{i(ort)}) \times 100 \quad (2)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

PNI yöntemi kullanılarak yapılan kuraklık değerlendirilmesinde hesap sonuçlarının %75'ten büyük çıktığı dönemlerde “normal”, %75 ile %65 arasında olduğu dönemlerde “hafif kurak”, %55 ile %65 arasında olduğu dönemlerde “orta kurak” ve %55'ten küçük olduğu dönemlerde ise “şiddetli kurak” olarak tanımlanmıştır. PNI yöntemine göre kuraklık sınıflandırması Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. PNI kuraklık analiz yöntemine göre kuraklık sınıflandırması.

PNI SINIFLARI	SINIF AÇIKLAMASI
>%75	NORMAL
%65-%75	HAFİF KURAK
%55-%65	ORTA KURAK
<%55	ŞİDDETLİ KURAK

3.3. Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi(SPEI)

SPEI kuraklık hesaplama yöntemi aylık iklim dengesi olan potansiyel evapotranspirasyon(PET) dengesine dayanmaktadır. Bu yöntemin hesaplanmasında sıcaklık ve yağış verileri kullanılır. SPEI yöntemi birden fazla zaman dilimini için hesaplanabilir(Bacanlı ve Akşan, 2019).

SPEI'yi hesaplamak için aşağıdaki yöntemler kullanılır;

Aylık evapotranspirasyonu hesaplamak için, her aya ait ortalama sıcaklık değeri 5'e bölünür ve 1,514 üssü alınarak hesaplanır.

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514} \quad (3)$$

Her yılın 12 ayı için bu hesaplama yapılır ve çıkan değerler toplanır. Toplam sonucu çıkan bu değer yıllık sıcaklık indisi(I) olarak tanımlanır.

Yıllık sıcaklık katsayısı kullanılarak A katsayısı hesaplanır.

$$A = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,79 \times 10^{-2} \times I + 0,492 \quad (4)$$

Her aya ait ortalama sıcaklık değeri(T) 10 ile çarpılıp, yıllık sıcaklık indisine(I) bölünür ve A dereceden üssü alınır. En son çıkan sonuç 16 ile çarpılır ve potansiyel evapotranspirasyon(PET) değeri bulunmuş olur.

$$PET = 16 \times \left(\frac{10 \times T}{I} \right)^A \quad (5)$$

Potansiyel evapotranspirasyon(PET) değeri ile kuraklık analizi yapılan bölgenin enlemine göre değişen enlem düzeltme katsayısı(EDK) değeri çarpılarak düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon değeri hesaplanır.

$$DEPOT = PET \times EDK \quad (6)$$

Her ayın aylık toplam yağış değerinden DEPOT'u çıkarıp D_i değeri bulunur. Çalışılan zaman aralığı küçükten büyüğe doğru sıralanır ve sıra numarası verilir. Her bir sıra numarasından 0,35 değeri çıkarılıp toplam gözlem sayısına bölünür ve bu değer F_i olarak tanımlanır.($i=1,2,3,\dots,n$)

$$F_i = (i - 0,35) / n \quad (7)$$

Her bir F_i değeri (1- F_i) şeklinde hesaplanır ve daha sonra (1- F_i) değerinin 0. Kuvveti alınıp D_i değeri ile çarpılır. Bu işlem bütün gözlemler için yapılır sonra oluşan yeni dizinin ortalaması alınır ve sonuç w_0 olarak atanır. Aynı işlem (1- F_i) değerinin üssü sırasıyla 1 ve 2 olarak alınıp w_1 ve w_2 değerleri de atanır.

Daha sonra katsayılar aşağıdaki formüllerle hesaplanır;

$$\beta = \frac{2 \times w_1 - w_0}{6 \times w_1 - w_0 - 6 \times w_2} \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{(w_0 - 2 \times w_1) \times \beta}{\Gamma(1 + \frac{1}{\beta}) \Gamma(1 - \frac{1}{\beta})} \quad (9)$$

Burada Gamma Fonksiyonu hesaplaması yapılarak $\Gamma(1+1/\beta)$ veya $\Gamma(1-1/\beta)$ değeri 1 ile 2 arasında ise tablodan gamma değeri bulunur. Eğer değer 0 ile 1 arasında ise $\Gamma(\alpha) = \Gamma(\alpha+1)/\alpha$ hesaplaması yapılır ve $\Gamma(\alpha+1)$ tablodan bulunarak α' ya bölünür.

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{\alpha}{x-y} \right)^\beta \right]^{-1} ; x = \text{orijinal sıradaki } D_i \text{ değerleri} \quad (10)$$

$P = 1 - F(x)$; Eğer $P > 0,5$ ise o zaman P , $1 - P$ ile yer değiştirir ve $SPEI$ 'nin işareti tersine alınır (Burada en son $SPEI$ değeri (-1) ile çarpılır).

$$W = \sqrt{-2 \times \ln(P)} \quad ; P \leq 0,5 \text{ için} \quad (11)$$

$$W = \sqrt{-2 \times \ln(1-P)} \quad ; P > 0,5 \text{ için} \quad (12)$$

$$SPEI = \frac{c_0 + c_1 \times w + c_2 \times w^2}{1 + d_1 \times w + d_2 \times w^2 + d_3 \times w^3} \quad (13)$$

$$C_0 = 2,515517 \quad ; \quad d_1 = 1,432788$$

$$C_1 = 0,802853 \quad ; \quad d_2 = 0,189269$$

$$C_2 = 0,010,28 \quad ; \quad d_3 = 0,010,28$$

SPEI yöntemine göre yapılan kuraklık sınıflandırması Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. SPEI kuraklık analiz yöntemine göre kuraklık sınıflandırması.

SPEI	SINIFLANDIRMA
2,0 ve zeri	AŞIRI NEMLİ
1,5-1,99	ÇOK NEMLİ
1,0-1,49	ORTA NEMLİ
0,0-0,99	HAFİF NEMLİ
0,0-(-0,99)	HAFİF KURAK
(-1,0)-(-1,49)	ORTA KURAK
(-1,5)-(-1,99)	ŞİDDETLİ KURAK
-2,0 ve alt	AŞIRI KURAK

3.4. Aridite İndisi(AI)

Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi(UNCCD), kurak, yarı kurak ve kurak-yarı nemli alanlar, “kutup ve kutup altı bölgeler dışında olmak üzere, yıllık yağışın potansiyel evapotranspirasyona oranı 0,05-0,65 arasında olan bölgeler” olarak tanımlanmıştır(UNCCD, 1995). Sözleşmedeki kuraklık indisi Aridite(AI), çalışma bölgesindeki kurak arazi tiplerini belirlemek ve çölleşmeye duyarlılıklarını değerlendirmek için kullanılmıştır. Aridite İndisi, belli bir dönemdeki yağışın o denem için hesaplanan potansiyel evapotranspirasyon değerine bölünmesiyle hesaplanır(UNEP, 1993).

P, yağış toplamı(mm),

PET, potansiyel evapotranspirasyon(mm), olarak belirtilirse;

$$AI = P / PET \quad (14)$$

formülü ile hesaplanır.

AI yöntemine göre yapılan kuraklık sınıflandırması Tablo 3.4.’te verilmiştir.

Tablo 3.4. UNEP-BMÇSS Aridite İndisi(AI) değerlerinin çölleşme değerlendirme açısından sınıflandırılması ve puanlanması.

SINIF	AI DEĞERLERİ	PUAN	SINIF AÇIKLAMASI
1	>2	1	AŞIRI NEMLİ
2	2-1	1,2	NEMLİ VE ÇOK NEMLİ
3	1-0,80	1,4	YARINEMLİ
4	0,80-0,65	1,6	NEMLİCE-YARI NEMLİ
5	0,65-0,50	1,8	KURAKÇA-YARI NEMLİ
6	<0,50	2	KURAK VE YARI KURAK

3.5. Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi(PDSI)

Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi'nin (PDSI) kuraklık analizi için kullanılması, meteorolojik olarak bakıldığında olağanüstü durumların değerlendirilmesi için genel bir yönlendirme sağlanmasıyla birlikte, kuraklık şiddetinin niceliği ve atmosferdeki dağılımı

konusunda da bilgi edinmemize yardımcı olur. PDSI'nin Kanada ve A.B.D.'de kabul gören geniş çaplı uygulamalarında, bu kuraklık analiz yönteminin kısıtlı ve eksik özelliklerinin bulunmasının yanı sıra, uygun bir şekilde ele alındığında ise yararlı bir kuraklık gözlem aracı ve itibar edilebilecek bir kuraklık analiz yöntemi olduğu öne sürülmüştür. PDSI birçok bölgede yaygın bir şekilde kullanılmaktadır(Alley,1984; Güner, 1996).

PDSI metodu, geniş zamanlı yağış eksikliği ve bu eksiklikten dolayı oluşan toprak nem eksikliği ile nitelenen meteorolojik kuraklıkları tanımlamak, nitelemek ve gözlemlemek amacıyla geliştirilmiştir(Palmer, 1965). PDSI yöntemine göre yapılan kuraklık sınıflandırması Tablo 3.5.'te verilmiştir.

Tablo 3.5. PDSI kuraklık analiz yöntemine göre kuraklık sınıflandırması(Karl, 1986).

PDSI DEĞERLERİ	SINIFLANDIRMA
≥ 4.00 ve üzeri	AŞIRI NEMLİ
3.00-3.99	ÇOK NEMLİ
2.00-2.99	ORTA NEMLİ
1,00-1,99	HAFİF NEMLİ
0.50–0.99	BAŞLANGIÇ DEVRESİNDEKİ NEMLİ DÖNEM
0.49–(-0.49)	NORMALE YAKIN
(-0.50)–(-0.99)	BAŞLANGIÇ DEVRESİNDEKİ KURAK DÖNEM
(-1.00)–(-1.99)	HAFİF KURAK
(-2.00)–(-2.99)	ORTA KURAK
(-3.00)–(-3.99)	ÇOK KURAK
≤ -4.00 ve altı	AŞIRI KURAK

3.6. Erinç İndisi

Erinç İndisi, Türkiye'de kuraklık analizi yapmak amacıyla birçok çalışmada faydalanılan bir kuraklık analiz yöntemidir. Erinç, girdi kaynağı olarak yağışa ve buharlaşmanın neden olduğu su kaybına sebep olan faktör olarak maksimum sıcaklığı ele alarak bir kuraklık indisi eşitliği önermiştir. Bu eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$\dot{I}_m = P / T_{om} \quad (15)$$

Burada;

\dot{I}_m : Yağış Etkinliği

P : Yıllık Yağış Tutarı(mm)

T_{om} : Yıllık Ortalama Maksimum Sıcaklık($^{\circ}C$)

olarak ifade edilir.

Aylık ortalama maksimum sıcaklığın $0^{\circ}C$ 'nin altında olduğu aylarda \dot{I}_m hesaplanırken, evapotranspirasyon ile kaybın çok az olması sebebiyle dikkate alınmaz. Bu şekilde evapotranspirasyonun etkili olmadığı donlu ayların sıcaklık ortalamasını düşürücü ve bu sebepten ötürü de yağış etkinliği bakımından aldatici etkileri bitirir. Buna karşılık aynı aylarda düşen ve bir bölümü sonraki aylarda evapotranspirasyona uğrayan kar ve buz olarak tutulmuş yağışların olumlu etkisini göstermek mümkün olmaktadır. Bu indis herhangi bir zaman ya da mevsim için kullanılabilir(Erinç, 1957). Erinç İndisi yöntemine göre yapılan kuraklık sınıflandırması Tablo 3.6.'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Sırrı Erinç İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

SINIFI	İNDİSİ	BİTKİ ÖRTÜSÜ
TAM KURAK	<8	ÇÖL
KURAK	8-15	ÇÖL, STEP
YARI KURAK	15-23	STEP
YARI NEMLİ	23-40	PARK GÖRÜNÜMLÜ ORMAN
NEMLİ	40-55	NEMLİ ORMAN
ÇOK NEMLİ	55<	ÇOK NEMLİ ORMAN

3.7. De Martonne Yöntemi

Kuraklık analizi için birçok araştırmacı tarafından kullanılan De Martonne Yöntemi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$DMADI = \left(\frac{P}{T + 10} \right) \times 12 \quad (16)$$

Burada;

DMADI : De Martonne kuraklık indisi

P :Aylık toplam yağış

T : aylık ortalama sıcaklık

olarak ifade edilir.

De Martonne Yöntemi'ne göre yapılan kuraklık sınıflandırması Tablo 3.7.'de verilmiştir.

Tablo 3.7. De Martonne yöntemine göre kuraklık sınıflandırması

DMADI	SINIFLANDIRMA
0-10	AŞIRI KURAK
11-15	ŞİDDETLİ KURAK
16-20	KABUL EDİLEBİLİR KURAKLIK
21-40	KABUL EDİLEBİLİR SULAKLIK
≤ 40	ŞİDDETLİ SULAKLIK

3.8. Thornthwaite Yöntemi

Bu yöntemi C.W. Thornthwaite 1948 yılında geliştirmiştir. Yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan evapotranspirasyon kaybından yola çıkarak iklim sınıflandırılmasına yardımcı olmuştur.

Thornthwaite Yöntemi'ni hesaplamak için aşağıdaki işlemler yapılır:

Aylık evapotranspirasyonu hesaplamak için, her aya ait ortalama sıcaklık değeri 5'e bölünür ve 1,514 üssü alınarak hesaplanır.

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514} \quad (17)$$

Her yılın 12 ayı için bu hesaplama yapılır ve çıkan değerler toplanır. Toplam sonucu çıkan bu değer yıllık sıcaklık indisi(I) olarak tanımlanır.

Yıllık sıcaklık katsayısı kullanılarak A katsayısı hesaplanır.

$$A = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,79 \times 10^{-2} \times I + 0,492 \quad (18)$$

Her aya ait ortalama sıcaklık değeri(T) 10 ile çarpılıp, yıllık sıcaklık indisine(I) bölünür ve A dereceden üssü alınır. En son çıkan sonuç 16 ile çarpılır ve potansiyel evapotranspirasyon(PET) değeri bulunmuş olur.

$$PET = 16 \times \left(\frac{10 \times T}{I}\right)^A \quad (19)$$

Potansiyel evapotranspirasyon(PET) değeri ile kuraklık analizi yapılan bölgenin enlemine göre değişen enlem düzeltme katsayısı(EDK) değeri çarpılarak düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon değeri hesaplanır.

$$DEPOT = PET \times EDK \quad (20)$$

Evapotranspirasyon hesaplarından elde edilen veriler kullanılarak aylık su bilançosu tabloları oluşturulur. Bu aylık su bilançosu tablolarında yağışın evapotranspirasyondan çok olduğu zamanlarda oluşan aylık su fazlası ile yağışın evapotranspirasyondan daha az olduğu zamanlarda ortaya çıkan aylık su açığı, yağış etkinlik indisinin hesaplanmasında kullanılır(Yetmen vd., 2017).

3.9. Akım Kuraklık İndisi (AKİ)

Bir çalışma bölgesindeki hidrolojik kuraklık Nalbantis tarafından geliştirilen AKİ yöntemi ile gözlemlenebilmektedir. Aylık akım verileri kullanılarak Akım Kuraklık İndisi hesaplanmaktadır(Nalbantis, 2008). AKİ değerleri Hong vd. (2014) tarafından Tablo 3.8.'de gösterildiği gibi sınıflandırılmıştır.

Tablo 3.8. AKİ yöntemine göre kuraklık sınıflandırması(Hong vd., 2014).

AKİ DEĞERİ	SINIFLANDIRMA
≤ -2	AŞIRI KURAK
(-2)-(-1,5)	ŞİDDETLİ KURAK
(-1,5)-(-1)	ORTA KURAK
(-1)-0	HAFİF KURAK
0-1	HAFİF NEMLİ
1-1,5	ORTA NEMLİ
1,5-2	ŞİDDETLİ NEMLİ
>2	AŞIRI NEMLİ

3.10. Bütünleşik Kuraklık İndisi (BKİ)

Akarsu akım verisi, yağış, zemin nemi, rezervuar depolama hacmi, kar yükü ve buharlaşma gibi hidrolojik parametreler esas alınarak hesaplanan Bütünleşik Kuraklık İndisi Keyantash ve Dracup tarafından geliştirilmiştir. BKİ yöntemi belirlenirken kullanılan değişkenler farklı olabilir ve çeşitli araştırmalarda bu verilerin tamamı veya bir bölümünden yararlanılmıştır(Hınıs, 2013).

3.11. Aydeniz Kuraklık İndisi

Aydeniz'in oluşturduğu bu yöntem ortalama nispi nem, yağış, ortalama güneşlenme süresi ve ortalama sıcaklık parametreleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu hesaplama ile kuraklık katsayısı(K_{ks}) ve nemlilik katsayısı(N_{ks}) değerlerine ulaşılmaktadır(DMİ, 1988).

$$N_{ks} = \left(\frac{P \times RH}{T \times G_s + 15} \right) \times N_p \quad (21)$$

$$K_{ks} = \frac{1}{N_{ks}} \quad (22)$$

Formüldeki ifadeler aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

N_{ks} : Nemlilik katsayısı

K_{ks} : Kuraklık katsayısı

P : Aylık toplam yağış(cm)

T : Aylık ortalama sıcaklık($^{\circ}C$)

RH : Aylık ortalama nispi nem (%)

G_s : Gerçek güneşlenme süresinin her enlem derecesine göre değişen teorik güneşlenme süresine oranı (%). Güneşlenme süresi gerçekleşme oranı.

N_p : Nemli periyot yüzdesi (%). “ N_{ks} ” değeri, 0.40’dan fazla olan ay sayısı 12’ye bölünerek bulunur. Aylık hesaplamada “ N_p ” yerine 12 konulur.

Aydeniz Kuraklık İndisi’ne göre yapılan kuraklık sınıflandırması Tablo 3.9.’de verilmiştir.

Tablo 3.9. Aydeniz indis değerleri ve iklim özelliği.

N_{ks}	İKLİM ÖZELLİĞİ	K_{ks}
0.40’tan az	ÇÖL	2.50’tan fazla
0.40 – 0.67	ÇOK KURAK	1.50 – 2.50
0.67 – 1.00	KURAK	1.00 – 1.50
1.00 – 1.33	YARI KURAK	0.75 – 1.00
1.33 – 2.00	YARI NEMLİ	0.50 – 0.75
2.00 – 4.00	NEMLİ	0.25 – 0.50
4.00’ten fazla	ÇOK NEMLİ(ISLAK)	0.25’ten az

4. MATERYAL ve YÖNTEM

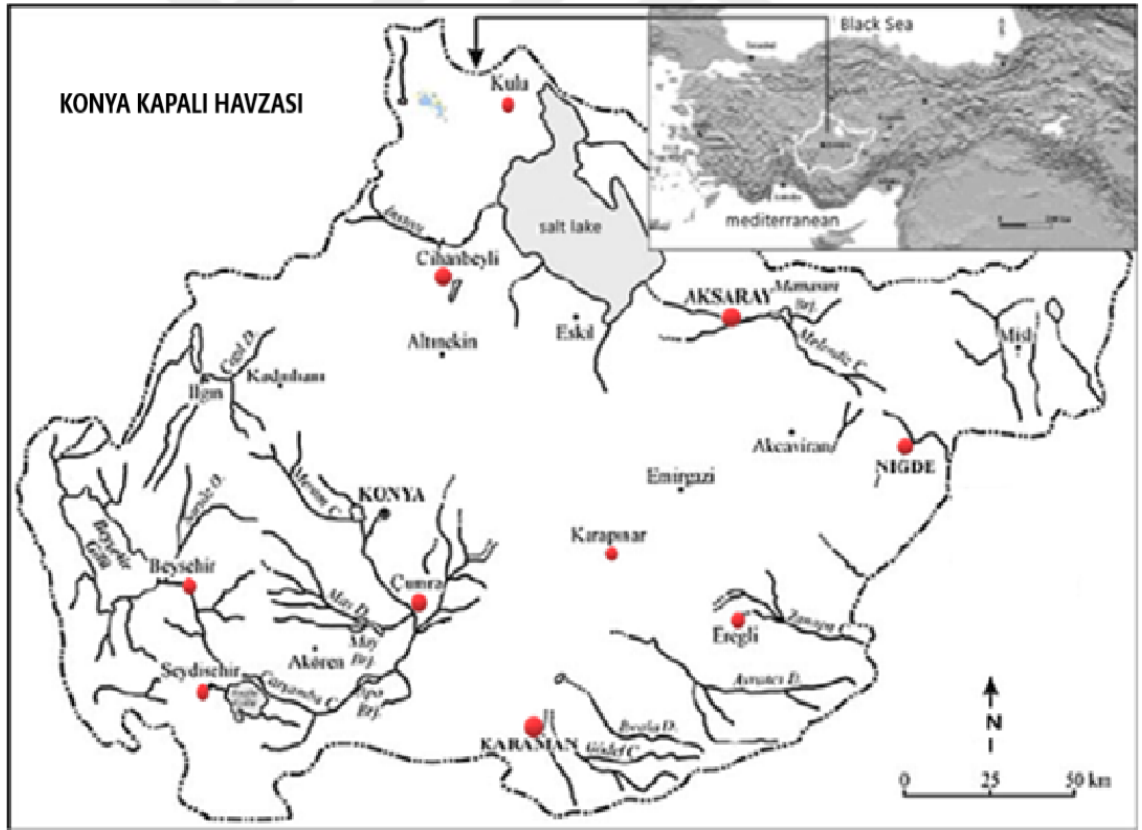
Bu bölümde tez çalışmasının yapıldığı Konya Kapalı Havzası ile özellikleri, kullanılan veriler ve çalışma yöntemi anlatılmıştır.

