

T.C
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜMELEME VE ANOVA (VARYANS) YÖNTEMLERİ İLE
ERZİNCAN GÜMÜŞHANE VE BAYBURT İLLERİNİN
KURAKLIK ANALİZİ

Said Mahmood SHİRZADİ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

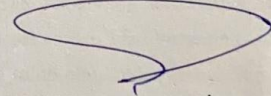
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2020
Her Hakkı Saklıdır.

Bilimsel Etiđi Uygunluk Sayfası

Kümeleme ve Anova (Varyans) Yöntemleri ile Erzincan Gümüşhane ve Bayburt İllerinin Kuraklık Analizi" 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 çalışmada tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğine; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde bana ait olmayan her çeşit veri, düşünce, materyal ve bilginin kaynağının eksiksiz bir biçimde gösterildiğini bildiririm. 08/05/2020



Said Mahmood SHIRZADI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÜMELEME VE ANOVA (VARYANS) YÖNTEMLERİ İLE ERZİNCAN GÜMÜŞHANE VE BAYBURT İLLERİNİN KURAKLIK ANALİZİ

Said Mahmood SHİRZADİ

Erzincan Binali yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

Yağış eksikliği, yüksek buharlaşma ve yağışların uygun olmayan dağılımı ile karakterize edilen kuraklık iklimsel bir anomali ve önemli ekonomik, sosyal, çevresel etkileri olan bir doğa olayıdır. Yeryüzündeki su, hava ve iklim olayları üzerinde büyük etkiye sahip olmasından dolayı kuraklık, araştırmacıların en fazla ilgisini çeken konulardan biri haline gelmiştir. Aynı zamanda dünyanın herhangi bir yerinde, herhangi bir iklim koşulunda, herhangi bir zamanda meydana gelebildiği için su kaynaklarının yönetimi konusunda da büyük önem arz etmektedir. Çünkü su kaynaklarının tasarımı ve gelişimi, su dağıtım ve iletim sistemleri, çeşitli tarımsal sektörler büyük ölçüde kuraklığın nasıl yönetildiğine ve bu doğal afetin üzerinden nasıl gelindiğine bağlıdır. Bu çalışmada da yıkıcı iklim olgusu olan kuraklık konusu ile ilgilenilmiş ve Erzincan, Gümüşhane ve Bayburt illerine ait 38 yıllık yağış ve akış verileri kullanılarak; Standart Yağış İndisi (SPI), Yüzey Akış İndisi (SDI), Keşif Kuraklık İndisi (RDI), Normalin Yüzdesi İndisi (PNI) ve Aridite İndisi (AI) ile kuraklık durumu incelenmiştir. Tüm bu çalışmalarla birlikte kullanılan kuraklık indekslerinin istatistiksel durumunu incelemek amacıyla kümeleme analizi ve Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) yöntemleri kullanarak çalışma sonuçlarının tüm analizlerde anlamlı bulunmuştur.

2020, 80 sayfa

Anahtar Kelimeler: AI, Anova, Kuraklık, Kümeleme, PNI, RDI, SDI, SPI.

ABSTRACT

Master Thesis

DROUGHT ANALYSIS OF ERZINCAN GUMUSHANE AND BAYBURT PROVINCES BY CLUSTERING AND ANOVA (VARIANCE) METHODS

Said Mahmood SHIRZADI

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

Advisor: Asist. Prof. Dr. Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

Drought, characterized by lack of precipitation, high evaporation and improper distribution of precipitation, is a climatic anomaly and a natural phenomenon with significant economic, social and environmental impacts. Drought has become one of the most interesting topics for researchers because of its great impact on water, air and climate events on earth. It is also of great importance in the management of water resources as it can occur anywhere in the world, in any climate, at any time. Because the design and development of water resources, water distribution and transmission systems, various agricultural sectors depend largely on how drought is managed and how this natural disaster is overcome. In this study, it was dealt with the issue of drought which is a destructive climate phenomenon by using 38 years rainfall and flow data of Erzincan, Gümüşhane and Bayburt provinces. Drought status was examined with Standardized Precipitation Index (SPI), Streamflow Drought Index (SDI), Reclamation Drought Index (RDI), Percentage of Normal Index (PNI), Aridity Index (AI) and In order to examine the statistical status of drought indices used with all these studies, cluster analysis and One Way Variance Analysis (ANOVA) methods were found to be significant in all analyzes.