4.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma Orta Anadolu Bölgesi'nde $36^{\circ}51'' - 39^{\circ}29''$ enlemleri ile $31^{\circ}36'' - 34^{\circ}52''$ boylamları arasında bulunan ve ortalama 1000 m rakıma sahip Konya Kapalı Havzası'nda (KKH) yapılmıştır. Konya Kapalı Havzası 5.426.480 ha'lık yüz ölçümüne sahiptir. Bu değer yaklaşık olarak Türkiye yüz ölçümünün %7'sine tekamül etmektedir. Konya Kapalı Havza'sı Türkiye'nin en büyük kapalı havzası olup, % i kırsal ve % 55'i ise kentsel bölgelerde olmak üzere havza üzerinde üç milyona yakın insan yaşamaktadır. Havzada, sulak alan olarak Samsam, Tersakan, Kulu, Tuz Gölü, Beyşehir, Bolluk, Suğla, Ereğli, Kozanlı, Hotamış gibi göl veya bataklıkları vardır.(Doğdu vd., 2007). Konya Kapalı Havzası'nın merkezinde bulunan sığ göl ve bataklıklar bölgedeki küçük nehir ve akıntılardan beslenirler. Havza'ya genellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde yağış düşmektedir (Durduran, 2010). Tuz Gölü, Konya Kapalı Havzası'nın içinde olan Türkiye'nin ikinci en büyük gölüdür. Bu çalışmada ise Konya Kapalı Havzası'nda bulunan Cihanbeyli, Karapınar, Çumra, Seydişehir, Kulu, Beyşehir, Ereğli, Niğde, Karaman ve Aksaray bölgelerinin kuraklık analizi yapılmıştır. Bu çalışmada kuraklık analizi yapılan istasyonlarla ilgili genel bilgiler Tablo 4.1'de verilmiştir ve bu istasyonların Konya Kapalı Havzası üzerindeki konumları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Konya Kapalı Havzası'ndaki istasyonlar ve coğrafi konumları.

İSTASYON NO	İSTASYON ADI	İL	İLÇE	ENLEM	BOLAM	RAKIM
17191	Cihanbeyli	Konya	Cihanbeyli	38.650578	32.921860	973
17192	Aksaray	Aksaray	Merkez	38.3705	33.9987	970
17242	Beyşehir	Konya	Beyşehir	37.6777	31.7463	1141
17246	Karaman	Karaman	Merkez	37.1932	33.2202	1018
17248	Ereğli	Konya	Ereğli	37.5255	34.0485	1046
17250	Niğde	Niğde	Merkez	37.9587	34.6795	1211
17754	Kulu	Konya	Kulu	39.0788	33.0657	1005
17898	Seydişehir	Konya	Seydişehir	37.4267	31.8490	1129
17900	Çumra	Konya	Çumra	37.5658	32.7900	1014
17902	Karapınar	Konya	Karapınar	37.714722	33.526111	996



Şekil 4.1. Konya Kapalı Havzası'nda kuraklık analizi yapılan istasyonların harita gösterimi.

4.2. Veriler

Bu çalışmada kuraklık analizi yapmak için kullanılan meteorolojik veriler T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. Bu veriler T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne bağlı Cihanbeyli, Karapınar, Çumra, Seydişehir, Kulu, Beyşehir, Ereğli, Niğde, Karaman ve Aksaray istasyonlarında ölçülmüştür. Çalışmada 1981 ile 2010 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak SPI, PNI, SPEI ve Aridite kuraklık analiz yöntemlerine göre kuraklık analizi yapılmıştır.

4.3. Yöntem

Bu çalışma, yağış ve sıcaklık tabanlı olan SPI, PNI, SPEI ve Aridite indisleri kullanılarak yapılmıştır. Bu indislerin genel özellikleri 3. bölümdeki Kuramsal Temeller başlığı altında kapsamlı bir şekilde açıklanmıştır. Çalışmada, kuraklık analizi 1981 ile 2010 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak SPI, PNI, SPEI ve Aridite indislerinin hesap formüllerine göre aylık bazda hesaplanarak yapılmıştır. Yapılan bu hesaplamalar sonucu bulunan değerler, SPI, PNI, SPEI ve Aridite indislerinin kuraklık sınıflandırma değerlerine göre ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Her indis için yapılan hesaplamalar Açıklayıcı Faktör Analizi ve Kümeleme Analizi yöntemlerine göre istatistiksel olarak analiz edilmiş olup tablo ve grafikler halinde analiz sonuçları elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre Konya Kapalı Havzası'nda bulunan Cihanbeyli, Karapınar, Çumra, Seydişehir, Kulu, Beyşehir, Ereğli, Niğde, Karaman ve Aksaray bölgelerinin kuraklık durumları yorumlanmıştır.

4.3.1. Faktör analizi

Bu çalışmada, kullanılan SPI, PNI, SPEI ve Aridite indislerinden tek bir indis hesaplanabilirliğinin test edilmesi amacıyla Açıklayıcı Faktör Analizi, güvenilirlik düzeyinin belirlenmesi için Cronbach's Alfa katsayısı hesaplanmıştır. Geçerlik ve güvenilirlik analizi aşağıda anlatılmıştır.

Açıklayıcı Faktör Analizi: Verilerin faktör analizine uygun olup olmadığını anlamak amacıyla KMO ve Bartlett testi yapılmıştır. KMO katsayısı örneklemin büyüklüğünü test etmek için hesaplanırken normal dağılım koşulu Bartlett testiyle incelenmektedir.

Bu kapsamda KMO testi ölçüm sonucunun 0.50 ve daha üstü, Bartlett küresellik testi sonucunun da istatistiksel olarak anlamlı olması gerekmektedir (Jeong, 2004: 70). Faktör analizi işleminde ölçek maddelerinin faktörlere atanması ya da ölçekten çıkarılması işlemlerinde faktör yükü değerlerine bakılmıştır.

Güvenirlilik Analizi: Cronbach's alfa katsayısı ölçeğin güvenirlilik düzeyini vermektedir. Katsayı 0 ile 1 arasında değişmektedir. Alfa (α) katsayısına bağlı olarak ölçeğin güvenilirliği aşağıdaki gibi yorumlanmaktadır (Nunnally, 1967, 248).

- $.00 \leq \alpha < .40$ ise ölçek güvenilir değildir,
 - $.40 \leq \alpha < .60$ ise ölçeğin güvenirliliği düşük,
 - $.60 \leq \alpha < .80$ ise ölçek oldukça güvenilir,
 - $.80 \leq \alpha < 1.00$ ise ölçek yüksek derecede güvenilir bir ölçek,
- olarak değerlendirilmiştir.

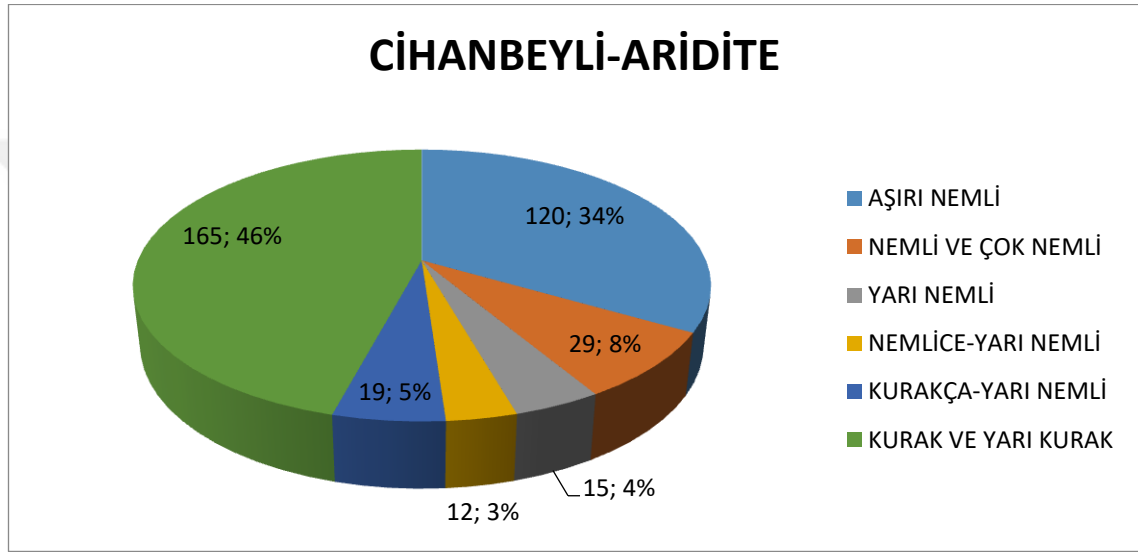
4.3.2. Kümeleme analizi

Kümeleme Analizi, veri setinde yer alan ve doğal gruplamaları kesin olarak bilinmeyen birimleri, değişkenleri ya da birim ve değişkenleri birbirine benzer alt kümelere ayırmaya yardımcı olan yöntemler topluluğudur (Özdamar, 1999). Bir dizi kümeye bakıldığında, Küme Analizi homojen ve/veya iyi ayrılmış kümeler adı verilen alt kümeleri bulmayı amaçlamaktadır. Birçok kümeleme türü ve homojenlik veya ayrılma için kriterler ilgi çekici olduğundan, bu geniş bir alandır (Pierre Hansen ve Brigitte Jaumard, 1997). Genel olarak Kümeleme Analizinde küme sayısı önceden bilinmez ve verilerin mevcut durumu incelenerek kümeler oluşturulur. Kümeleme analizi sonuçları gelecek tahmininde kullanılmazken; çok değişkenli istatistik analizlerde önemli olan verilerin normallik, doğrusallık ve homojenlik varsayımları, çok önemli olmayıp, verilerin uzaklığının normalliği yeterli kabul edilmektedir (Tatlıdil, 1992).

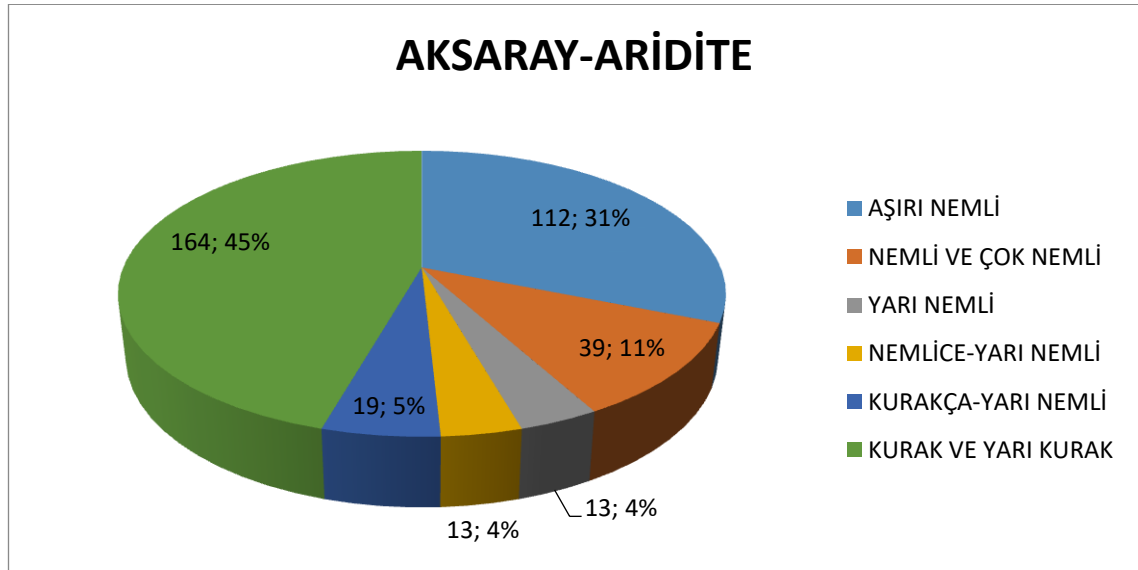
5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Aridite İndisi(AI) Sonuçları

Aridite İndisi kullanılarak yapılan kuraklık değerlendirmesi sonucunda her bir istasyonun bulunduğu bölgenin kuraklık sınıflandırması ve kuraklık yüzdeleri Şekil 5.1., Şekil 5.2., Şekil 5.3., Şekil 5.4., Şekil 5.5., Şekil 5.6., Şekil 5.7., Şekil 5.8., Şekil 5.9. ve Şekil 5.10.'daki grafiklerde gösterilmiştir.

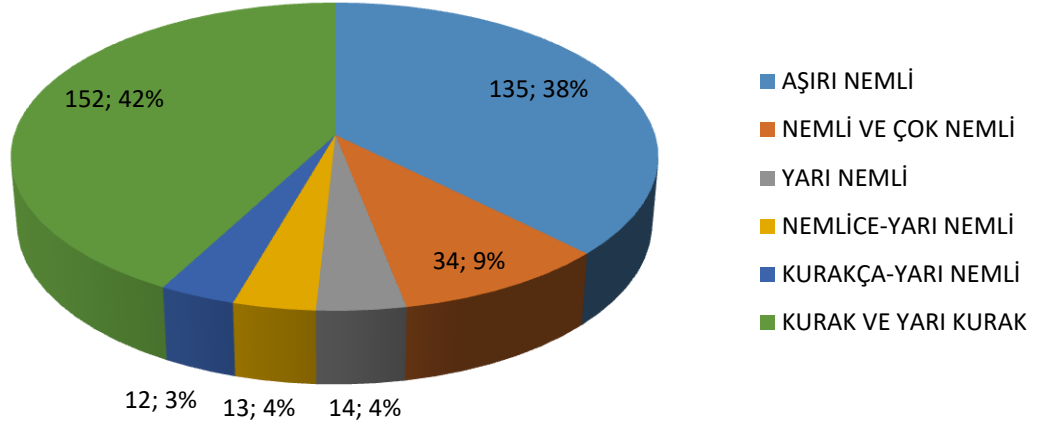


Şekil 5.1. Cihanbeyli'nin Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



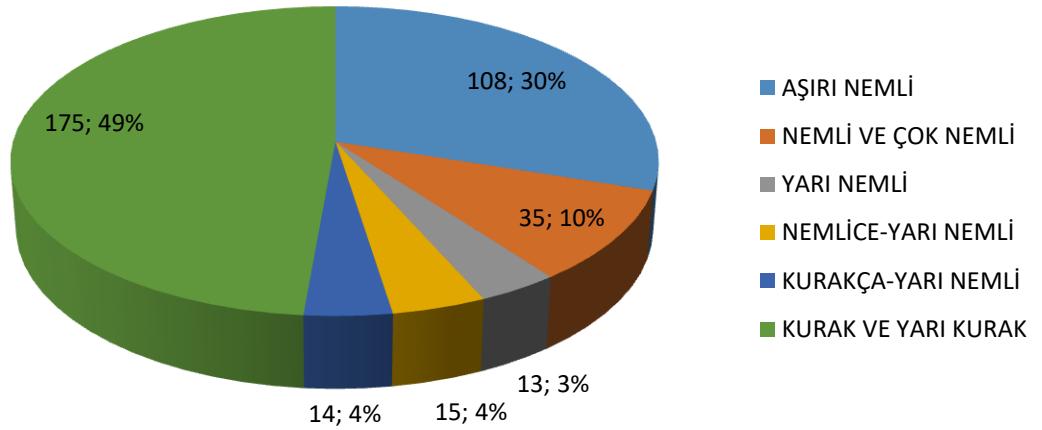
Şekil 5.2. Aksaray'ın Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

BEYŞEHİR-ARİDİTE



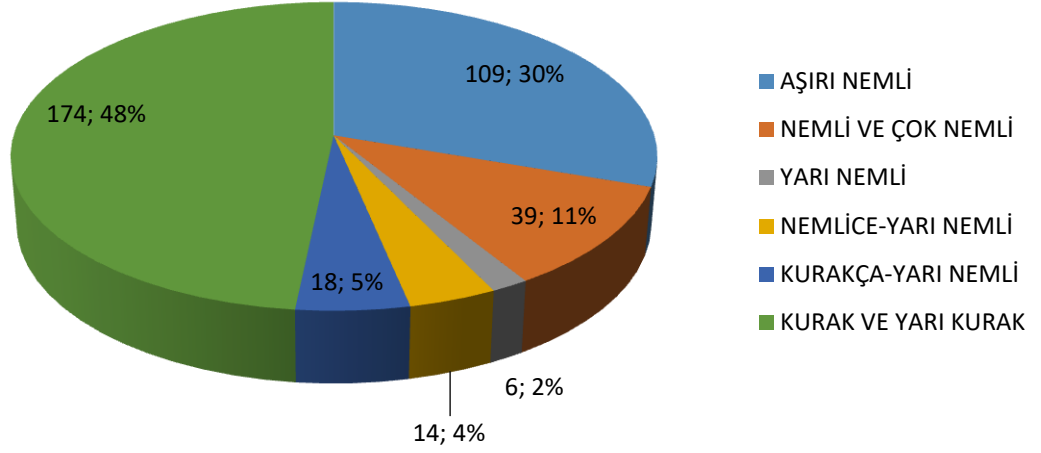
Şekil 5.3. Beyşehir'in Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

EREĞLİ-ARİDİTE



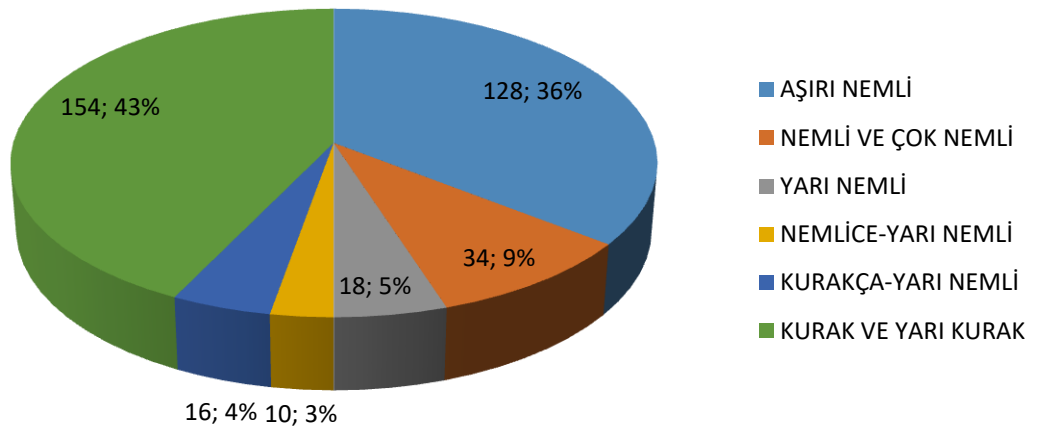
Şekil 5.4. Ereğli'nin Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

KARAMAN-ARİDİTE



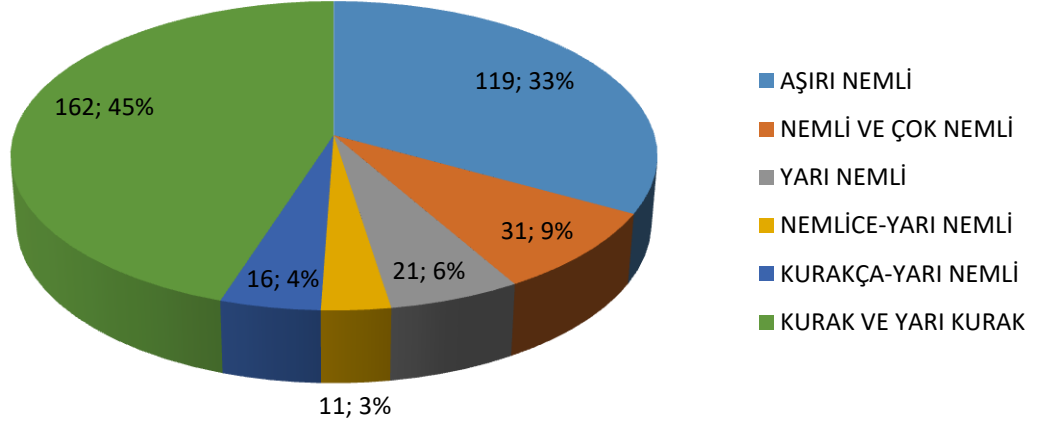
Şekil 5.5. Karaman'ın Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

KULU-ARİDİTE



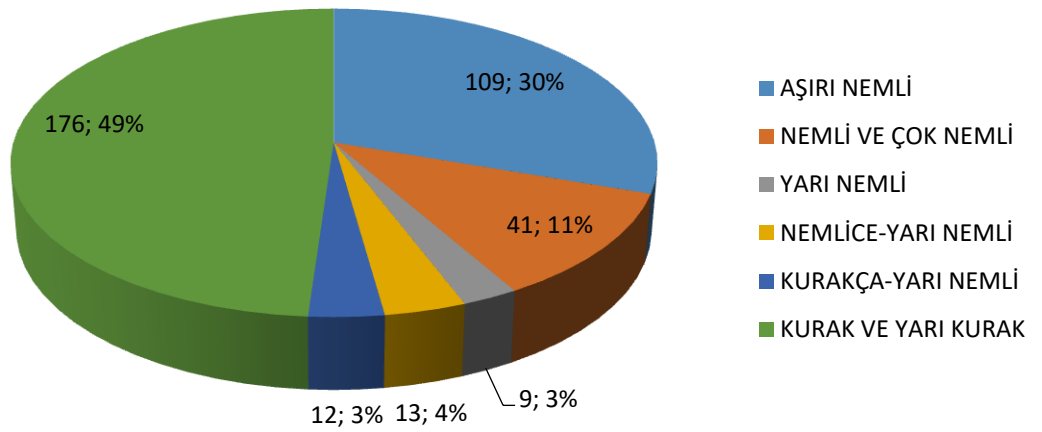
Şekil 5.6. Kulu'nun Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

NİĞDE-ARİDİTE



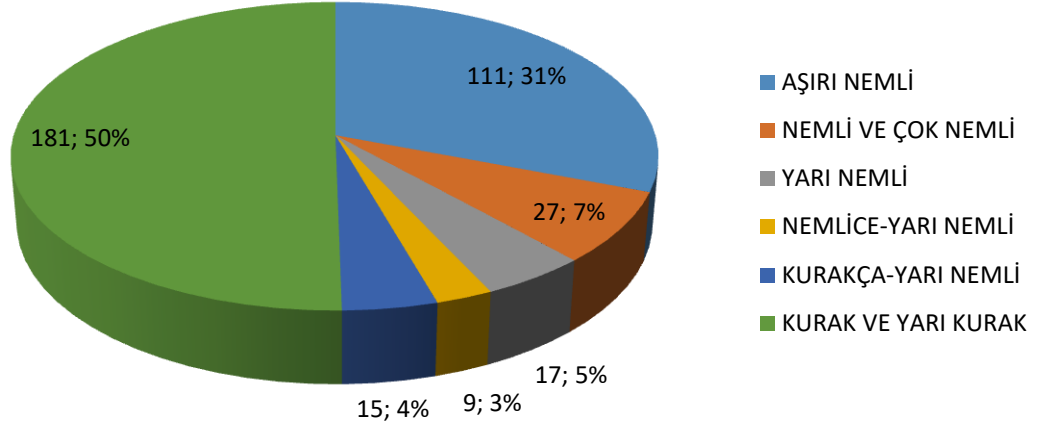
Şekil 5.7. Niğde'nin Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