2020, 80 Pages

Keywords: AI, Anova, Cluster, Drought, PNI, RDI, SDI, SPI.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam boyunca ilgi ve yardımını eksik etmeyen, güler yüzü ve destek veren sözleriyle çalışma azmimi artıran saygı değer danışman hocam Sayın. Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca her an yanımda olup yardımlarını esirgemeyen değerli meslek arkadaşım Sabir AKRAMİ ve her zaman beni teşvik eden Rameen KOHİSTANİ, Aqludin KARİMİ arkadaşlarıma da teşekkürlerimi sunarım.

Ve son olarak yüksek lisansım boyunca sevgileriyle, dualarıyla beni her zaman cesaretlendiren, maddi ve manevi beni destekleyen başta sevgili babama ve tüm aileme şükranlarımı sunarım.

Said Mahmood SHİRZADİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Kuraklığın Tanımı	1
1.2 Kuraklığın Etkileri.....	3
1.2.1 Ekonomi Üzerindeki Etkileri	3
1.2.2 Çevre Üzerindeki Etkileri	3
1.2.3 Sosyal Etkileri	4
1.3 Kuraklığın Çeşitleri	4
1.3.1 Hidrolojik Kuraklık.....	4
1.3.2 Meteorolojik Kuraklık.....	5
1.3.3 Tarımsal Kuraklık	6
1.4 Kuraklığın Başlangıcı ve Bitişi	6
1.5 Dönemine Göre Kuraklık	7
1.6 Oluşumuna Göre Kuraklık	7
1.7 Türkiye’de Kuraklık	8
1.8 Kuraklığın Neden Olan Zararlarla Başa Çıkma Yöntemleri	10
1.8.1 Önleme	10
1.8.2 Kayıp	11
1.8.3 Tolerans.....	11
2. LİTERATÜR ÖZETİ	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1 Çalışma Alanı	15
3.2 Kuraklık İndisleri	17

3.2.1	Yağışa bağlı kuraklık indisleri	18
3.2.1.1	Standart yağış indisi (SPI)	18
3.2.1.2	Efektif kuraklık indisi (EDI)	20
3.2.1.3	Palmer hidrolojik kuraklık indisi (PHDI).....	20
3.2.2	Akışa bağlı kuraklık indisleri	23
3.2.2.1	Yüzey akış indisi (SDI)	23
3.2.2.2	Yüzey suyu temini indisi (SWSI).....	24
3.2.2.3	Standart yağış indisi (SRI)	24
3.2.2.4	Baz akım indislerin hesaplanması (BFI)	25
3.2.3	Yeraltı suyuna bağlı kuraklık indisleri.....	26
3.2.3.1	Standartlaştırılmış su seviyesi indisi (SWI)	26
3.2.3.2	Standartlaştırılmış yeraltı suyu indisi (SGI).....	26
3.2.3.3	Yeraltı suyu kaynakları indisi (GRI).....	27
3.2.4	Depolamaya bağlı kuraklık indisleri	27
3.2.4.1	Standartlaştırılmış depolama hacim indisi (SRSI)	27
3.2.4.2	Keşif kuraklık indisi (RDI).....	28
3.2.4.3	Toplam depolama açığı indisi (TSDI).....	29
3.2.5	Meteorolojik kuraklık indisleri	30
3.2.5.1	Normalin yüzdesi indisi (PNI).....	30
3.2.5.2	Ondalıklar indisi (DI)	32
3.2.5.3	Aridite İndisi (AI).....	32
3.2.5.4	Pet potansiyel evapotranspirasyon	34
3.2.5.5	Palmer kuraklık şiddeti indisi (PDSI)	34
3.2.5.6	Aridite anomali (AAI)	35
3.2.5.7	Palmer Z İndisi	36
3.2.5.8	Aydeniz iklim sınıflandırması	37
3.3	İstatistiksel Analizlerin Uygulanması.....	39
3.3.1	Kümeleme analizi.....	39
3.3.1.1	Kümeleme analizinin işlevleri.....	39
3.3.1.2	Kümeleme yöntemleri	40
3.3.1.3	Kümeleme analizinin adımları	40
3.3.2	K - ortalamalar yöntemi	41
3.3.3	Ki - kare analizi.....	42