ÇUMRA-ARİDİTE



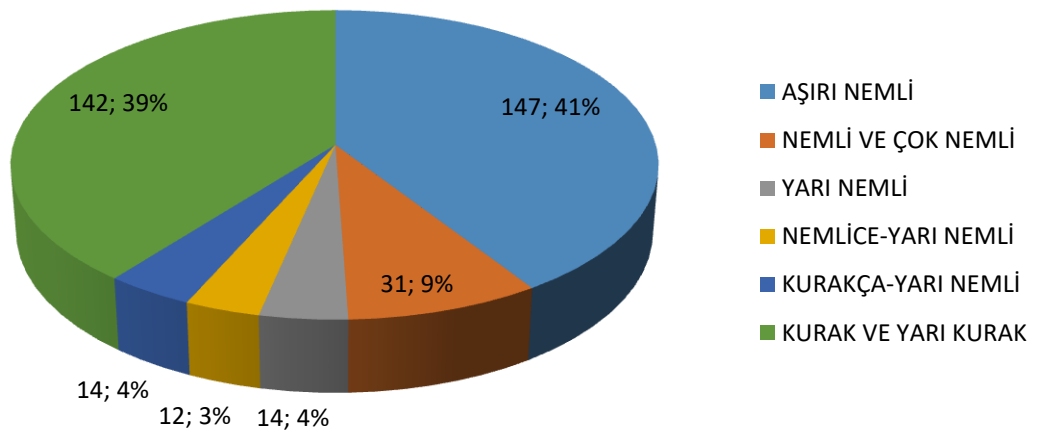
Şekil 5.8. Çumra'nın Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

KARAPINAR-ARİDİTE



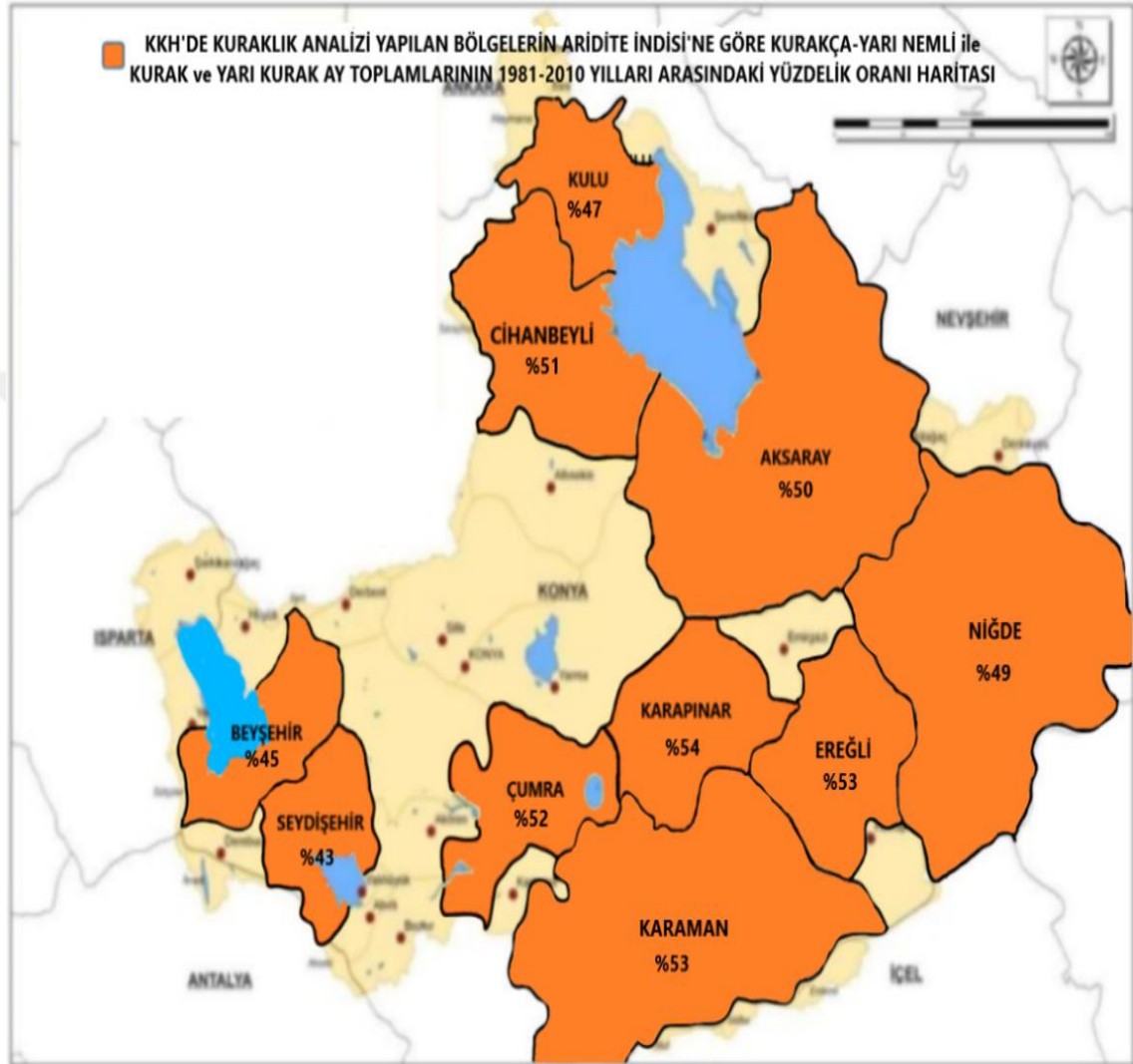
Şekil 5.9. Karapınar'ın Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

SEYDİŞEHİR-ARİDİTE



Şekil 5.10. Seydişehir'in Aridite İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

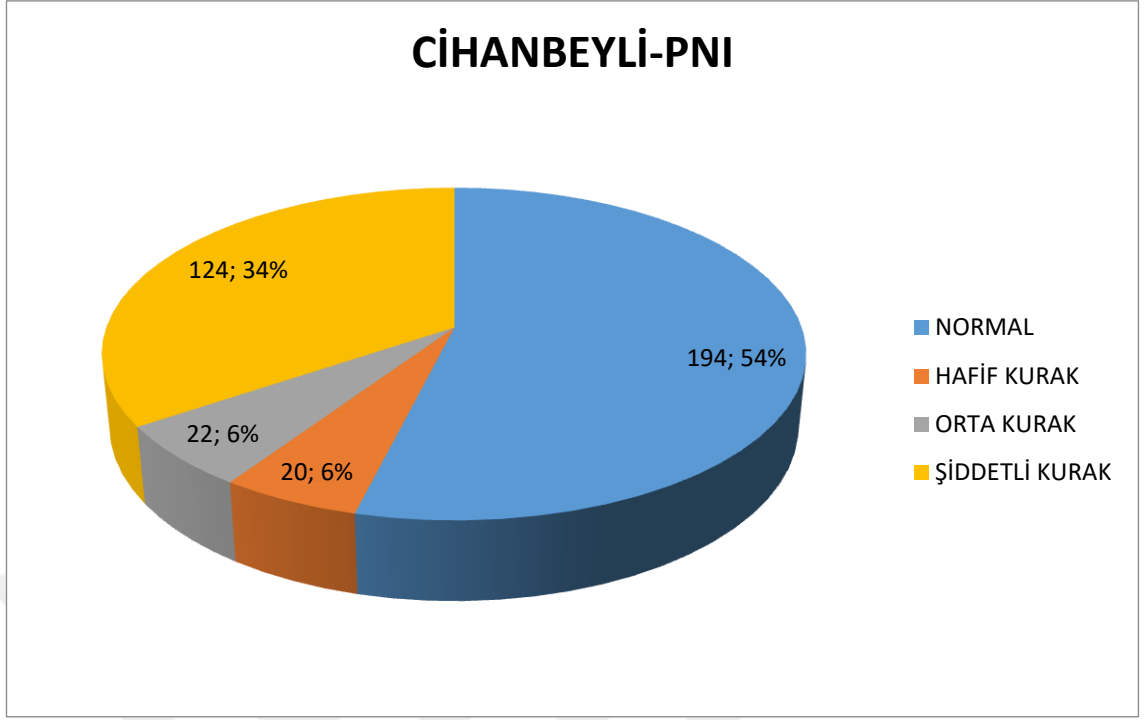
Konya Kapalı Havzası'nda kuraklık analizi yapılan bölgelerin Aridite İndisi'ne göre kurakça-yarı nemli ile kurak ve yarı kurak ay toplamalarının 1981-2010 yılları arasındaki yüzdeleri haritası Şekil 5.11.'de verilmiştir.



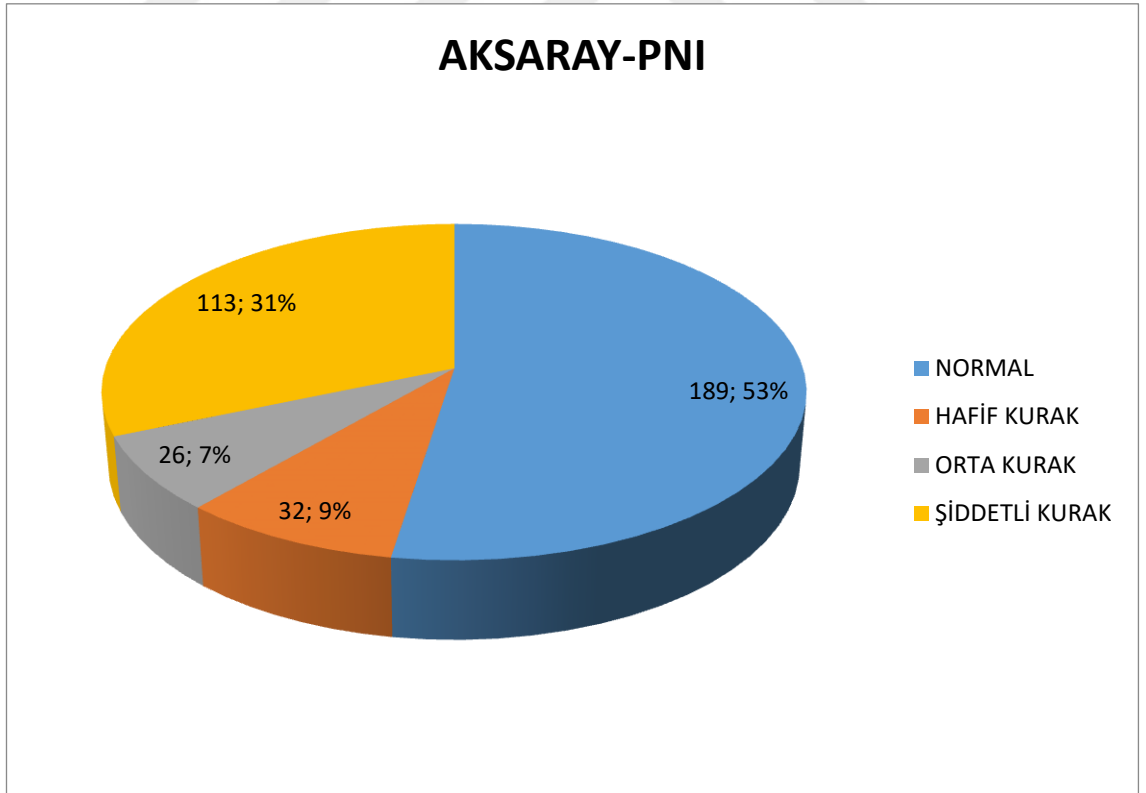
Şekil 5.11. KKH'nın Aridite İndisi'ne göre 1981-2010 yılları arasındaki aylık kuraklık yüzdeleri haritası.

5.2. Normalin Yüzdesi İndisi(PNI) Sonuçları

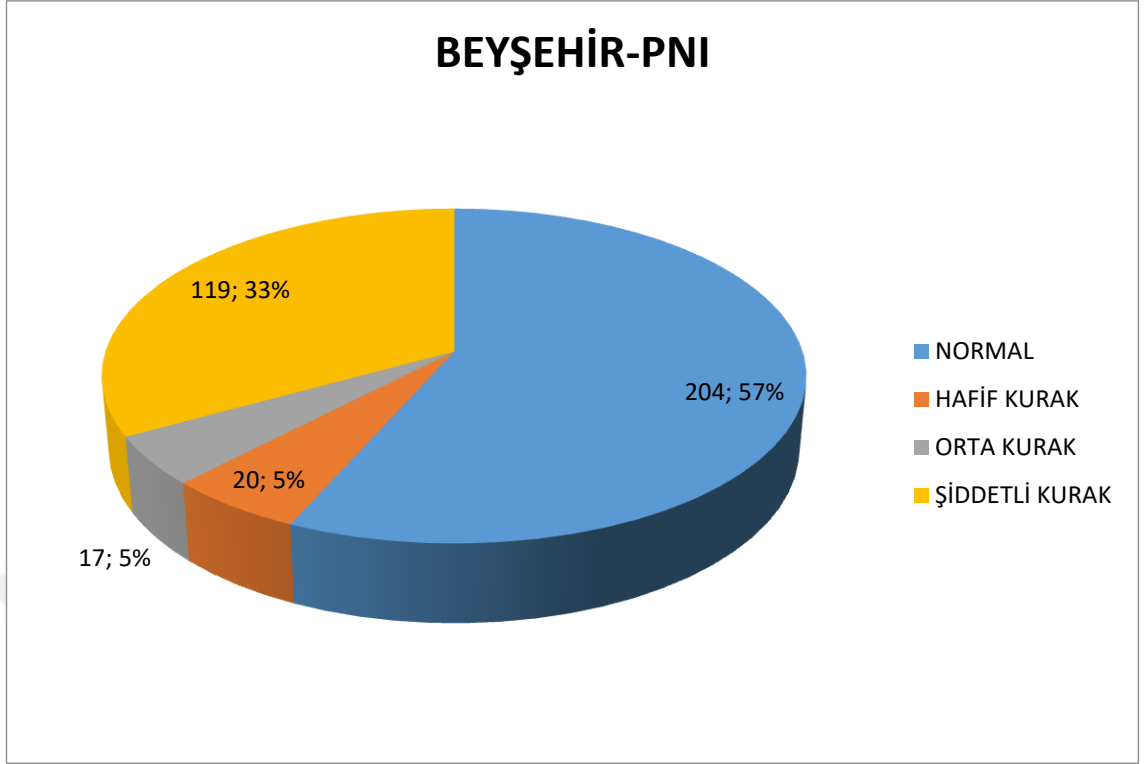
Normalin Yüzdesi İndisi kullanılarak yapılan kuraklık değerlendirilmesi sonucunda her bir istasyonun bulunduğu bölgenin kuraklık sınıflandırması ve kuraklık yüzdeleri Şekil 5.12., Şekil 5.13., Şekil 5.14., Şekil 5.15., Şekil 5.16., Şekil 5.17., Şekil 5.18., Şekil 5.19., Şekil 5.20. ve Şekil 5.21.'deki grafiklerde gösterilmiştir.



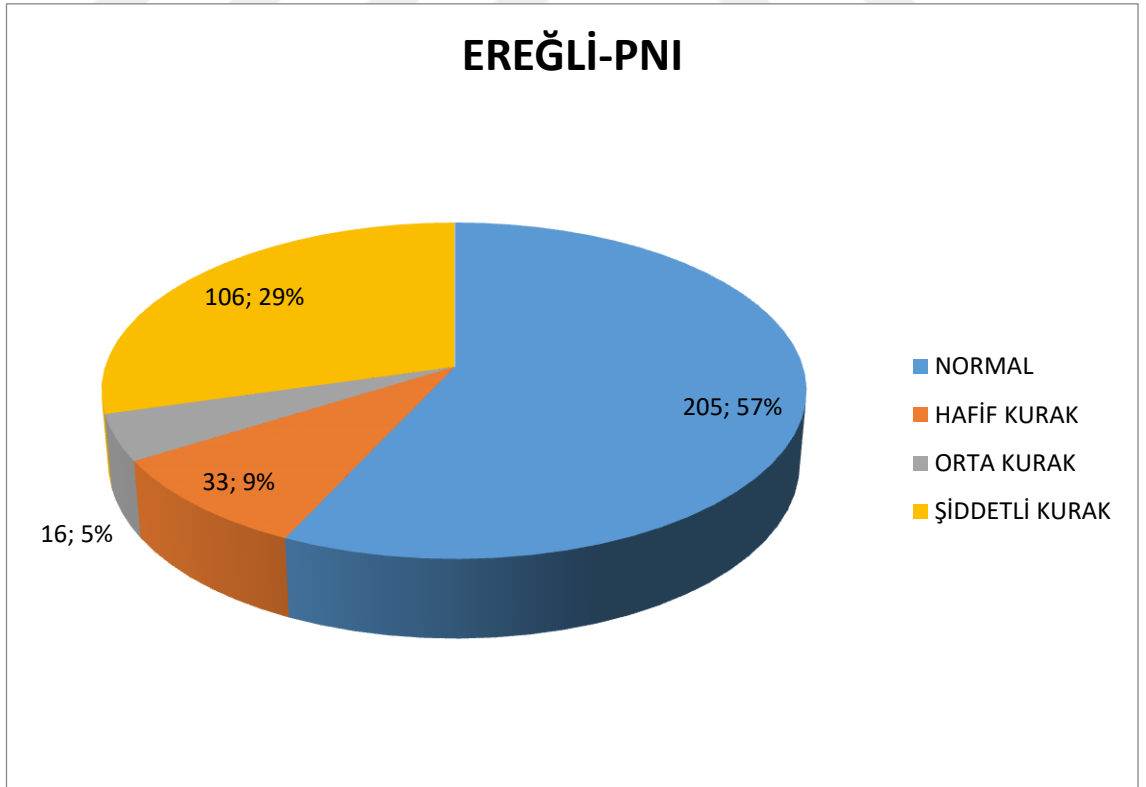
Şekil 5.12. Cihanbeyli'nin Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



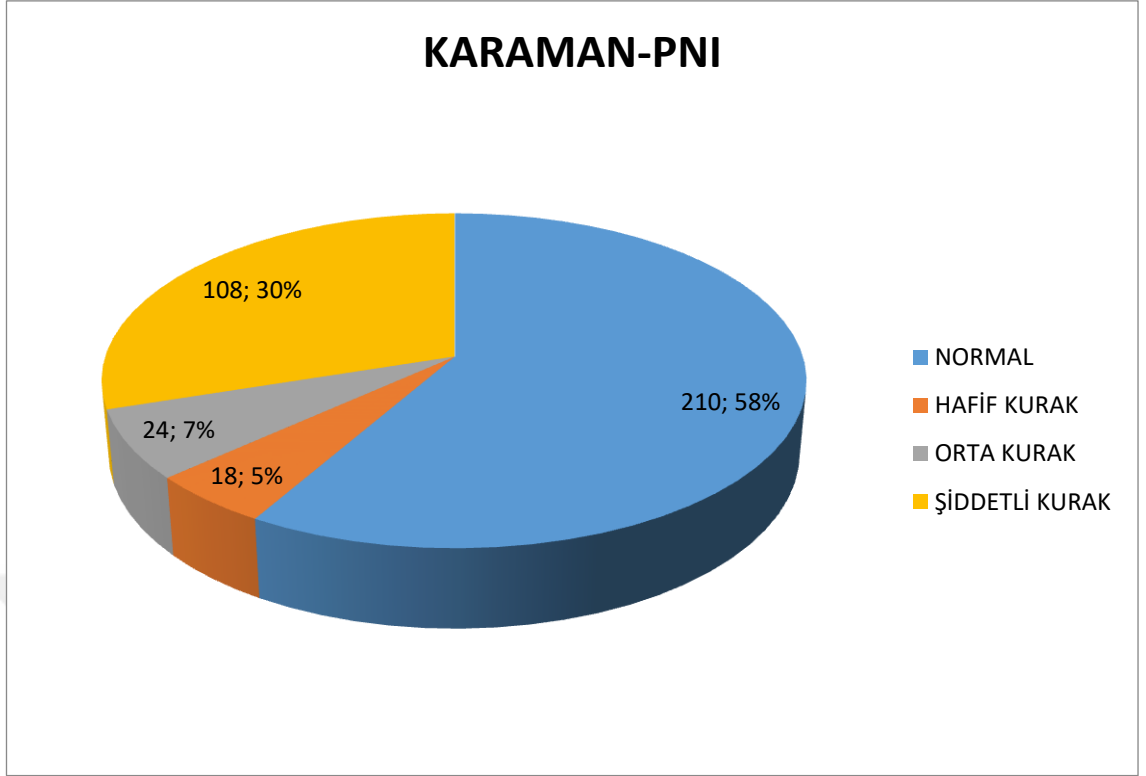
Şekil 5.13. Aksaray'ın Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



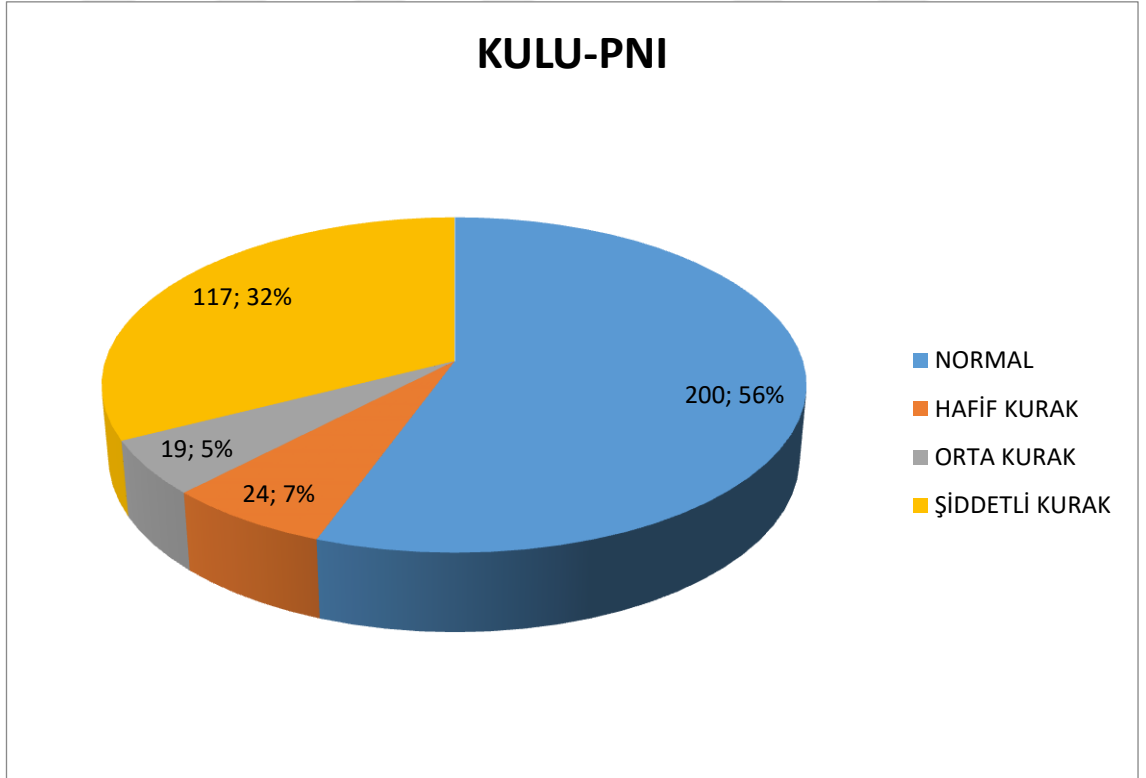
Şekil 5.14. Beyşehir'in Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



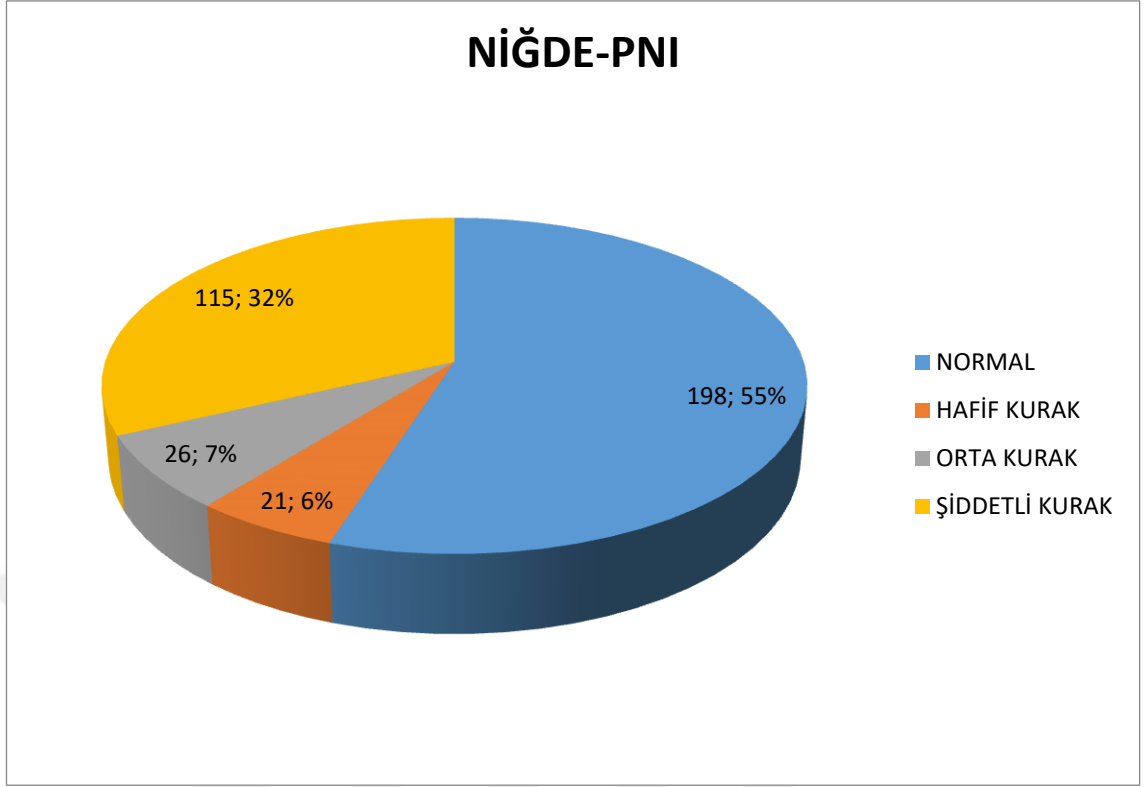
Şekil 5.15. Ereğli'nin Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



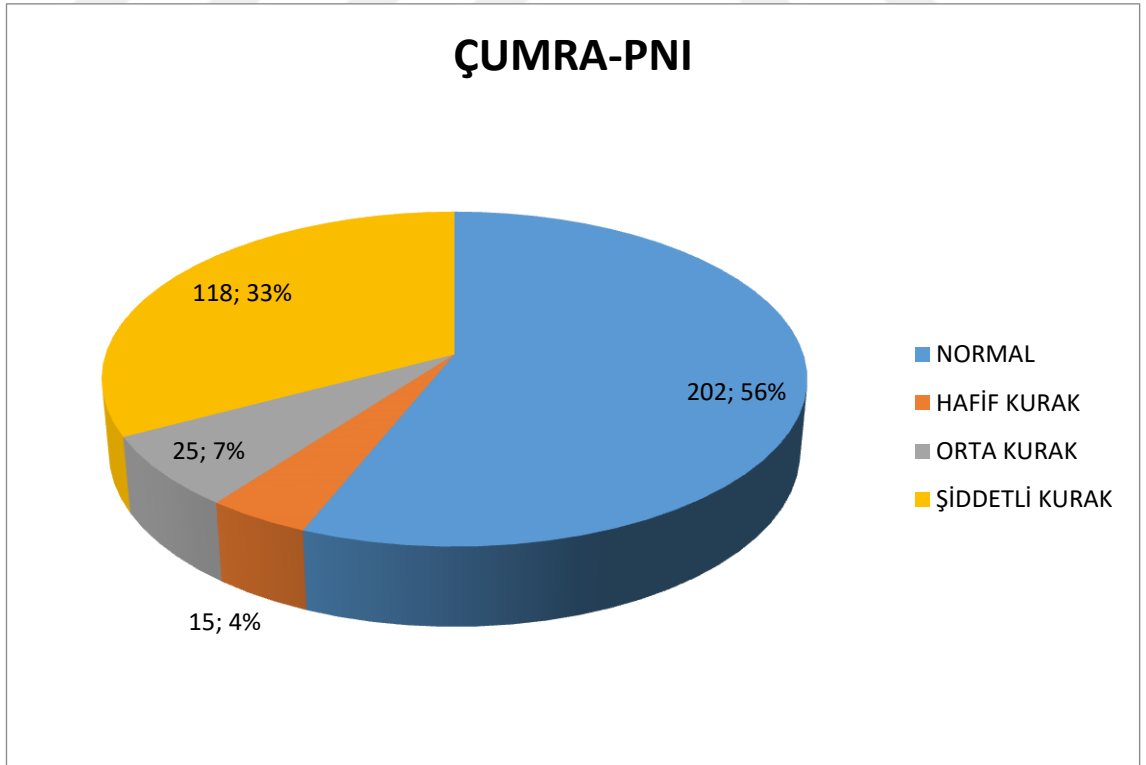
Şekil 5.16. Karaman'ın Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



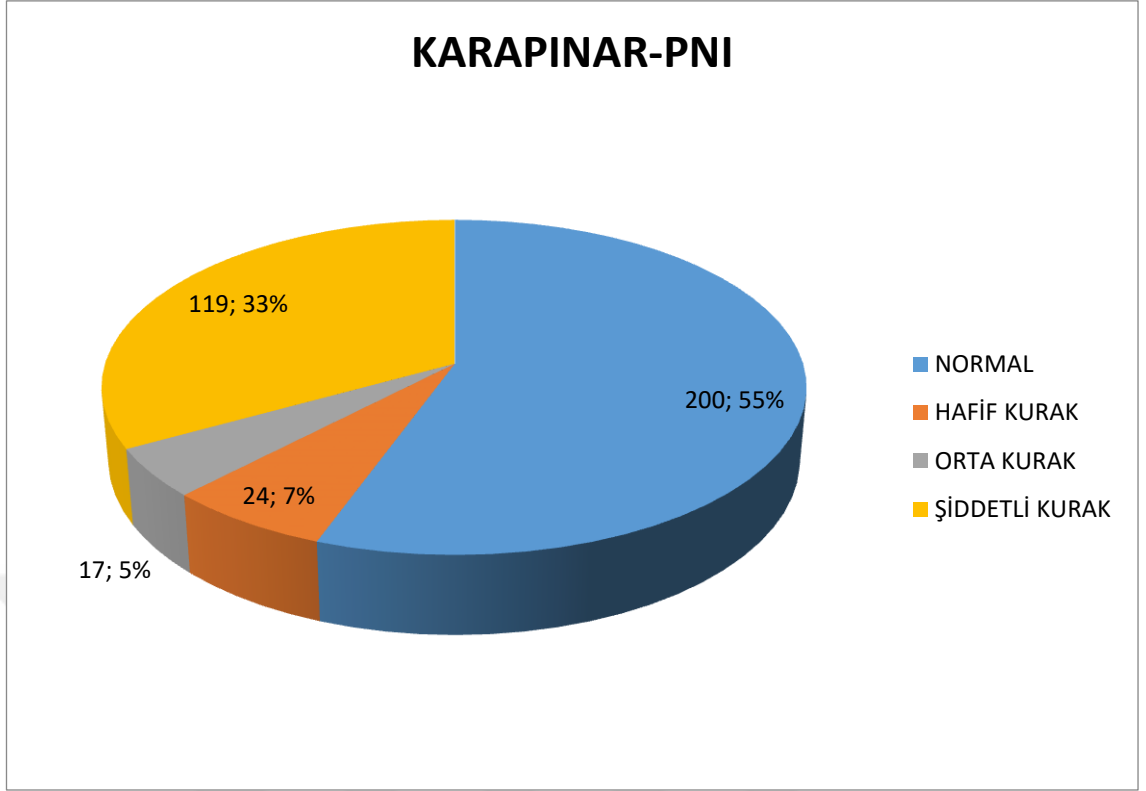
Şekil 5.17. Kulu'nun Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



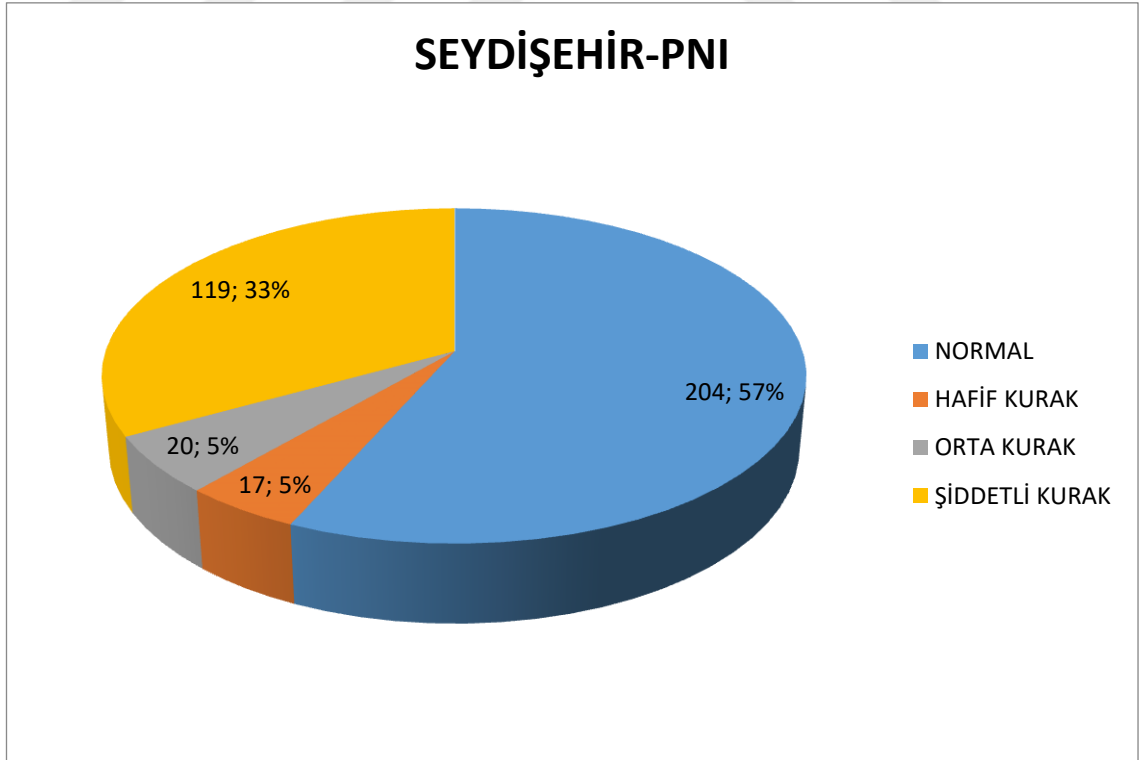
Şekil 5.18. Niğde'nin Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



Şekil 5.19. Çumra'nın Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

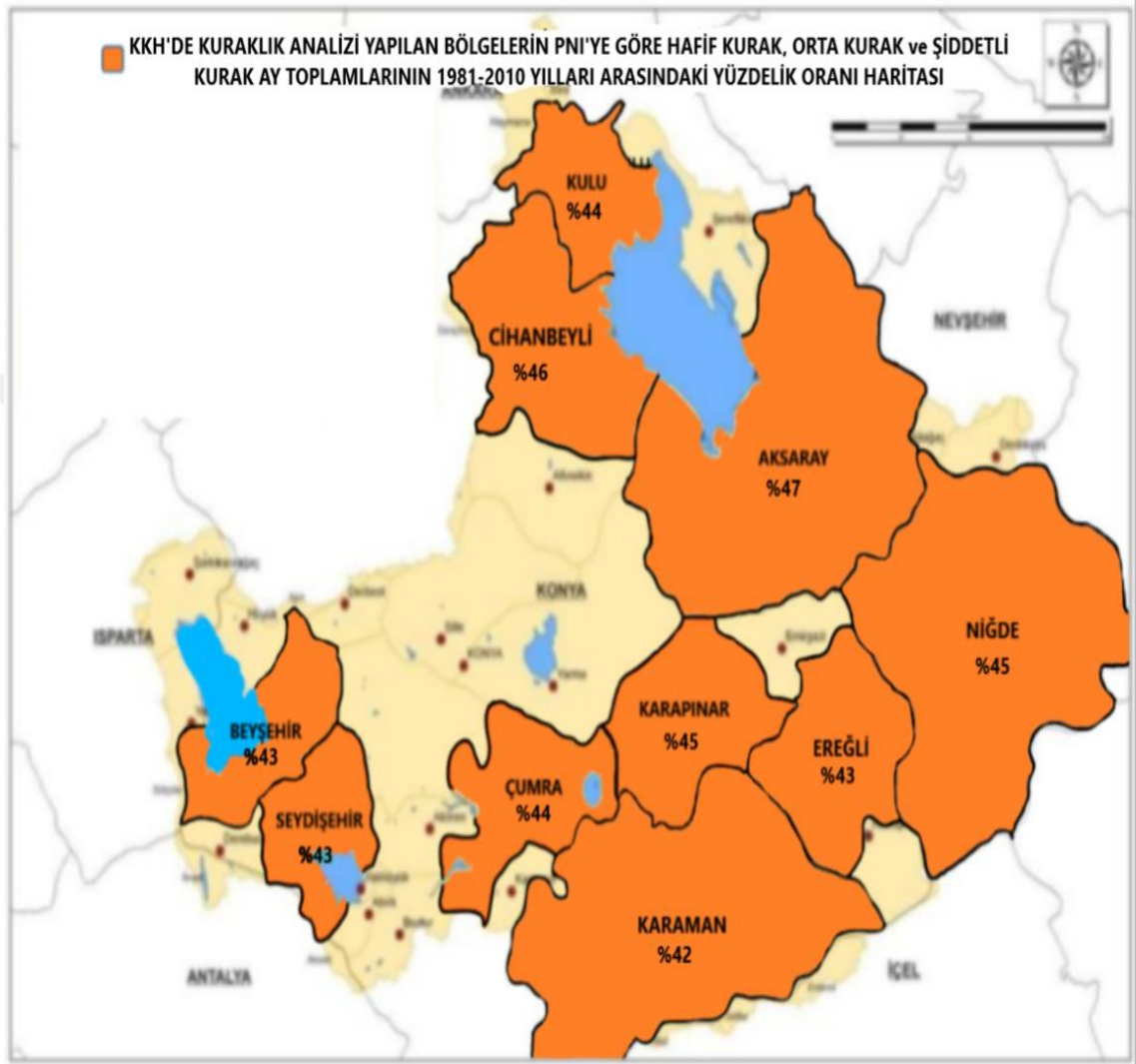


Şekil 5.20. Karapınar'ın Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



Şekil 5.21. Seydişehir'in Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

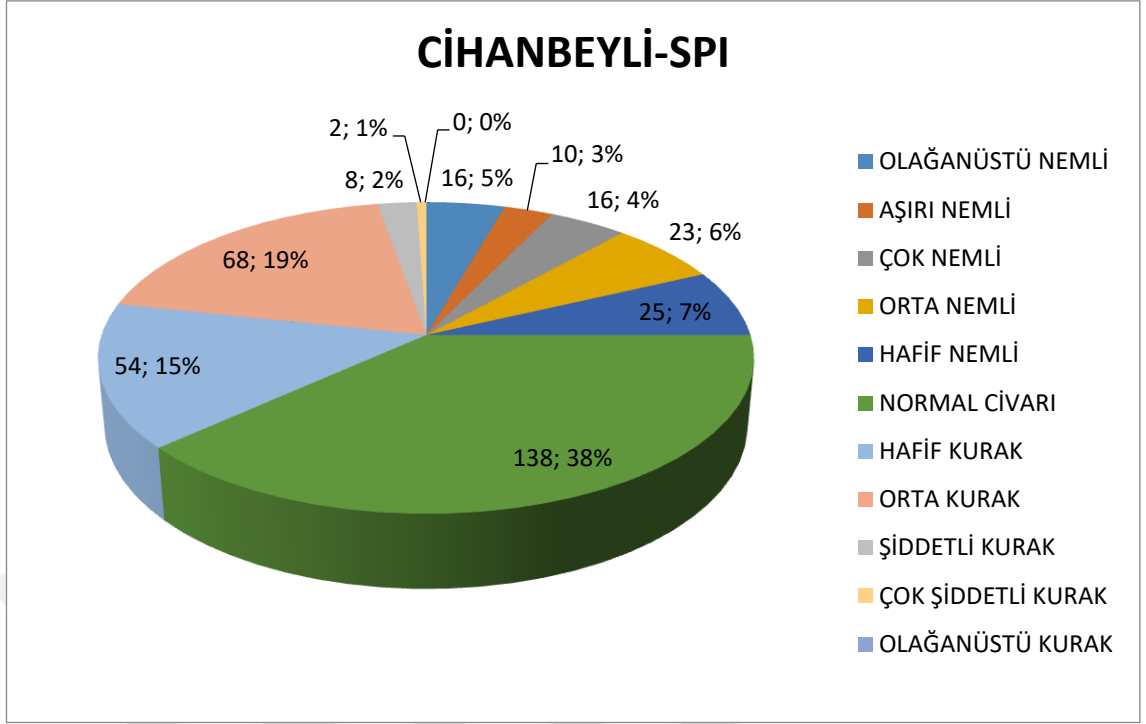
Konya Kapalı Havzası'nda kuraklık analizi yapılan bölgelerin Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre hafif kurak, orta kurak ve şiddetli kurak ay toplamalarının 1981-2010 yılları arasındaki yüzdeleri oranları haritası Şekil 5.22.'de verilmiştir.



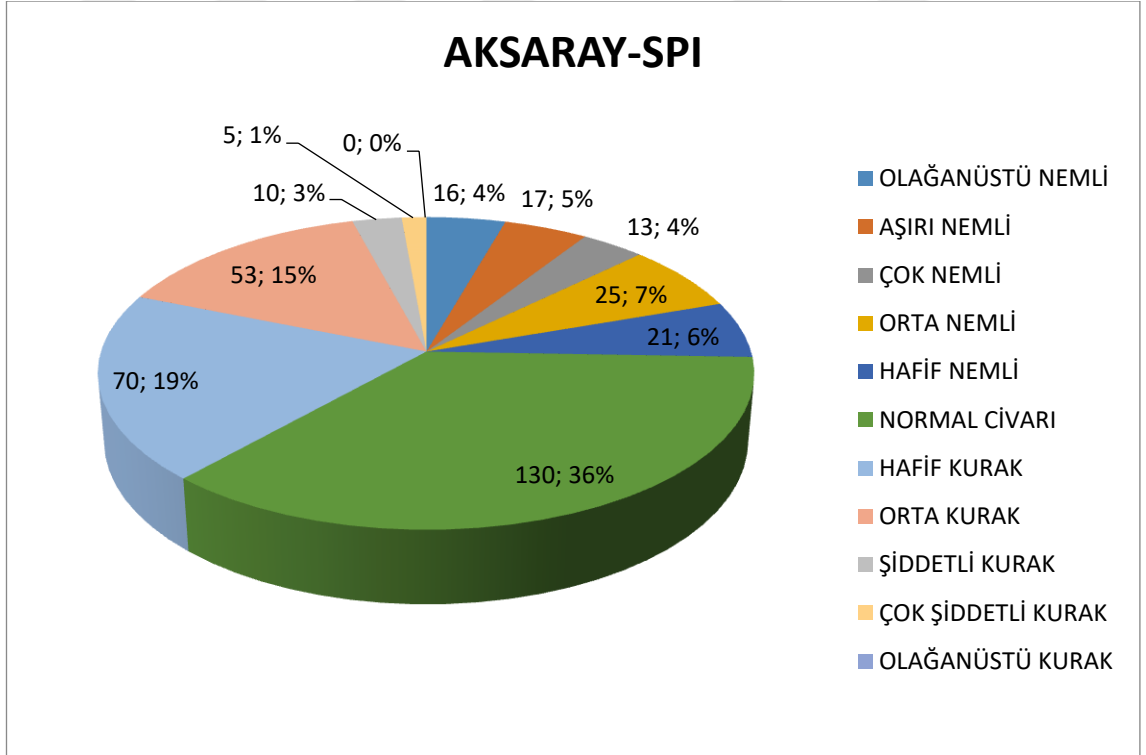
Şekil 5.22. KKH'nın Normalin Yüzdesi İndisi'ne göre 1981-2010 yılları arasındaki aylık kuraklık yüzdeleri haritası.