3.3.4 Varyans analizi (Anova)	42
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	44
4.1 Kuraklık Durumunun İndisler Aracılığıyla Değerlendirilmesi	44
4.1.1 Erzincan'ın 5 indise göre değerlendirilmesi	44
4.1.2 Gümüşhane'nin 5 indise göre değerlendirilmesi	52
4.1.3 Bayburt'un 5 indise göre değerlendirilmesi	60
4.2 İstatistiksel Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	68
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	75
KAYNAKÇA	78
ÖZGEÇMİŞ	81



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Hidrolojik Kuraklık İndislerin Sınıflandırılması	5
Şekil 1.2. Doğal İklim Değişkenliği.....	8
Şekil 1.3. Martonne Kuraklık İndis Haritası	9
Şekil 3.1. Erzincan Genel Haritası	15
Şekil 3.2. Gümüşhane Genel Haritası	16
Şekil 3.3. Bayburt Genel Haritası	16
Şekil 3.4. SPI Meteorolojik Kuraklık Haritası	19
Şekil 3.5. PNI Kuraklık Haritası	31
Şekil 3.6. Ki - Kare Test Aşamaları	42
Şekil 4.1. Erzincan SPI Grafiği	45
Şekil 4.2. Erzincan SPI Yüzdeleri	45
Şekil 4.3. Erzincan Yıllık SDİ Grafiği	46
Şekil 4.4. Erzincan SDI Yüzdeleri	47
Şekil 4.5. Erzincan RDI Grafiği	48
Şekil 4.6. Erzincan RDI Yüzdeleri	48
Şekil 4.7. Erzincan Yıllık PNI Grafiği	49
Şekil 4.8. Erzincan PNI Yüzdeleri	50
Şekil 4.9. Erzincan AI Yıllık Grafiği	51
Şekil 4.10. Erzincan AI Yüzdeleri	52
Şekil 4.11. Gümüşhane Yıllık SPI Grafiği	53
Şekil 4.12. Gümüşhane SPI Yüzdeleri	54
Şekil 4.13. Gümüşhane Yıllık SDI Grafiği	55
Şekil 4.14. Gümüşhane SDI yüzdeleri	55
Şekil 4.15. Gümüşhane yıllık RDI yağış grafiği	56
Şekil 4.16. Gümüşhane RDI Yüzdeleri	57
Şekil 4.17. Gümüşhane Yıllık PNI Grafiği	58
Şekil 4.18. Gümüşhane PNI Yüzdeleri	58
Şekil 4.19. Gümüşhane Yıllık AI Yağış Grafiği	59
Şekil 4.20. Gümüşhane AI Yüzdeleri	60
Şekil 4.21. Bayburt Yıllık SPI Yağış Grafiği	61
Şekil 4.22. Bayburt SPI Yüzdeleri	61

Şekil 4.23. Bayburt Yıllık SDI Grafiği	62
Şekil 4.24. Bayburt SDI Yüzdeleri	63
Şekil 4.25. Bayburt RDI Yıllık Yağış Grafiği.....	64
Şekil 4.26. Bayburt RDI Yüzdeleri	64
Şekil 4.27. Bayburt Yıllık PNI Grafiği.....	65
Şekil 4.28. Bayburt PNI Yüzdeleri	66
Şekil 4.29. Bayburt AI Yıllık Yağış Grafiği	67
Şekil 4.30. Bayburt AI Yüzdeleri.....	67



TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Erzincan, Gümüşhane, Bayburt Hidrolojik Özellikleri	17
Tablo 3.2. En Yaygın Kuraklık İndisleri Sınırlamaları ve Avantajları	17
Tablo 3.3. SPI Sınıflandırması	19
Tablo 3.4. Palmer Yöntemin Hidrolojik Kurak İndis Sınıflama Sistemi	22
Tablo 3.5. SDI Yöntemine Göre Kuraklık Sınıflandırması	23
Tablo 3.6. SRI Değerlerine İlişkin Sınıflandırma	25
Tablo 3.7. RDI Kuraklık Keşif İndisine Göre Kuraklık Sınıflandırması	29
Tablo 3.8. PNI Metoduna Göre İndis Değerleri ve Sınıflandırma	31
Tablo 3.9. SPI, PNI ve DI Değerlerinin Sınıflandırılması	32
Tablo 3.10. Aridite İndisi (AI) Değerlerinin Sınıflandırılması ve Puanlanması	33
Tablo 3.11. Aridite Anomali (AAI) Sınıflama Tipi	36
Tablo 3.12. Aydeniz İndis Değerleri ve İklim Özelliği	38
Tablo 3.13. Varyans Yöntemine Göre Gruplar	43
Tablo 4.1. Erzincan SPI	45
Tablo 4.2. Erzincan SDI	46
Tablo 4.3. Erzincan RDI	47
Tablo 4.4. Erzincan PNI	49
Tablo 4.5. Erzincan AI	51
Tablo 4.6. Gümüşhane SPI	53
Tablo 4.7. Gümüşhane SDI	54
Tablo 4.8. Gümüşhane RDI	56
Tablo 4.9. Gümüşhane PNI	57
Tablo 4.10. Gümüşhane AI	59
Tablo 4.11. Bayburt SPI	60
Tablo 4.12. Bayburt SDI	62
Tablo 4.13. Bayburt RDI	63
Tablo 4.14. Bayburt PNI	65
Tablo 4.15. Bayburt AI	66
Tablo 4.16. İndislerin Kategorilerinin Betimsel İstatistikleri	68
Tablo 4.17. İndislerin Kümeler İçin Kesme Değerleri	69
Tablo 4.18. İndislerin 5 Kümeye Göre Betimsel İstatistikleri	70

Tablo 4.19. Anova Testi Sonuçları	71
Tablo 4.20. SPI İndisi İçin Orijinal Kategori İle Yeni Kümeler Arasındaki İlişki	71
Tablo 4.21. RDI İndisi İçin Orijinal Kategori İle Yeni Kümeler Arasındaki İlişki	72
Tablo 4.22. AI İndisi İçin Orijinal Kategori İle Yeni Kümeler Arasındaki İlişki.....	73
Tablo 4.23. PNI İndisi İçin Orijinal Kategori İle Yeni Kümeler Arasındaki İlişki	73
Tablo 4.24. SDI İndisi İçin Orijinal Kategori İle Yeni Kümeler Arasındaki İlişki	74
Tablo 5.1. Erzincan, Gümüşhane, Bayburt Karşılaştırma.....	77



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler;

a	Kar
b	Yağmur
b_i	Seçilen Sezon İçin Temel Akım Değerleri
C	Akış
d	Depolama
d_i	Seçilen Mevsimlerin Yüzeş Akış Değerleri
G_s	Güneş Işığının Gerçekleşebileceği Zaman Miktarı
i	Hidrolojik Yıl
j	Hidrolojik Yıldaş Ay
K	Referans Periyodundaki Kümülatif Akım Miktarı
K_{ks}	Kuraklık Katsayısı
N_{ks}	Nemlik katsayısı
N_p	Nem Periyodun Yüzdesi (%)
P	Su Döngüsü Bileşeni İçin Aşılmaması Olasılığı
P_i	Aktüel Yağış Miktarı
\bar{p}_i	Ortalama Yağış Miktarı
P_m	Önceki Gün Yağış Miktarı
Q_{ij}	Aylık Akım Miktarı
RH	Aylık Ortalama Nispi Nem (%)
SK	Kümülatif Referans Hacmi
T	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)
VK	Kümülatif Referans Hacmi
X_i	Aktüel Yağış Miktarı
\bar{X}_i	Ortalama Yağış Miktarı
\bar{y}	Aritmetik Ortalama
σ	Standart Sapma Değeri