5.3. Standartlaştırılmış Yağış İndisi(SPI) Sonuçları

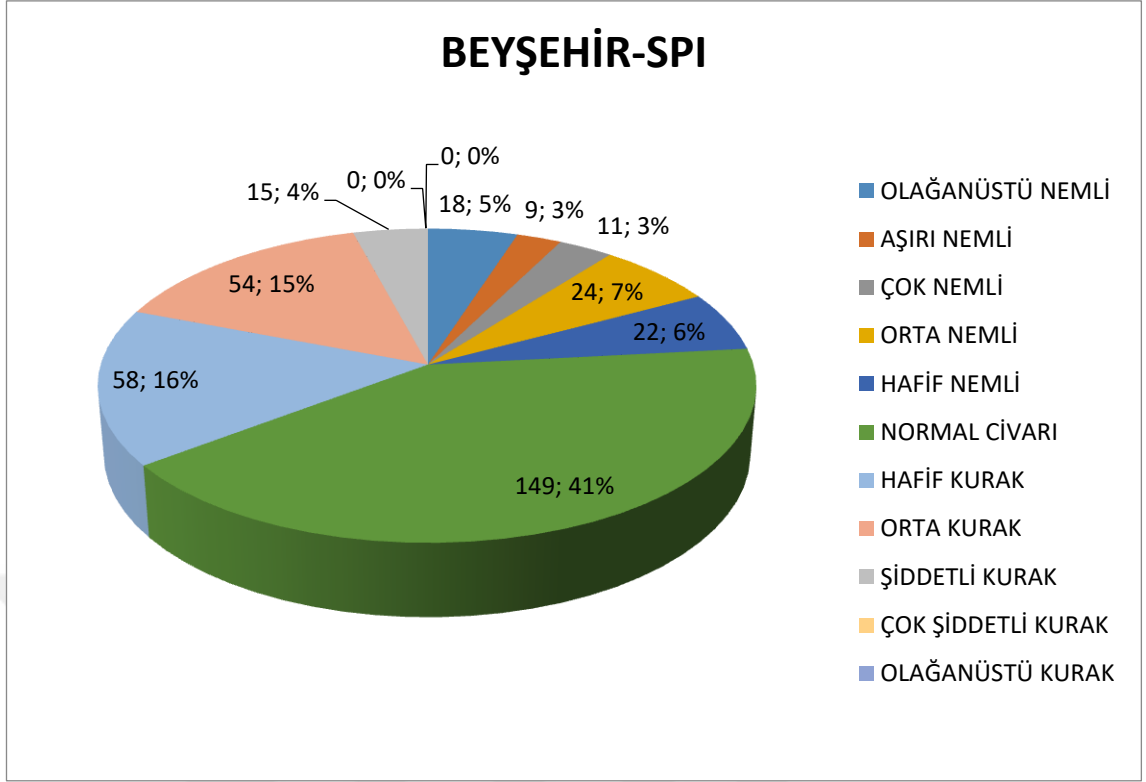
Standartlaştırılmış Yağış İndisi kullanılarak yapılan kuraklık değerlendirmesi sonucunda her bir istasyonun bulunduğu bölgenin kuraklık sınıflandırması ve kuraklık yüzdeleri Şekil 5.23., Şekil 5.24., Şekil 5.25., Şekil 5.26., Şekil 5.27., Şekil 5.28., Şekil 5.29., Şekil 5.30., Şekil 5.31., ve Şekil 5.32.'deki grafiklerde gösterilmiştir.



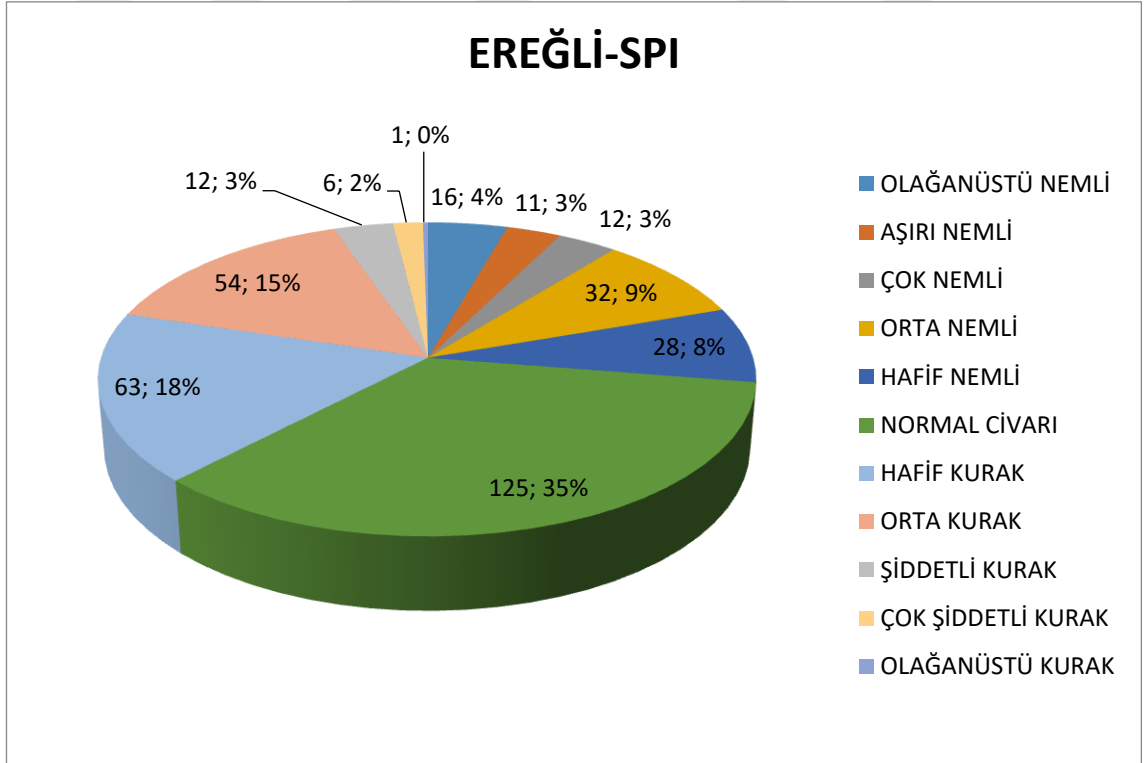
Şekil 5.23. Cihanbeyli'nin Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



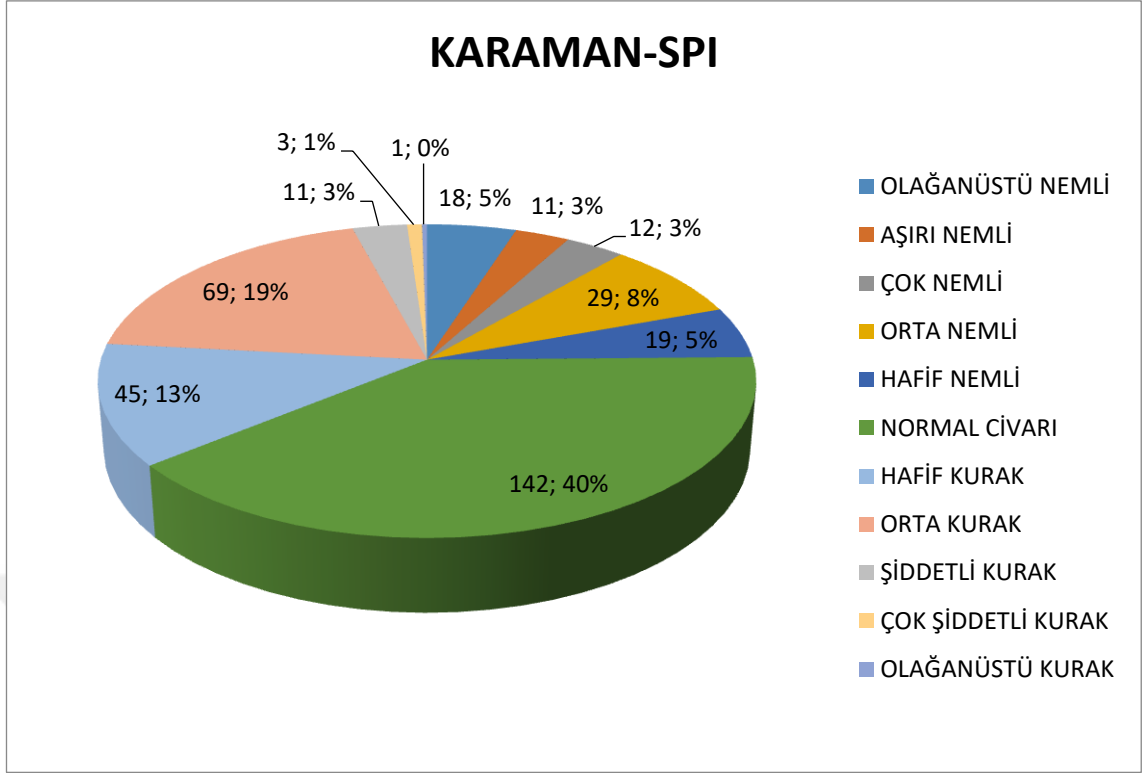
Şekil 5.24. Aksaray'ın Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



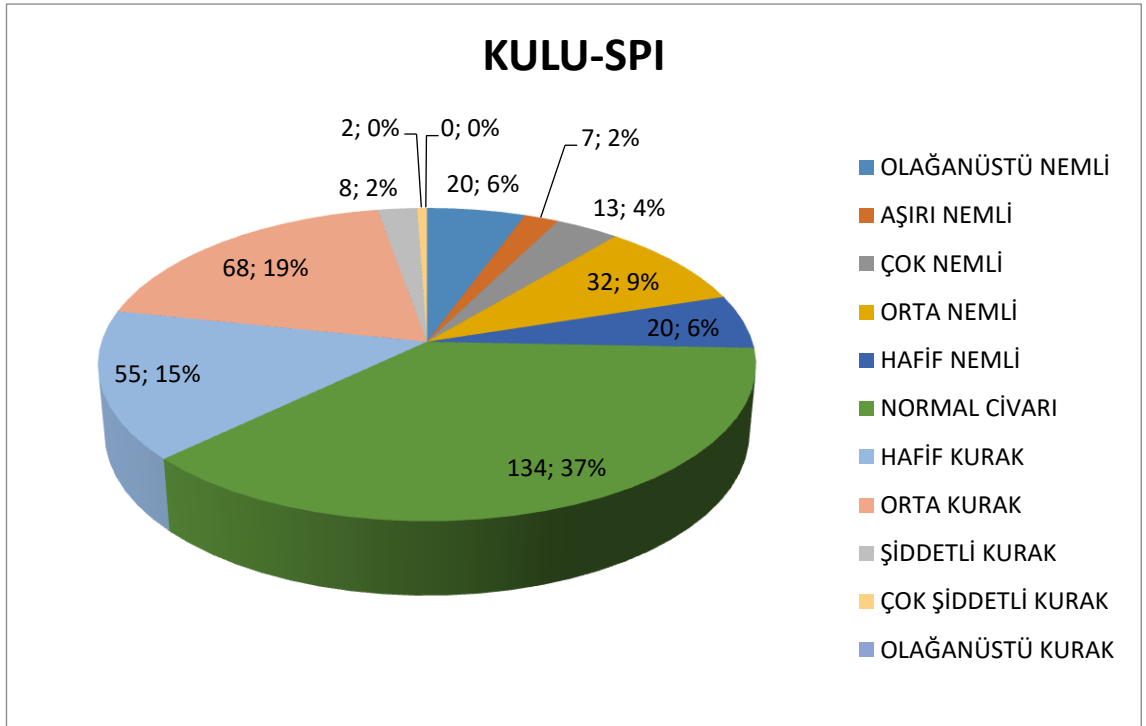
Şekil 5.25. Beyşehir'in Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



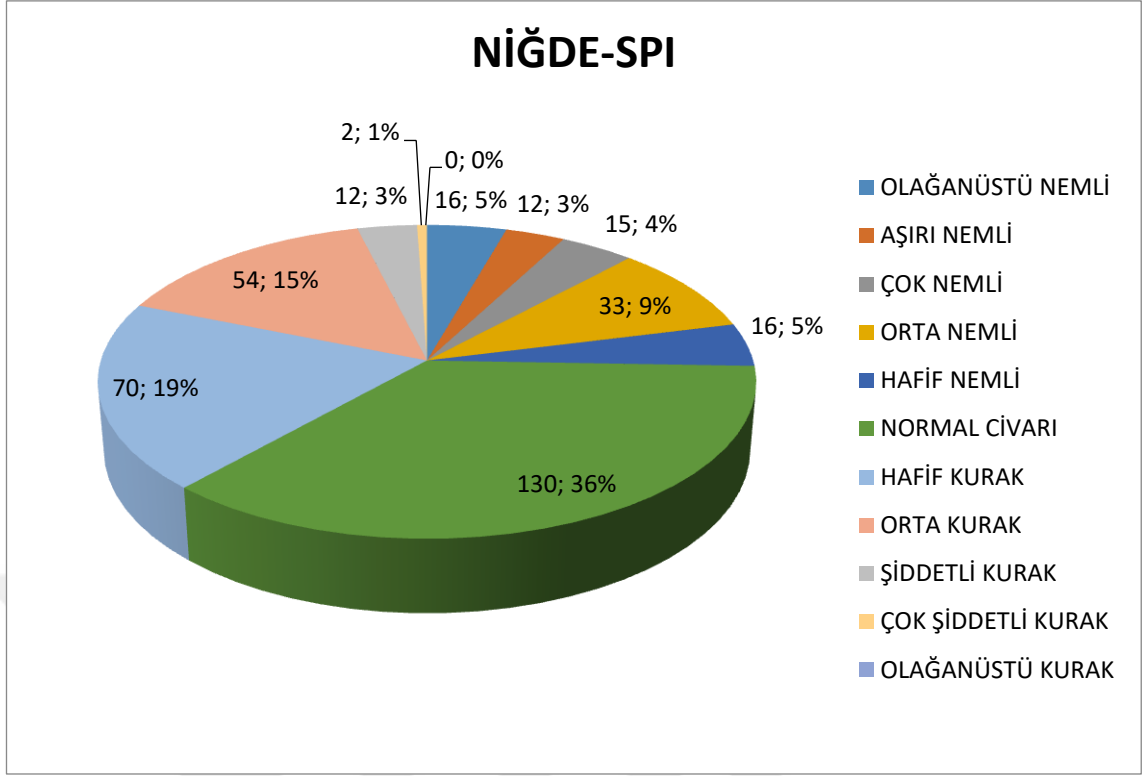
Şekil 5.26. Ereğli'nin Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



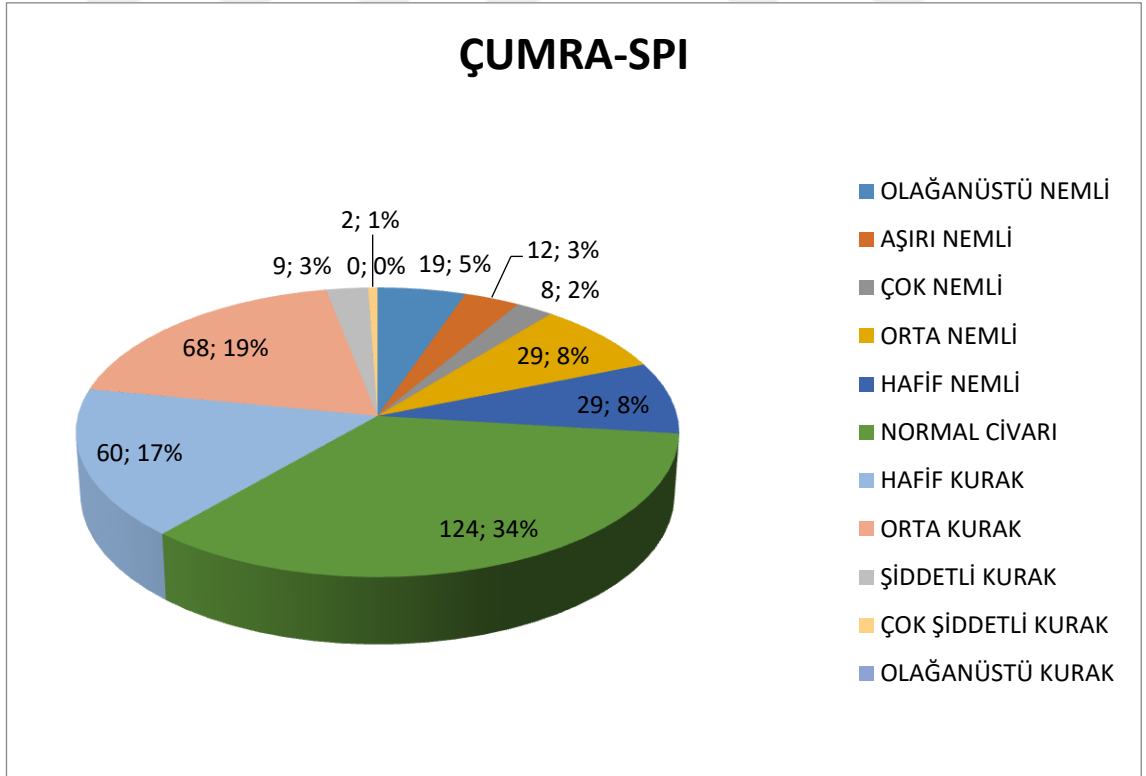
Şekil 5.27. Karaman'ın Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



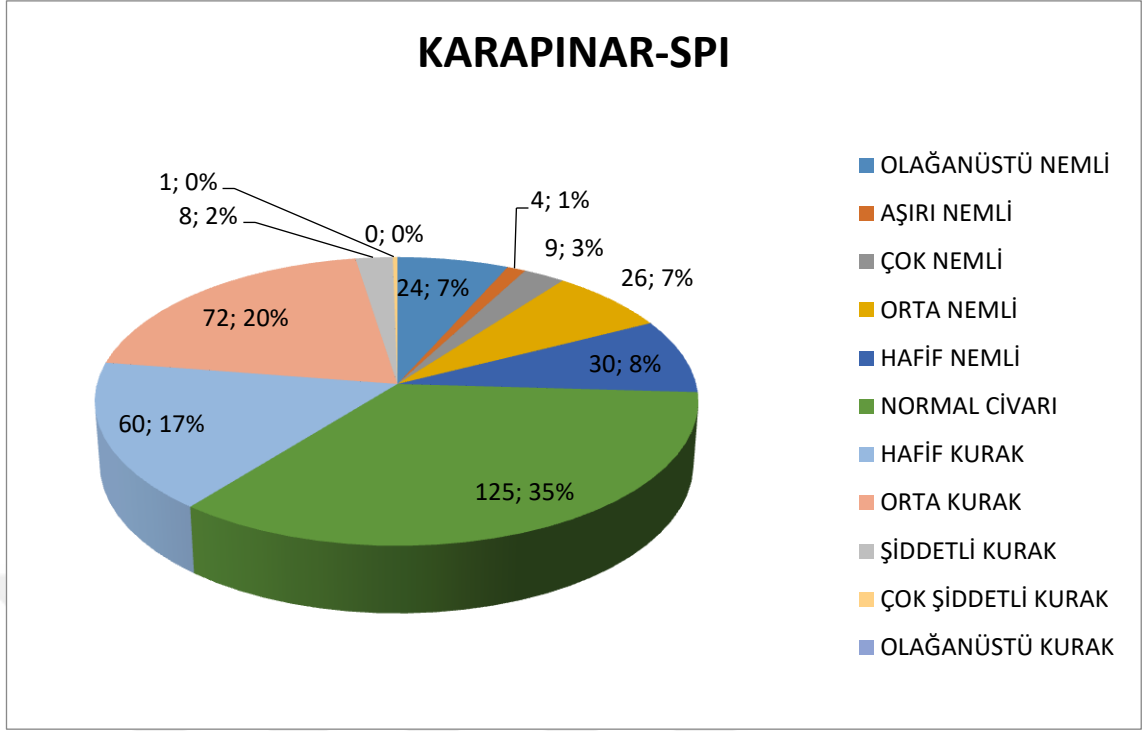
Şekil 5.28. Kulu'nun Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



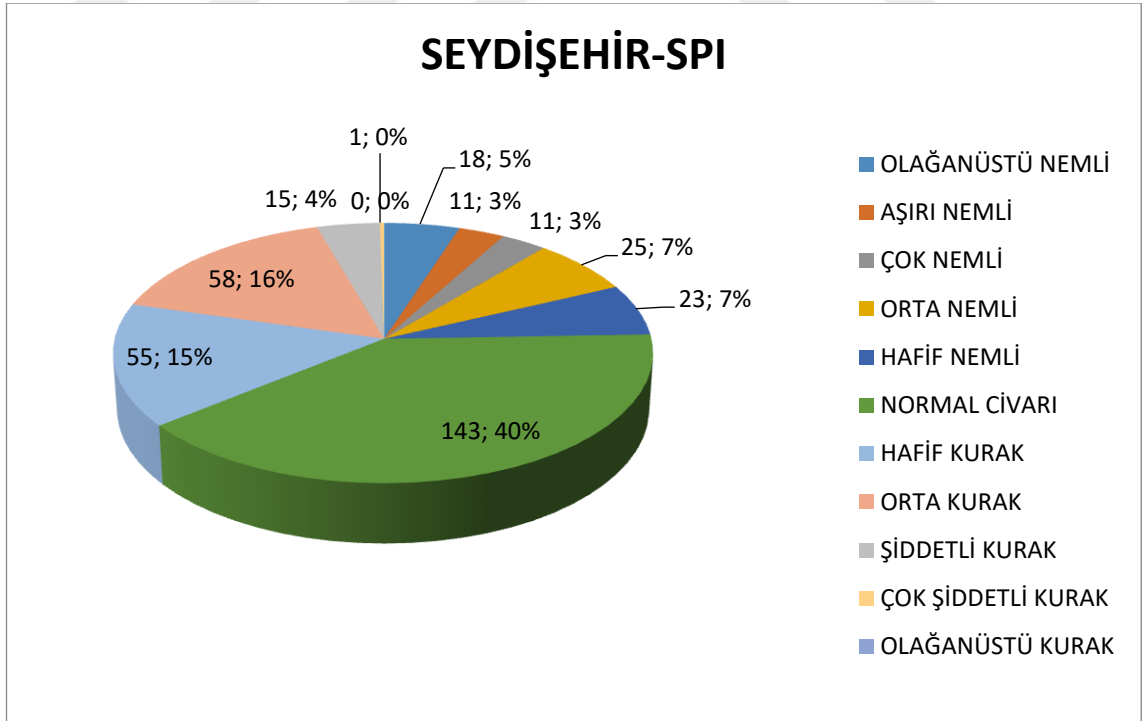
Şekil 5.29. Niğde'nin Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



Şekil 5.30. Çumra'nın Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

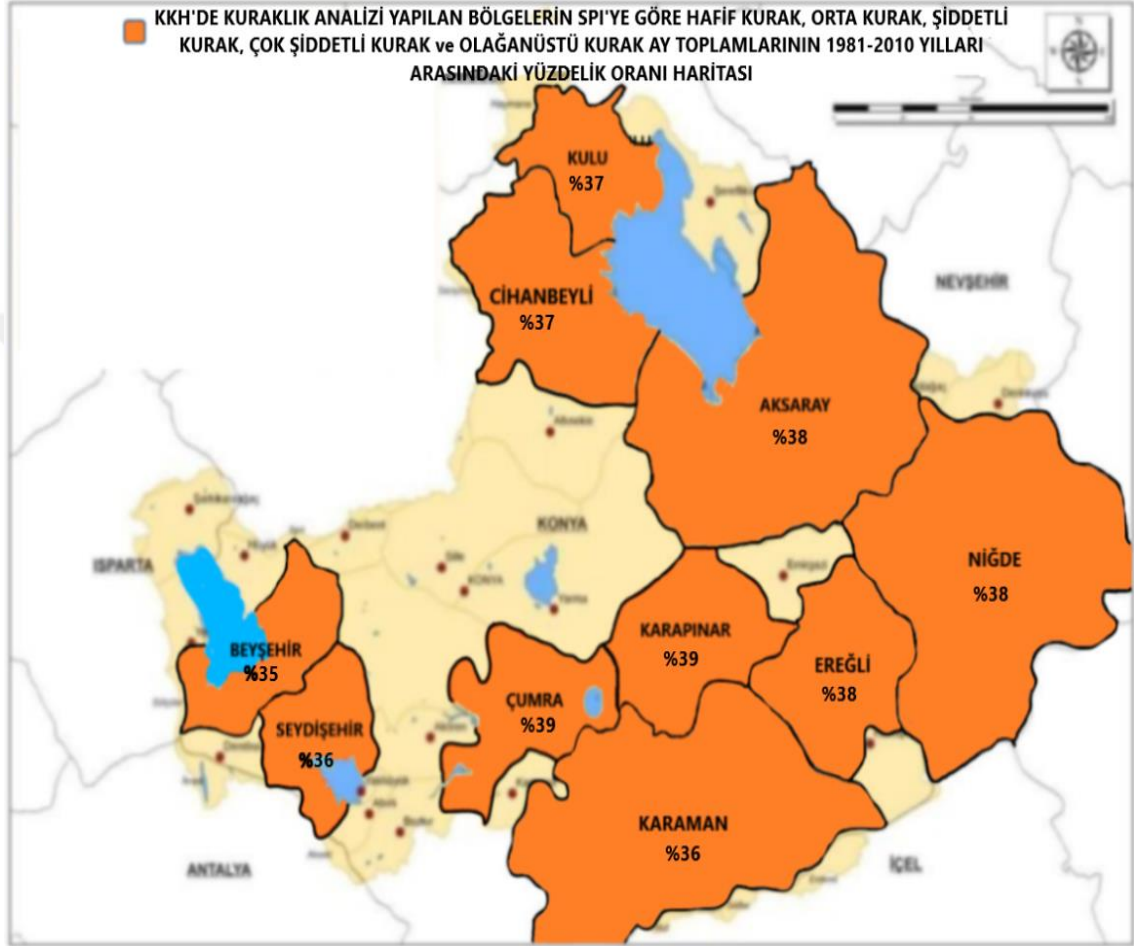


Şekil 5.31. Karapınar'ın Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



Şekil 5.32. Seydişehir'in Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

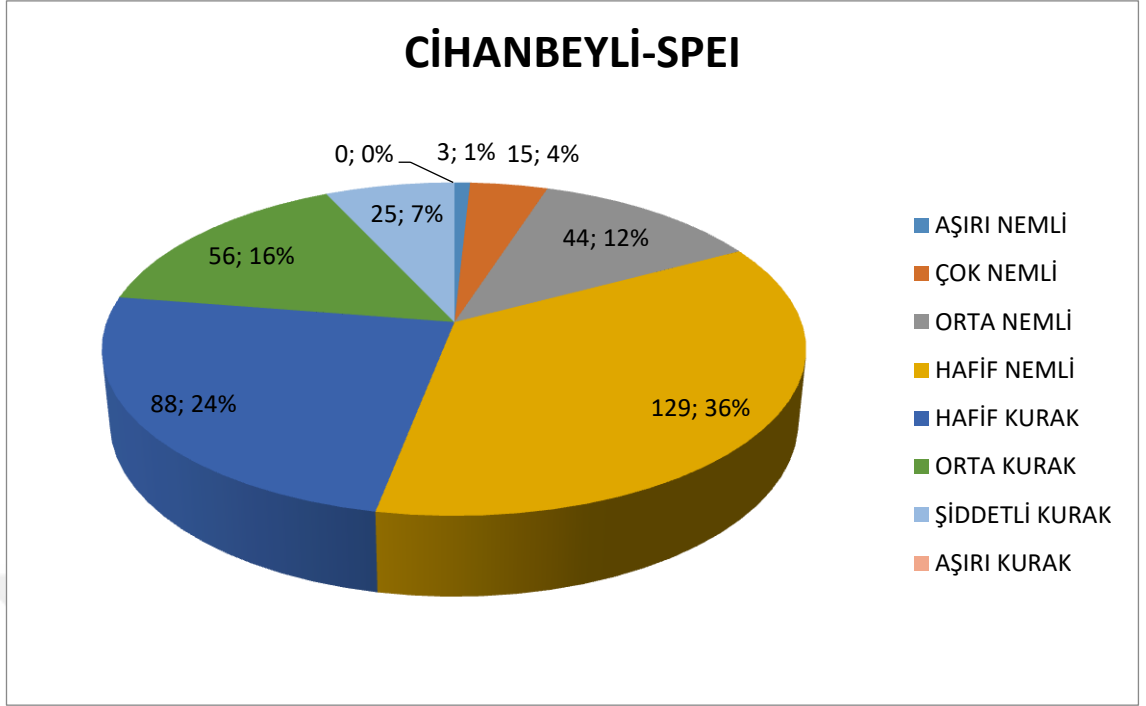
Konya Kapalı Havzası'nda kuraklık analizi yapılan bölgelerin Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre hafif kurak, orta kurak, şiddetli kurak, çok şiddetli kurak ve olağan üstü kurak ay toplamlarının 1981-2010 yılları arasındaki yüzdeleri haritası Şekil 5.33.'te verilmiştir.



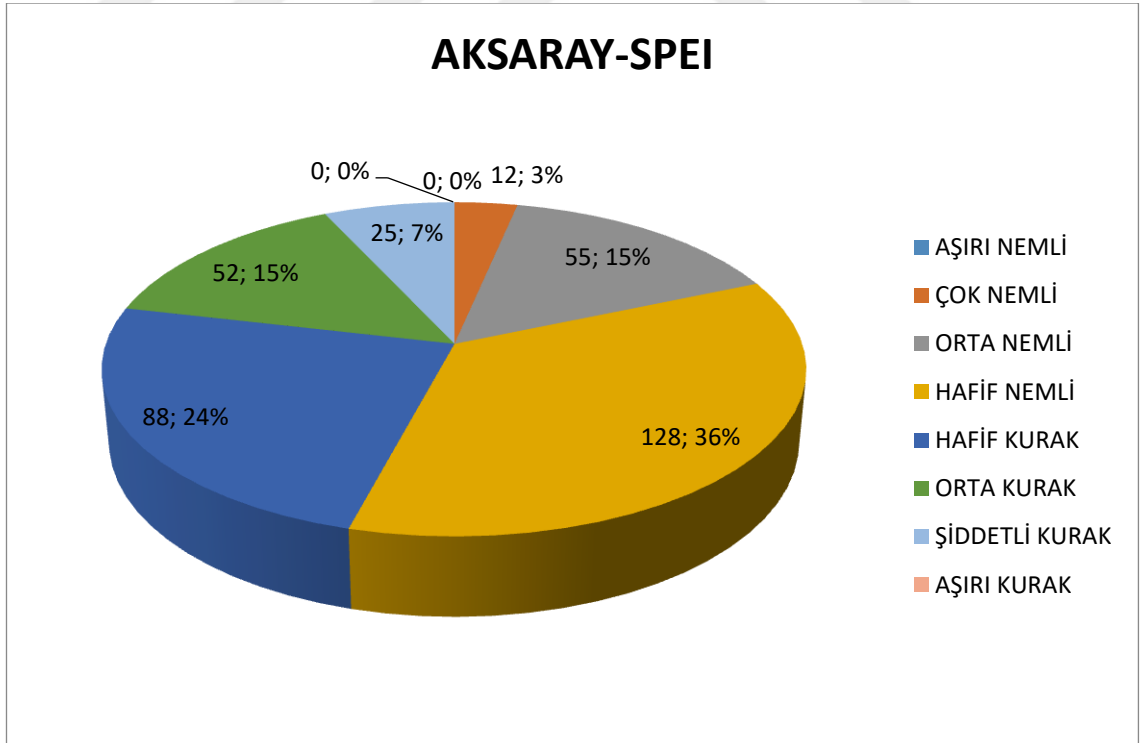
Şekil 5.33. KKH'nın Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre 1981-2010 yılları arasındaki aylık kuraklık yüzdeleri haritası.

5.4. Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi(SPEI) Sonuçları

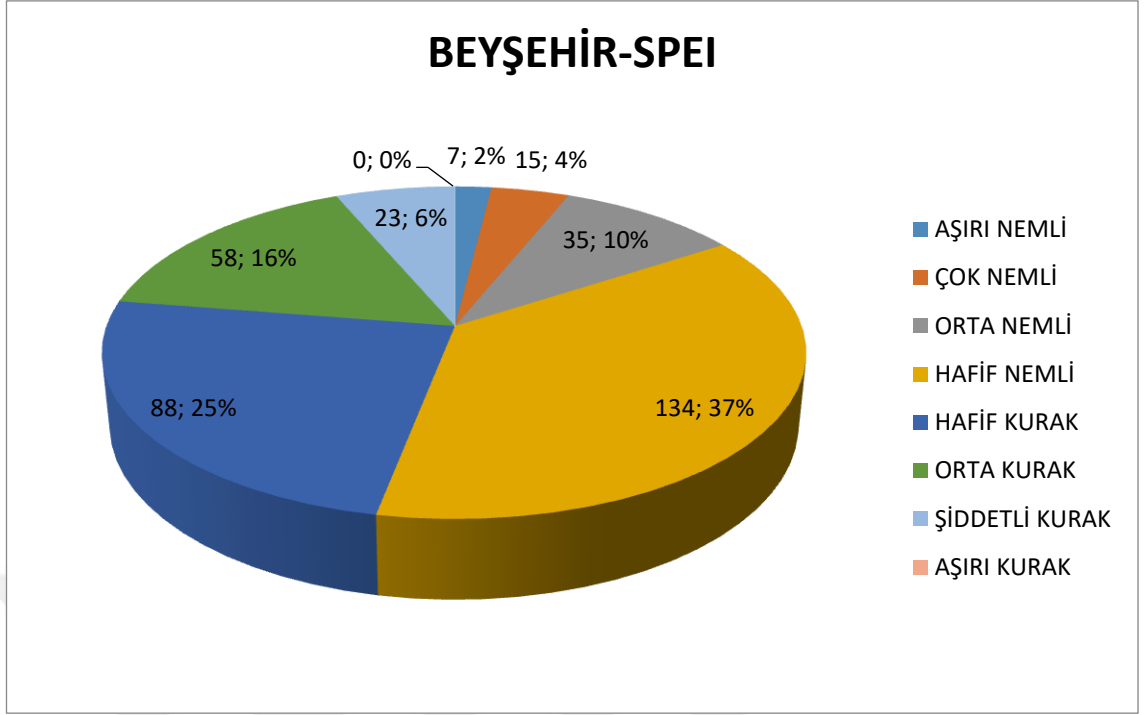
Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi kullanılarak yapılan kuraklık değerlendirmesi sonucunda her bir istasyonun bulunduğu bölgenin kuraklık sınıflandırması ve kuraklık yüzdeleri Şekil 5.34., Şekil 5.35., Şekil 5.36., Şekil 5.37., Şekil 5.38., Şekil 5.39., Şekil 5.40., Şekil 5.41., Şekil 5.42. ve Şekil 5.43.'daki grafiklerde gösterilmiştir.



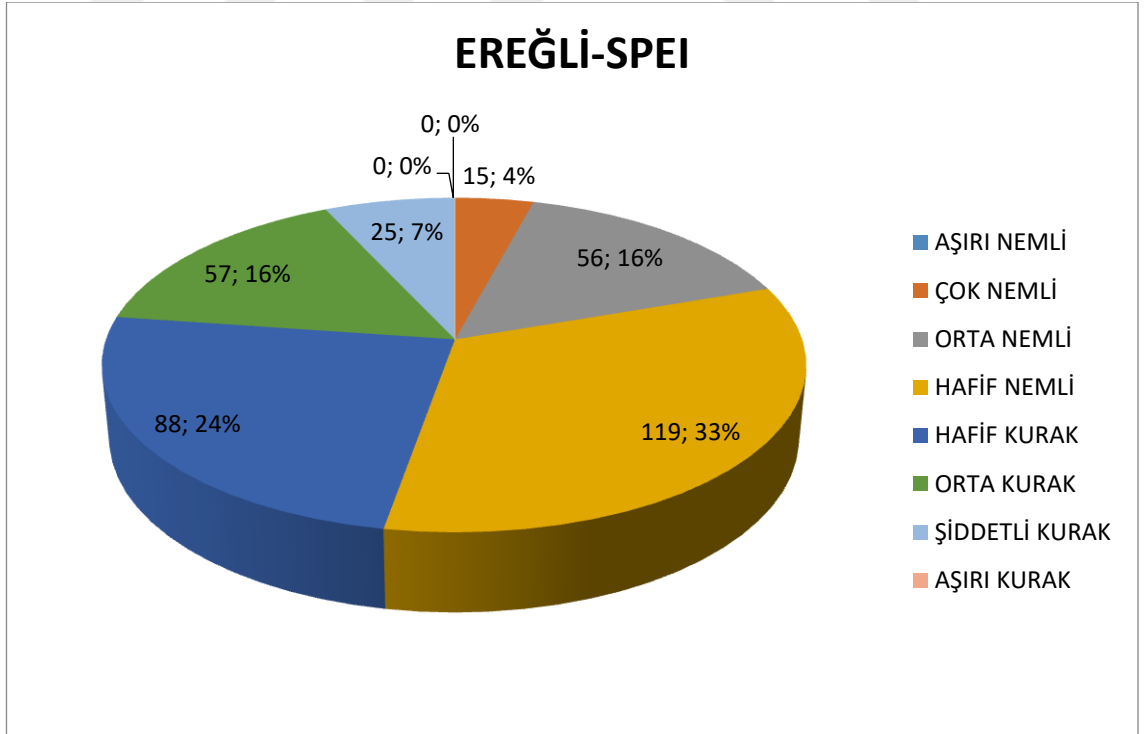
Şekil 5.34. Cihanbeyli'nin Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



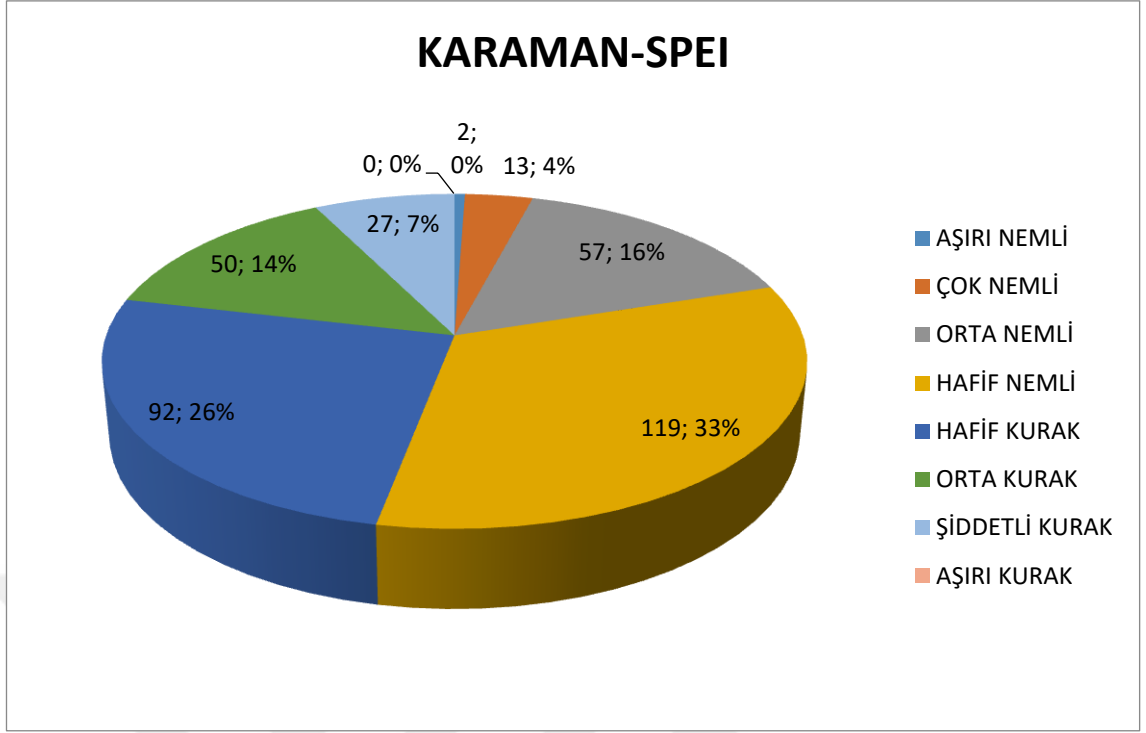
Şekil 5.35. Aksaray'ın Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



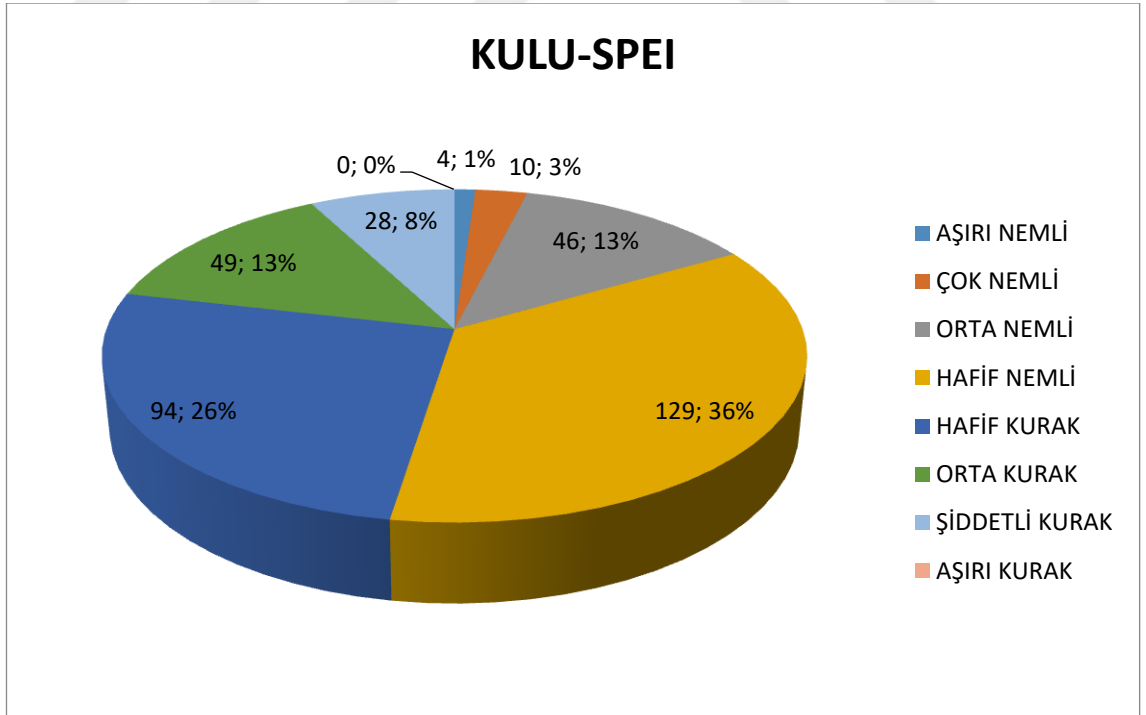
Şekil 5.36. Beyşehir'in Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