Kısaltmalar

AAI	Aridite Anomali
AI	Aridite İndisi
BFI	Baz Akım İndisin Hesaplanması
DI	Ondalıklar İndisi
EDI	Efektif Kuraklık İndisi
GRI	Yeraltısuyu Kaynakları İndisi
NYE	Normal Yağış İndisi
PDSI	Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi
PET	Potansiyel Evapotranspirasyonu
PHDI	Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi
PNI	Normalin Yüzdesi İndisi
RDI	Keşif kuraklık İndisi
SDI	Yüzey Akış İndisi
SGI	Standartlaştırılmış Yeraltısuyu İndisi
SPI	Standard Yağış İndisi
SRI	Standart Yağış İndisi
SRSI	Standartlaştırılmış Depolama Hacmi İndisi
SWI	Standartlaştırılmış Su Seviyesi İndisi
SWSI	Yüzey Suyu Temini İndisi
TSDI	Toplam Depolama Açığı İndisi

1. GİRİŞ

1.1 Kuraklığın Tanımı

Kuraklık hem ekonomik hem de çevresel birçok soruna yol açan tehlikeli bir olay olarak kabul edilmektedir. Kuraklık, esas olarak şiddeti, süresi ve kapladığı alan ile karakterize edilebilen karmaşık bir olgudur. Bu üç boyut arasında, kuraklığın şiddeti, kuraklık analizi için kullanılabilir anahtar faktördür. Kuraklık, tüm canlıların yaşamı üzerinde önemli ve olumsuz etkiye sahip olmakla beraber, insan faaliyetlerini kısıtlayan, önemli çevresel problemler çıkaran ve herhangi bir zamanda yıkıcı olabilecek doğal bir meteorolojik tehlikedir (Şahin ve Sipahioğlu, 2003). Kuraklık indisleri tipik olarak kuraklığın şiddetini anlamlı bir şekilde değerlendirmek için kullanılmaktadır. Yer altındaki su sistemlerinde azalma ile başlayan ve yüzey su sistemlerinde akıntıyla sona eren hidrolojik döngünün hemen hemen tüm belirleyicilerini veya yeraltı suyu akifelerinde şarj ve depolamayı etkilemektedir. Bu nedenle seçilecek belirleyici hidrolojik döngünün hangi bölümünün analizimize odaklanmak istediğimize bağlıdır. Kuraklık indisleri, karmaşık iklim fonksiyonlarını basitleştirdiği ve iklim anomalilerini şiddetleri, süreleri ve sıklıkları bakımından ölçebilecekleri için kuraklığın karakterizasyonu ve izlenmesi için gerekli araçlardır. Kuraklık indislerinin istatistik açıdan incelenebilmesi amacıyla kümeleme analizi yöntemi kullanılmaktadır. Kuraklık bölümlerinin şiddeti ile ilgili olarak kolayca anlaşılabilir bilgilerle daha geniş kitlelere iletişim kurabilecekleri için çok faydalıdır. Kuraklık indisleri akademik alanda (eğitim, araştırma, çalışmalar vb.) ve aynı zamanda çok çeşitli potansiyel kullanıcılara sahip olan stratejik ve operasyonel seviyelerde de (karar verme, proaktif yöntem ve kuraklık azaltma vb.) kullanabilmektedir. Kuraklık, geniş alanlarda ve belli bir süre boyunca su kullanımında önemli bir azalma ile karakterize olan doğal bir olgudur. Dünyanın farklı bölgelerinde meydana gelen kuraklık ekonomik faaliyetleri, insan yaşamını ve çeşitli çevresel faktörleri etkilemektedir. Küresel hidrolojik döngünün karmaşıklığı nedeniyle, kuraklığın kökenini belirlemek mümkün değildir. Belirli bir süreçte meydana gelen kuraklığın süresi çok yavaş geliştikçe sonuçlar çok tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır. Kuraklığın en büyük dezavantajı, nehirlerin kuruması veya suyun azalmasıdır ve bu olay doğal yaşamı zorlaştırmaktadır. Kuraklık meteorolojik kuraklık ile beraber, hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik kuraklık olarak kendini gösterir. Meteorolojik kuraklık, yağışların uzun bir süre boyunca normal değerlerin altına