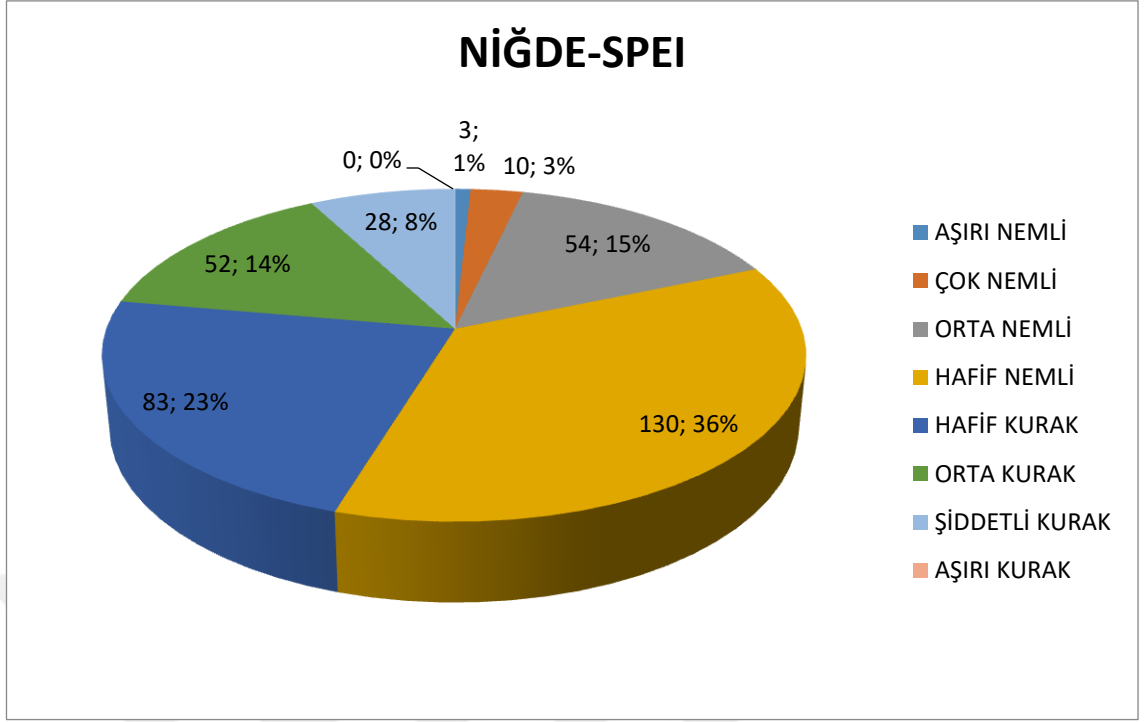
Şekil 5.37. Ereğli'nin Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



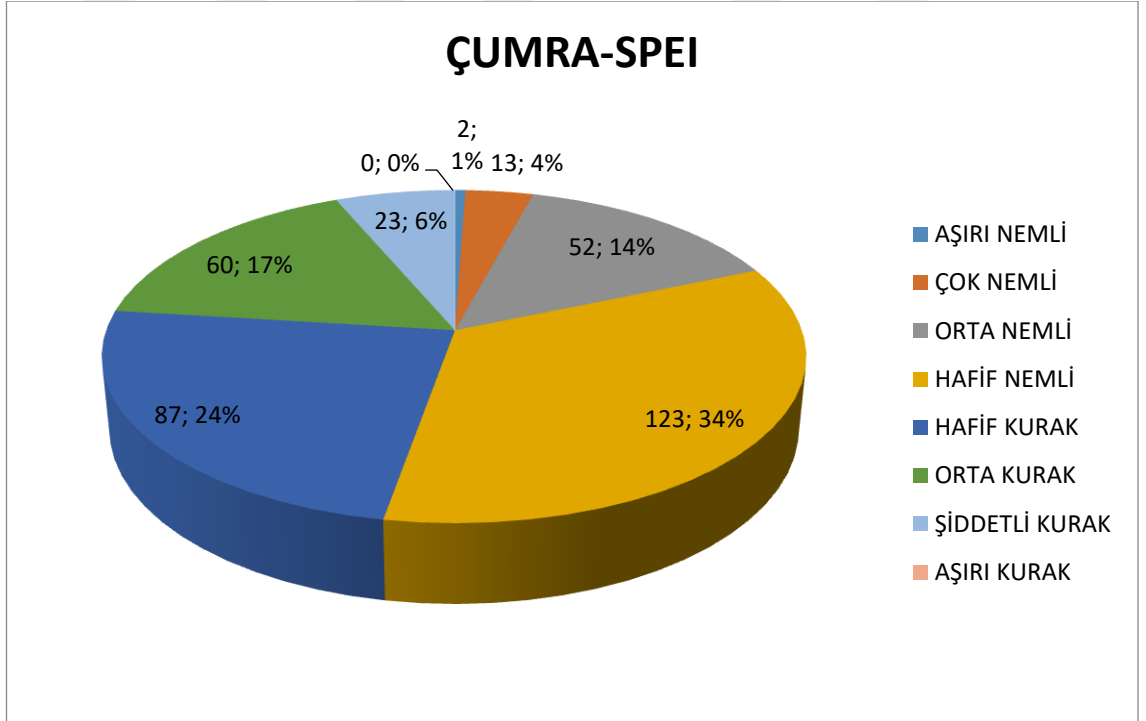
Şekil 5.38. Karaman'ın Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



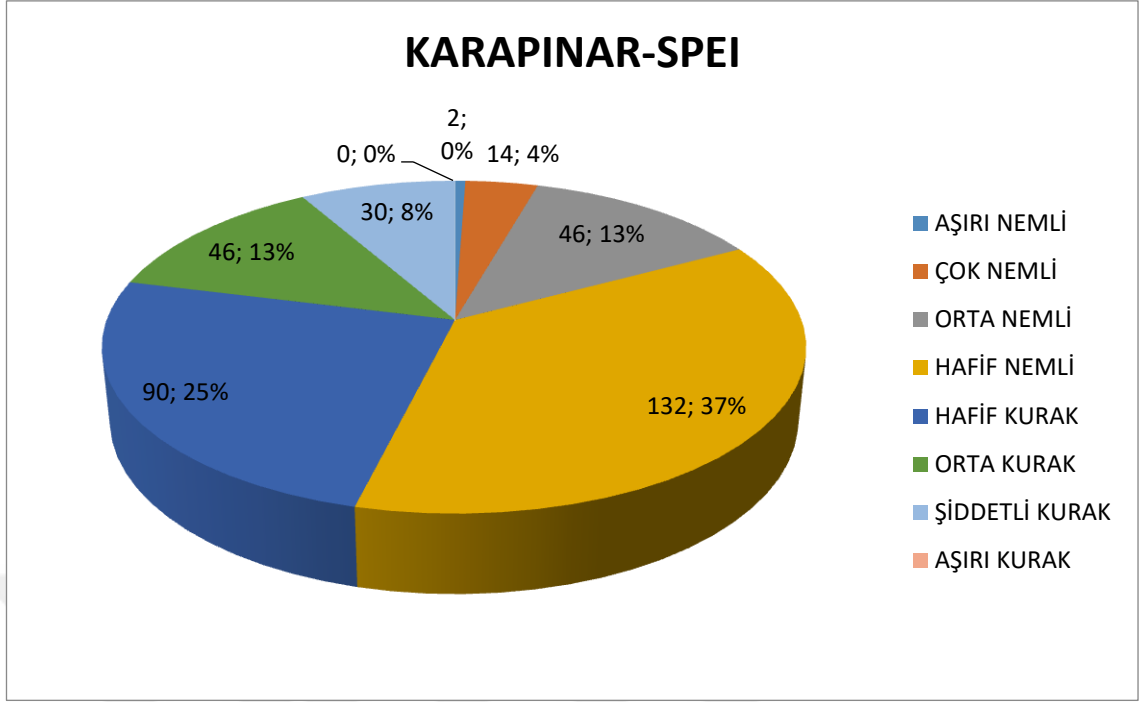
Şekil 5.39. Kulu'nun Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



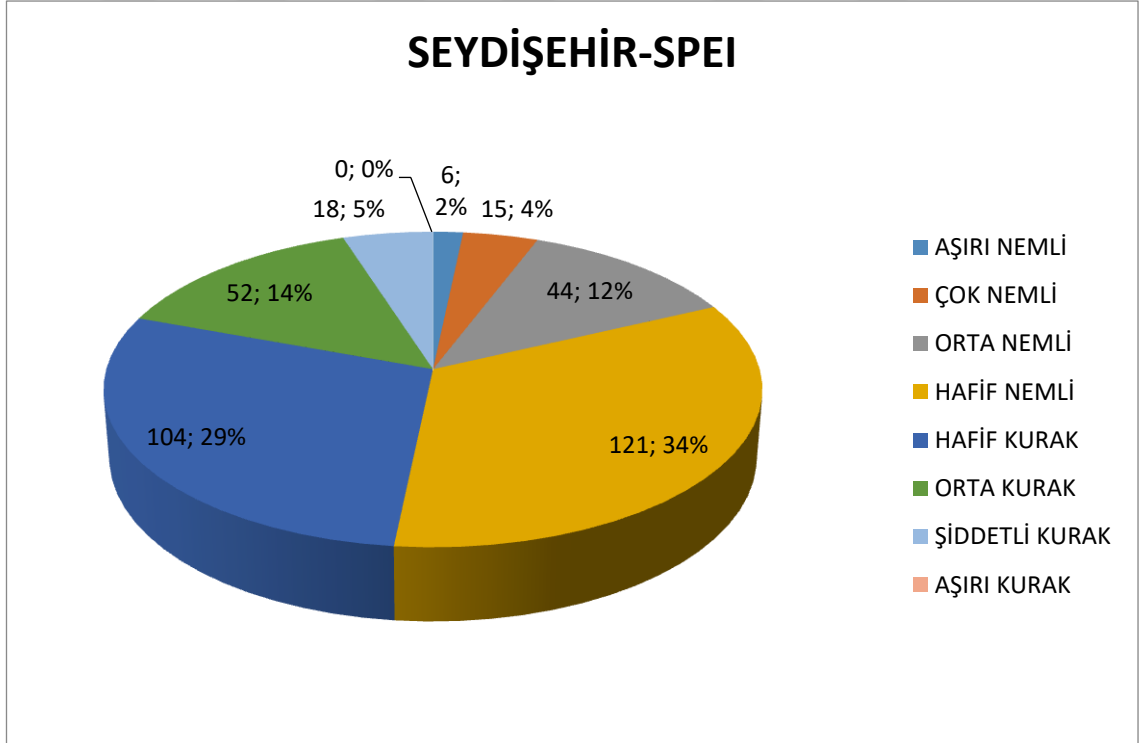
Şekil 5.40. Niğde'nin Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



Şekil 5.41. Çumra'nın Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

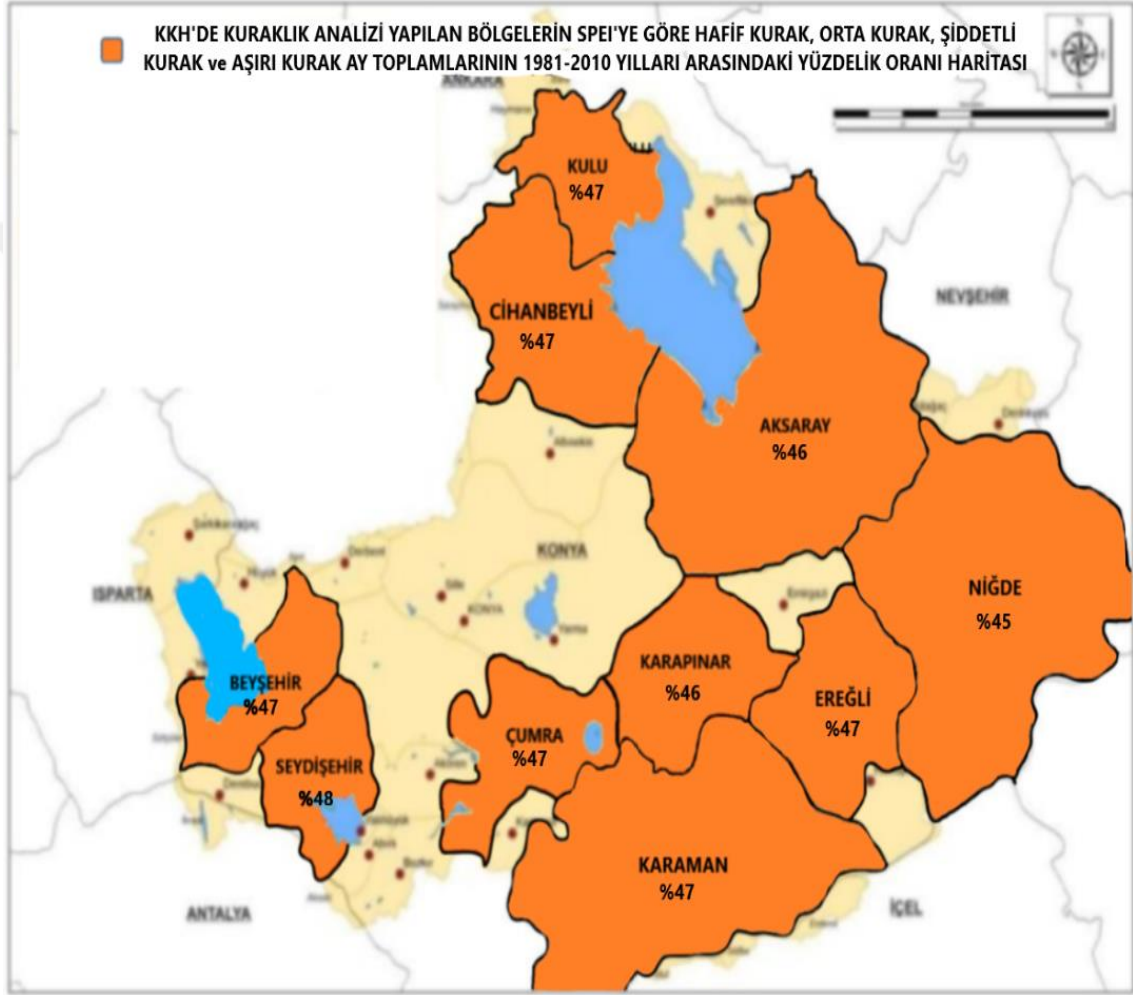


Şekil 5.42. Karapınar'ın Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.



Şekil 5.43. Seydişehir'in Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre kuraklık sınıflandırması.

Konya Kapalı Havzası'nda kuraklık analizi yapılan bölgelerin Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre hafif kurak, orta kurak, şiddetli kurak ve aşırı kurak ay toplamlarının 1981-2010 yılları arasındaki yüzdeleri haritası Şekil 5.44.'te verilmiştir.



Şekil 5.44. KKH'nın Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi'ne göre 1981-2010 yılları arasındaki aylık kuraklık yüzdeleri haritası.

5.5. Faktör Analizi Sonuçları

Tablo 5.1. İndislerin kategorilerinin betimsel istatistikleri.

			Ortalama	Ss	Medyan
ARİDİTE SINIFI	Aşırı nemli	ARİDİTE	3,53	1,06	3,35
	Kurak ve yarı kurak	ARİDİTE	0,15	0,14	0,10
	Kurakça-yarı nemli	ARİDİTE	0,57	0,04	0,56
	Nemli ve çok nemli	ARİDİTE	1,42	0,28	1,39
	Nemlice-yarı nemli	ARİDİTE	0,72	0,05	0,73
	Yarı nemli	ARİDİTE	0,89	0,06	0,89
PNI SINIFI	Hafif kurak	PNI	69,74	2,91	69,41
	Normal	PNI	140,53	55,99	125,09
	Orta kurak	PNI	59,75	2,92	59,54
	Şiddetli kurak	PNI	26,70	17,01	26,75
SPI SINIFI	Aşırı nemli	SPI	1,79	0,13	1,81
	Çok nemli	SPI	1,44	0,08	1,45
	Çok şiddetli kurak	SPI	-1,68	0,07	-1,66
	Hafif kurak	SPI	-,66	0,09	-0,67
	Hafif nemli	SPI	,64	0,08	0,62
	Normal	SPI	-,07	0,28	-0,13
	Olağanüstü kurak	SPI	-2,10	0,0	-2,10
	Olağanüstü nemli	SPI	2,41	0,29	2,33
	Orta kurak	SPI	-1,00	0,14	-0,98
	Orta nemli	SPI	1,05	0,15	1,05
	Şiddetli kurak	SPI	-1,43	0,08	-1,42
	SPEI SINIFI	Aşırı nemli	SPEI	-0,27	0,90
Çok nemli		SPEI	1,61	0,12	1,56
Hafif kurak		SPEI	-0,55	0,30	-0,57
Hafif nemli		SPEI	0,49	0,27	0,50
Orta kurak		SPEI	-1,29	0,15	-1,32
Orta nemli		SPEI	1,20	0,14	1,19
Şiddetli kurak		SPEI	-1,61	0,08	-1,60

Tablo 5.2. KMO ve Bartlett değerleri.

KMO		0,528
Bartlett Testi	X^2	10381,781
	Sd	6
	P	0,000

Yapılan Faktör Analizi'nde KMO değeri 0,807 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değere göre örneklem sayısının faktör analizi için uygun olduğuna karar verilmiştir(KMO>0,500). Bartlett testi sonucunda X^2 değeri 2220,024 olarak hesaplanmış ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu kanısına varılmıştır(p<0,05). Buna göre normal dağılım koşulu sağlanmıştır. KMO ve Bartlett testi sonucuna göre verilerin Faktör Analizi için uygun olduğuna karar verilmiştir.

İndislerden tek bir indis hesaplanabilmesi için temel bileşenler analizine göre bir faktör altında toplanmalıdır. Faktör analizi sonucunda indislerin tek faktör altında toplanabildiği görülmüştür ancak güvenilirlik katsayısı hesaplandığında değerin 0,058 olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.3. İndis silindiğinde Cronbach'ın Alpha Katsayısı İndisi.

İndis	İndis silindiğinde Cronbach'ın Alpha katsayısı
ARİDİTE	0,049
PNI	0,711
SPI	0,030
SPEI	0,052

Tablo 5.3. incelendiğinde PNI indisinin faktörden çıkarılması sonucu Cronbach'ın Alpha katsayısı 0,320'den 0,821'e çıktığı görülmektedir. Bu nedenle PNI indisi faktörden çıkarılarak analiz yeniden yapılmış sonuçlar Tablo 5.4.'teki gibi bulunmuştur.

Tablo 5.4. Faktör Analizi sonuçları.

İndis	Faktör Yüğü	Açıklanan Varyans Oranı	Cronbach'ın Alpha katsayısı
SPEI	0,910		
ARİDİTE	0,906	65,330	0,711
SPI	0,557		

Tablo 5.4. incelendiğinde SPEI, Aridite ve SPI indislerinin tek bir faktör altında toplandığı belirlenmiştir. Buna göre indislerin ortalamasının alınması ile genel bir indis hesaplanabilir ve kullanılabilir sonucuna ulaşılmıştır.

Faktör analizi sonucunda SPEI, Aridite ve SPI indislerinin aritmetik ortalaması alınarak tez çalışmasında önerilen indisin değişkeni oluşturulmuştur. Tez çalışmasında önerilen indisin kesme değerlerinin belirlenmesi için kategorilerinin oluşturulması için kümeleme analizi yapılmıştır.

5.6. Kümeleme Analizi Sonuçları

Çalışmada indislerin kesme değerlerinin belirlenmesi için k-ortalamalar kümeleme analizi yöntemi ile işlem yapılmıştır. Bu işlemde her bir indis, 5 kümeye (kategoriye) ayrılmıştır. İndislere kümeleme analizi uygulanmasının sebebi, kategorilerin bilimsel yöntemler ile kesme değerlerinin belirlenmesidir.

Tablo 5.5. Tez çalışmasında önerilen indisin kümeler için kesme değerleri ve Anova Testi sonuçları.

	Ortalama	Ss.	Minimum	Maksimum	F	P
Küme 1	1,46	0,23	1,11	1,88		
Küme 2	0,71	0,20	0,39	1,10		
Küme 3	0,05	0,19	-0,25	0,39	11860,336	0,000*
Küme 4	-0,55	0,17	-0,98	-0,25		
Küme 5	2,27	0,30	1,88	3,19		

*p<0,05

Tez çalışmasında önerilen indis ile yapılan kümeleme analizi sonucuna göre kümeler aşağıdaki gibi oluşmuştur:

Küme 4: -0,98 ile -0,25 arasında kalan değerleri,

Küme 3: -0,25 ile 0,39 arasında kalan değerleri,

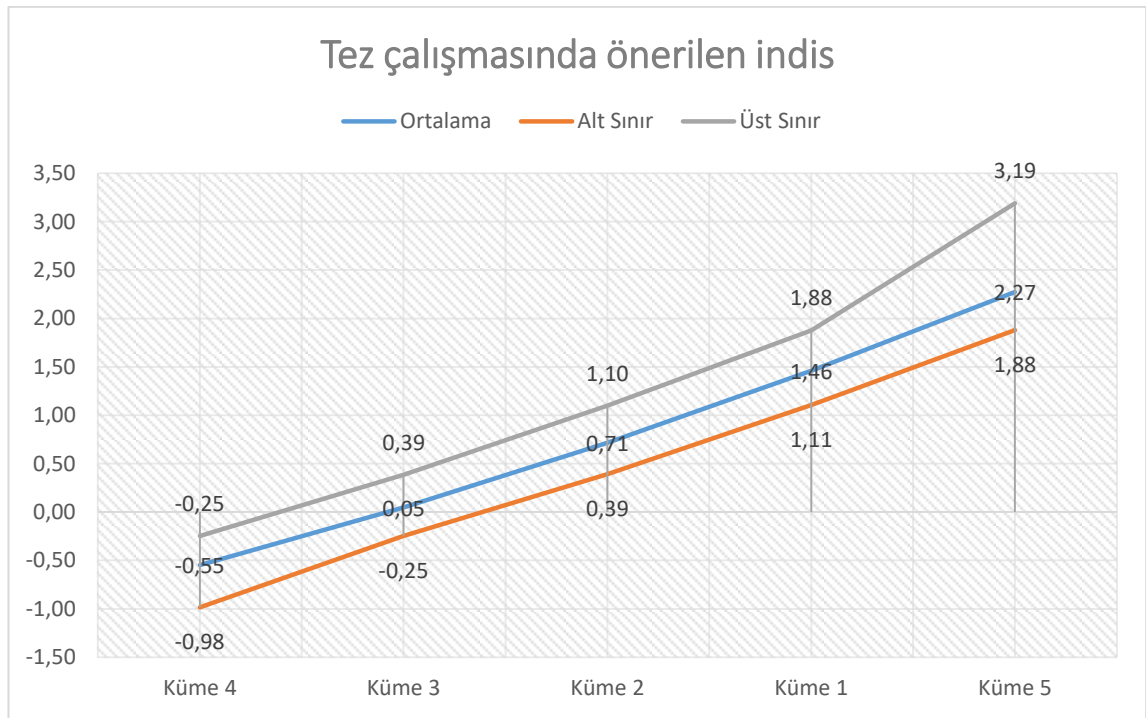
Küme 2: 0,39 ile 1,10 arasında kalan değerleri,

Küme 1: 1,11 ile 1,88 arasında kalan değerleri,

Küme 5: 1,88 ile 3,19 arasında kalan değerleri,

kapsamaktadır.

Kümeleme arasında indis açısından farklılık olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Anova testi sonucuna göre farklı kümelerdeki tez çalışmasında önerilen indislerin arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($F=11860,336$; $p<0,05$). Bu sonuca göre kümeleme analizi sonucuna göre oluşan kesme değerleri, indislerin farklı kategorilere ayrılmasında anlamlı ve etkili sonuç vermiştir.



Şekil 5.45. Tez çalışmasında önerilen indisin değerleri

Tablo 5.6. Tez çalışmasında önerilen indisin oluşan kümeler ile Aridite, SPI ve SPEİ kategorilerinin ilişkisi.

	Küme 1	Küme 2	Küme 3	Küme 4	Küme 5	p Değeri
ARİDİTE SINIFI	Aşırı nemli	196	115	1	0	141
	Kurak ve yarı kurak	0	29	431	1144	0
	Kurakça-yarı nemli	0	16	137	0	0
	Nemli ve çok nemli	68	214	57	0	0
	Nemlice-yarı nemli	1	37	77	0	0
	Yarı nemli	1	65	67	0	0
SPI SINIFI	Aşırı nemli	22	19	6	0	20
	Çok nemli	13	30	19	0	18
	Çok şiddetli kurak	0	0	3	10	0
	Hafif kurak	25	51	106	335	3
	Hafif nemli	22	47	71	18	8
	Normal	105	198	362	337	36
	Olağanüstü kurak	0	0	0	1	0
	Olağanüstü nemli	26	20	1	0	23
	Orta kurak	9	53	108	377	0
	Orta nemli	42	53	75	0	33
	Şiddetli kurak	2	5	19	66	0
	SPEİ SINIFI	Aşırı nemli	28	55	79	116
Çok nemli		0	0	0	0	21
Hafif kurak		2	50	350	387	0
Hafif nemli		179	369	263	38	26
Orta kurak		0	2	75	377	0
Orta nemli		57	0	0	0	82
Şiddetli kurak		0	0	3	226	0

*p<0,05

Tez çalışmasında önerilen indis ile yapılan kümeleme analizi sonucunda oluşan kümelerin ARİDİTE, SPI ve SPEİ kategorileri ile olan ilişkisi Tablo 5.6.'da verilmiştir.

Tablo 5.7. Tez çalışmasında önerilen indise göre kuraklık sınıflandırması.

YENİ İNDİS SINIF ARALIKLARI	SINIF AÇIKLAMASI
>2,27	Olağanüstü Nemli
1,46-2,27	Aşırı Nemli
0,70-1,46	Nemli
0,05-0,70	Norman veya Hafif Nemli
(-0,55)-0,05	Kurak
<(-0,55)	Aşırı Kurak

Analiz sonucuna göre tez çalışmasında önerilen indisten küme 1 çoğunlukla Aridite'de aşırı nemli ve nemli ve çok nemli kategorisi ile eşleştiği, küme 2'nin aşırı nemli ve nemli ve çok nemli ile, küme 3'ün kurak ve yarı kurak ve kurakça-yarı nemli ile, küme 4'ün kurak ve yarı kurak ile, küme 5'in aşırı nemli ile eşleştiği görülmüştür. Ki kare testi sonucuna göre yeni kümeler ile Aridite kategori arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur($p<0,05$).

Tez çalışmasında önerilen indisten küme 1'in çoğunlukla SPI'de normal ve orta nemli kategorileri ile, küme 2'nin normal, orta kurak ve orta nemli kategorileri ile, küme 3'ün normal, orta kurak ve hafif kurak ile küme 4'ün orta kurak, normal ve hafif kurak ile, küme 5'in normal ve orta nemli kategorileri ile eşleştiği görülmüştür. Ki kare testi sonucuna göre yeni kümeler ile SPI kategori arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur($p<0,05$).

Tez çalışmasında önerilen indisten küme 1'in çoğunlukla SPEİ'de hafif nemli ve orta nemli kategorileri ile küme 2'nin hafif nemli, aşırı nemli kategorileri ile, küme 3'ün hafif nemli ve hafif kurak ile, küme 4'ün hafif kurak ve orta kurak kategorileri ile, küme 5'in orta nemli ve hafif nemli kategorileri eşleştiği görülmüştür. Ki kare testi sonucuna göre yeni kümeler ile SPEİ kategori arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur($p<0,05$).

Cihanbeyli, Karapınar, Çumra, Seydişehir, Kulu, Ereğli, Niğde, Karaman, Beyşehir ve Aksaray bölgelerinin, kurak bir yıl olarak tanımlanan 2008 yılının haziran ve eylül

aylarında oluşan tez çalışmasında önerilen indisin kuraklık sınıflarına göre, kuraklık değerlendirmesinin Konya Kapalı Havzası haritası üzerindeki gösterimi Şekil 5.46. ve 5.47.'te verilmiştir.



Şekil 5.46. Tez çalışmasında önerilen indisin kuraklık sınıflarına göre, KKH'nın Haziran 2008 kuraklık analizi haritası.



Şekil 5.47. Tez çalışmasında önerilen indisin kuraklık sınıflarına göre, KKH'nın Eylül 2008 kuraklık analizi haritası.

6. SONUÇLAR

Konya Kapalı Havzası'ndaki Cihanbeyli, Karapınar, Çumra, Seydişehir, Kulu, Ereğli, Niğde, Karaman, Beyşehir ve Aksaray bölgelerin kuraklığının izlenmesi ve bu çalışma sonucunda çıkan veriler kullanılarak SPI, PNI, Aridite ve SPEI indislerinin tek bir indis haline getirmek amacıyla yapılan istatistiksel analizler ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

SPI ve SPEI kuraklık hesaplama yöntemleriyle geçmiş kuraklık özelliklerin belirlenmesi ve bulunan sonuçlar kapsamlı ve büyük ölçekli bir Kuraklık Yönetim Planı etrafında farklı kullanıcılara ve karar vericilere geleceğe dair planlamaları bakımından bayağı faydalı olacaktır. Aridite İndisi ile kuraklık analizi yapılırken, evapotranspirasyon hesabında kış aylarında 0 °C'nin altındaki sıcaklık değerleri 0 °C olarak kabul edilerek hesaplar yapıldığı için, bu aylarda çok uç kuraklık değerlerine ulaşılmıştır.

Aridite İndisi yöntemi ile yapılan aylık kuraklık analizi sonucu, 1981 ile 2010 yılları arasında kurak ve nemli aylar kıyaslandığında, Cihanbeyli %51, Karapınar %54, Çumra %52, Seydişehir %43, Kulu %47, Ereğli %53, Niğde %49, Karaman %53, Beyşehir %45 ve Aksaray %50 oranlarında kurak veya kurağa yakın ay olarak tanımlanmıştır.

Normalin Yüzdesi İndisi yöntemi ile yapılan aylık kuraklık analizi sonucu, 1981 ile 2010 yılları arasında kurak ve nemli aylar kıyaslandığında, Cihanbeyli %46, Karapınar %45, Çumra %44, Seydişehir %43, Kulu %44, Ereğli %43, Niğde %45, Karaman %42, Beyşehir %43 ve Aksaray %47 oranlarında kurak veya kurağa yakın ay olarak tanımlanmıştır.

Standartlaştırılmış Yağış İndisi yöntemi ile yapılan aylık kuraklık analizi sonucu, 1981 ile 2010 yılları arasında kurak ve nemli aylar kıyaslandığında, Cihanbeyli %37, Karapınar %39, Çumra %39, Seydişehir %36, Kulu %37, Ereğli %38, Niğde %38, Karaman %36, Beyşehir %35 ve Aksaray %38 oranlarında kurak veya kurağa yakın ay olarak tanımlanmıştır.

Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndisi yöntemi ile yapılan aylık kuraklık analizi sonucu, 1981 ile 2010 yılları arasında kurak ve nemli aylar kıyaslandığında, Cihanbeyli %47, Karapınar %46, Çumra %47, Seydişehir %48, Kulu %47, Ereğli %47, Niğde %45, Karaman %47, Beyşehir %47 ve Aksaray %46 oranlarında kurak veya kurağa yakın ay olarak tanımlanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda SPI, PNI, AI ve SPEI indisleri karşılaştırıldığında ise tüm dönemler için kuraklık durumunun genel olarak normal ve normale yakın sınıflarda olduğu gözlemlenmiştir.

SPI, PNI, SPEI ve Aridite indislerini tek bir indis olarak hesaplamak amacıyla, bu indislerin hesap sonuçlarıyla Faktör Analizi yapıldığında indislerin tek faktör altında toplanabildiği görülmüştür ancak güvenilirlik katsayısı hesaplandığında değerin 0,058 olduğu belirlenmiştir. Cronbach'ın Alpha katsayısı tablosu incelendiğinde, PNI indisinin faktörden çıkarılması sonucu Cronbach'ın Alpha katsayısının 0,320'den 0,821'e çıktığı görülmüştür. Bundan dolayı PNI faktörden çıkarılarak yapılan yeni analiz sonucu incelendiğinde SPEI, Aridite ve SPI indislerinin tek bir faktör altında toplandığı sonucuna varılmıştır. Buna göre indislerin ortalamasının alınması ile genel bir indis hesaplanabilir ve kullanılabilir sonucuna ulaşılmıştır. Faktör Analizi sonucunda SPEI, Aridite ve SPI indislerinin aritmetik ortalaması alınarak tez çalışmasında önerilen indis değişkeni oluşturulmuştur.

Çalışmada indislerin kesme değerlerinin belirlenmesi için k-ortalamlar Kümeleme Analizi yöntemi ile işlem yapılmıştır. Kümeler arasında indis açısından farklılık olup olmadığının tespit edilmesi için yapılan Anova testi sonucuna göre farklı kümelerdeki tez çalışmasında önerilen indislerin arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($F=11860,336$; $p<0,05$). Kümeleme analizi sonucuna göre oluşan kesme değerleri, indislerin farklı kategorilere ayrılmasında anlamlı ve etkili sonuç vermiştir. Bu analizler sonucunda SPI, SPEI ve Aridite indislerinin kuraklık analizi için güvenilir ve doğru sonuçlar veren indisler olduğu saptanmış olup, PNI indisinin çok güvenilir sonuçlar vermeyebileceği kanısına varılmıştır.

Tez çalışmasında önerilen indisin sınıflarına göre kuraklık analizini yaptığımız bölgelerin 1981 ile 2010 yılları arasındaki kuraklık durumu bu çalışmada değerlendirilmiş ve tez çalışmasında önerilen indis kullanılarak 2011 ile 2019 yılları arasındaki kuraklık analizinin de daha sonra yapılabileceği önerilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akçay, S., Ul, M.A. ve Gürgülü, H. (2007) “Aydın Yöresinde Sulama Yönünden Kuraklık Analizi”, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derisi.*, 44(1), 137-147.
- Alley, W.M. (1984) “The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions”, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, (23), 1100-1109.
- Anonim (1999) “Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler ve Meteorolojik Önlemler”, *Meteoroloji Mühendisleri Odası, Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler Raporu*, Ankara.
- Bacanlı, Ü.G. and Akşan, G.N. (2019) “Drought analysis in Mediterranean Region”, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 25(6), 665-671.
- Çamalan, G., Akgündüz, S., Ayvaci, H., Çetin, S. ve Arabacı H.,Çoşkun M. (2017). “SPEI indisine göre Türkiye Geneli kuraklık değişim ve eğilim projeksiyonları”, *IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi (TİKDEK)*, İstanbul.
- Çelik, M.A., Kopar, İ. ve Bayram, H. (2018) “Doğu Anadolu Bölgesi’nin Mevsimlik Kuraklık Analizi”, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(3), 1741-1761.
- Dave, V., Pandya, M. and Ghosh, R. (2019) “Identification of Desertification Hot Spot Using Aridity Index”, *Annals of Arid Zone*, 58(1&2): 39-44.
- Doğdu, M.Ş., Toklu, M.M. ve Sağnak, C. (2007) “Konya Kapalı Havzası’nda yağış ve yer altı suyu seviye değerlerinin irdelenmesi”, *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi - TİKDEK*, İTÜ, İstanbul, 394-401.
- Doğdu, M.Ş., Toklu, M.M., ve Sağnak, C. (2007) “Konya Kapalı Havzası’nda yağış ve yeraltı suyu seviyelerinin irdelenmesi”, *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi*, İstanbul.
- Durduran, S.S. (2010) “Coastline change assessment on water reservoirs located in the Konya Basin Area, Turkey, using multitemporal landsat imagery”, *Environmental Monitoring and Assessment*, 164, 453-461.
- Erinç, E., (1957) “Tatbiki Klimatoloji ve Türkiye İklimi” *İ.T.Ü Hidrojeoloji Enstitüsü*, İstanbul.

- Fiorillo, F. and Guadagno, M.F. (2010) “Karst Spring Discharges Analysis in Relation to Drought Periods, Using the SPI”, *Water Resour Manage*, 24, 1867–1884.
- Greve, P., Roderick, M.L., Ukkola, A.M. and Wada, Y. (2019) “The Aridity Index Under Global Warming”, *Environmental Research Letters*, 14(12)
- Gümüş, V., Yıldız, M.S. ve Şimşek, O. (2018) “Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi: Murat Nehri-Palu Örneği”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3), 297-301.
- Güner Bacanlı, Ü. ve Akşan, G.N. (2019) “Akdeniz Bölgesinde Kuraklık Analizi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(6), 665-671.
- Güner, Ü. (1996) “Büyük Menderes Havzası Kuraklık Çözümlemesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.(Tez- sayfa ekle)
- Hansen, P. and Jaumard, B. (1997) “Mathematical Programming”. <https://doi.org/10.1007/BF02614317> Son erişim tarihi: 01.01.2020.
- Hayes, M.J., Svoboda, M.D, Wihite, D.A. and Vanyarkho, O.V. (1999) “Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index”, *National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska*, DOI:10.1175/1520-0477(1999)080<0429:MTDUTS>2.0.CO;2.
- Hınıs, M.A. (2013) “Bütünleşik Kuraklık İndisi ile Aksaray’da Hidrometeorolojik Kuraklık Anazlizi”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 28(4), 711-721.
- Hınıs, M.A. (2013) “Bütünleşik Kuraklık İndeksi ile Aksaray’da hidrometeorolojik kuraklık analizi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(4), 711-721.
- Hong, X., Guo, S., Zhou, Y. and Xiong, L. (2014) “Uncertainties in assessing hydrological drought using streamflow drought index for the upper Yangtze River basin”, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 29(4), 1235-1247.
- İlgar, R. (2010) “Çanakkale’de Kuraklık Durumu ve Eğilimlerinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi ile Belirlenmesi”, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 22, 183–204.

- Jeong, J. (2004) “Analysis of The Factors And The Roles of Hrd in Organizational Learning Styles As Identified By Key Informants At Selected Corporations in The Republic of Korea”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, *Amerika: Texas A&M University. Major Subject: Educational Human Resource Development*, Texas,70.
- Labeledzki, L. (2007) “Estimation of Local Drought Frequency in Central Poland Using the Standardized Precipitation Index”, *Irrigation and Drainage Irrig. And Drain*, 56, 67–77.
- Lee, T., Modarres, R. and Ouarda, T. B. M. J. (2013) “Data-based analysis of bivariate copula tail dependence for drought duration and severity”, *Hydrological Processes*, 27, 1454–1463.
- McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1993) “The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales”, *Preprints, 8th. Conference on Applied Climatology, CA, 179-184*, Anaheim.
- McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1995) “Drought Monitoring with Multiple Time Scales”, *American Meteorological Society, Proceedings of the 9th. Conference on Applied Climatology, 233-236*, Dallas.
- Mishra A.K. ve Singh V.P. (2010) “A review of drought concepts”, *Journal of Hydrology*, 391,202–216.
- Nalbantis, I. (2008) “Evaluation of a hydrological drought index”, *Europe Water*, 23(24), 67-77.
- Nastos, T.P., Politi, N. and Kapsomenakis, J. (2013) “Spatial Ant Temporal Variability of The Aridity Index in Greece”, *Atmospheric Research*, 119, 140-152.
- Nikbakht, J., Tabari, H. and Talae, P.H. (2013) “Streamflow drought severity analysis by percent of normal index (PNI) in northwest Iran”, *Theoretical and Applied Climatology*, 112, 565–573.
- Nunnally, J. C. (1967) “Psychometric Theory”, *McGraw-Hill, Inc., 1. Baskı*, 248.
- c
Özdamar, K. (1999) “Paket Programlar İle İstatistiksel Veri Analizi(Çok Değişkenli Analizler)”, *Cilt 2, Eskişehir: Kaan Kitabevi*.

- Özgürel, M., Pamuk, G. ve Topçuoğlu, K. (2003) “Ege Bölgesi Koşullarında Farklı İki Kuraklık İndisinin Karşılaştırılması”, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 40(1), 95-102.
- Palmer, W. C. (1965) “Meteorological Drought”, *Weather Bureau Research Paper*, 45, 58.
- Pamuk, G., Özgürel, M. ve Topçuoğlu, K. (2004)) “Standart Yağış İndisi (SPI) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi”, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 41(1), 99-106.
- Raziei, T., Bordi, I. and Pereira, L.S. (2011) “An Application of GPCC and NCEP/NCAR Datasets for Drought Variability Analysis in Iran”, *Water Resour Manage*, 25:1075–1086.
- Sergio, M. Vicente-Serrano, Begueri’a, S., Lopez-Moreno, J.I. (2009) “A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index”, *Journal of Climate*, Volume 23 DOI: 10.1175/2009JCLI2909.1.
- Shiklomanov, I.A. and Rodda, J.C. (2003) “World Water Resources at the Beginning of the 21st Century”, *Cambridge Univ. Pres.*, Cambridge.
- Sırdaş, S. (2002) “Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulamaları”, Doktora Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Son erişim tarihi: 23.12.2019
- Sruthi, S and M.A. Mohammed, Aslam (2015) “Agricultural Drought Analysis Using the NDVI and Land Surface Temperature Data; a Case Study of Raichur District”, *Aquatic Procedia*, 4, 1258-1264.
- Surdaş, S. ve Şen, Z. (2003) “Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması”, *İtü Dergisi/d*, 2(2), 95-103.
- Şahin, C. ve Sipahioğlu, Ş. (2003) “Doğal Afetler ve Türkiye”, *Gündüz Eğitim ve Yayıncılık*, 308-333.
- Şaylan, L, Çaldağ, B., Bakanoğulları, F., **Toros, H.**, Şen, O., Kadioğlu, M., Koçak, K., Avşar, F., Gürbüz, M.A., Yazgan, M., ve Alp, K. (2003) “Trakya bölgesinde kuraklığın, asit yağışları ve yağış rejiminin belirlenmesi projesi”, *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, İTÜ, İstanbul, ISBN.975-561-236-X.

- Şimşek, O. ve Çakmak, B. (2010) “Su Bütçesi Yöntemiyle Buğday Üretimi Risk Analizi”, *1. Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*, Kahramanmaraş, 1, 431-441.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. “Aydeniz İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi”, https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/aydeniz.pdf
- Tatlıdil, H. (1992) “Uygulamalı Çok değişkenli İstatistik”, *H.Ü. Fen Fak. İstatistik Bölümü*.
- UNCCD. (1995) “The United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa”, *Text with Annexes, United Nations Environment Programme (UNEP)*, Geneva.
- UNEP. (1993) “World Atlas of Desertification”, *United Nations Environment Programme (UNEP)*, London.
- Willeke, G., Hosking, J.R.M., Wallis, J.R. and Guttman, N.B. (1994) “The National Drought Atlas”, *Institute for Water Resources Report*.
- Yetmen, H., Aytaç, A.S. ve Özcanlı, M (2017) “Harran Ovası’nın Kuraklık Analizi”, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(46), 132-146.
- Yıldırım, Y.E (2002) “Sulama Açısından Kuraklık Analizi”, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 39(3), 113-120.
- Zelenhasic, E. (2002) “On the Extreme Streamflow Drought Analysis”, *Water Resources Management*, 16, 105–132.

ÖZGEÇMİŞ

Tez sahibi Metin BAYÇINAR 1994 yılında Van'da doğdu. İlk ve ortaokul eğitimini 2008 yılında Van'da, lise eğitimini ise 2012 yılında Ankara'da tamamladı. Lisans eğitimine, 2012 yılında Erzincan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne başladı ve 2016 yılında mezun oldu. Yüksek lisans eğitimine, 2017 yılında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladı ve 2020 yılında mezun oldu.