düşmesi ile tanımlanır. Özellikle büyüme döneminde, bitkinin ihtiyaçlarını karşılayacak kadar toprakta su bulunmaması olarak tanımlanan tarımsal kuraklık, nem kaybı ve su kıtlığı meydana geldiğinde oluşur. Hidrolojik kuraklık, yeraltı su kaynaklarının, yüzey suyunun veya yağışın etkisiyle ilişkilidir ve uzun süreli yağış kıtlığı, yüzey alanı, yüzey akışı ve toprak nemi gibi hidrolojik sistemin bileşenlerinde kendini gösterir. Nehir akışları, yağış, buharlaşma, terleme ve hidrolojik döngünün diğer kısımları olmak üzere insan kaynaklı etkilerin birleşimi sonucu ortaya çıkar. İnsanın yaşamını doğrudan etkileyen hidrolojik döngünün bileşenlerindeki değişimler taşkın ve kuraklık olmaktadır. Kuraklık özelliklerini değerlendirmenin temel amacı, belirli bir alanda, havzada veya bölgede meydana gelebilecek kuraklık olaylarının süresini ve şiddetini belirlemek ve değerlendirmektir. Bu nedenle, böyle bir bilimsel değerlendirme geçmişte kalan alanlarda geçmiş kuraklık olaylarının çözülmesinde ve belirli bir geri dönüş süresine sahip kuraklıkların tespitinde çok faydalıdır. Evrenin yaratılmasından bu yana tüm canlılar için önemli olan su, canlıların hayatta kalabilmesi için gerekli unsurlardan biri olmaktadır. Tarih boyunca meydana gelen çoğu savaşların sebebi ise su kenarlarında bulunan şehirlerin ele geçirilmesidir.

Geçmiş zamanlarda insanlar su kaynaklarının azaldığını gördüğünde, su kıtlığını önlemek için su depolama yerleri inşaat etmişlerdir ve mevcut su kaynaklarını korumak; gelecek birkaç gün içinde bunları kullanmak için hep su depolama yolları aranmış ve halen de su depolama sistemleri aranmaktadır. Su kıtlığının yaşandığı bu dönemlere kuru devreler adı verilir ve kuraklığın ana sebebi ise yağışlardaki düşüştür. Bugün çeşitli nedenlerden dolayı su kıtlığı günden güne artmaktadır.

- Dünya nüfusunun artışı,
- Kentleşmede patlama,
- Sanayi ihtiyacının artması,
- Kirlilik ve belirli kaynakların tükenmesi gibi çevresel etkilerde önemli artışlar olarak sıralanabilir.

Her şeyden önce, bir bölgede kuraklık ve kurak hava koşulları arasında bir fark olması gerekmektedir. Kuru alanlarda, normal zamanlarda bile su sıkıntısı vardır. Öte yandan, kuraklık, bölgedeki iklime bağlı su miktarının normalin altına düşmesidir. Yarı kurak

bölgelerde, kuraklığın etkileri daha çok önemli olabilir. Çünkü şu anda su seviyelerinin düşük olduğu bölgelerde, kuraklığın ekonomik etkisi daha da artmaktadır. Bir alandaki yağış ve akış zamanla rastgele türbülansı gösterir. Bazı yıllarda yağış ortalamanın üzerindedir. Fakat bazı yıllarda daha düşüktür ve mevsimsel (aylık) değerler için de geçerlidir. Bu sadece nehir havzasının nem içeriğini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda nehirdeki su miktarının zamanla değişmesine neden olur. Bu nedenle yağış ve akış serilerindeki kurak dönemlerin incelenmesi hidrolojik açıdan çok önemlidir. Kuraklık, insanların yaşamlarını ve mallarını tahrip eden büyük bir doğal felakettir ve başlangıcı kesin olarak tespit edilemez. Kuraklığın ekonomik, çevresel ve sosyal etkileri şu şekildedir.

1.2 Kuraklığın Etkileri

1.2.1 Ekonomi Üzerindeki Etkileri

- Ekonomik büyümede yavaşlama ve ülke çapında finansal destek kaybı,
- Yükselen ürün fiyatları,
- Santrallerin kaybı,
- Turizm faaliyetlerinde düşüş,
- Ürün kalitelerinde ciddi düşüş,
- Su kaynaklarının gelişiminde maliyet artışı.

1.2.2 Çevre Üzerindeki Etkileri

- Bitki hastalıklarının gözlenmesi,
- Çölleşmeyi arttırmak,
- Hayvan türlerine zarar,
- Su kalitesi bozukluğu,
- Yiyecek ve içme suyu eksikliği,
- Artan orman yangınları sayısı,
- Hava kalitesi bozukluğu.

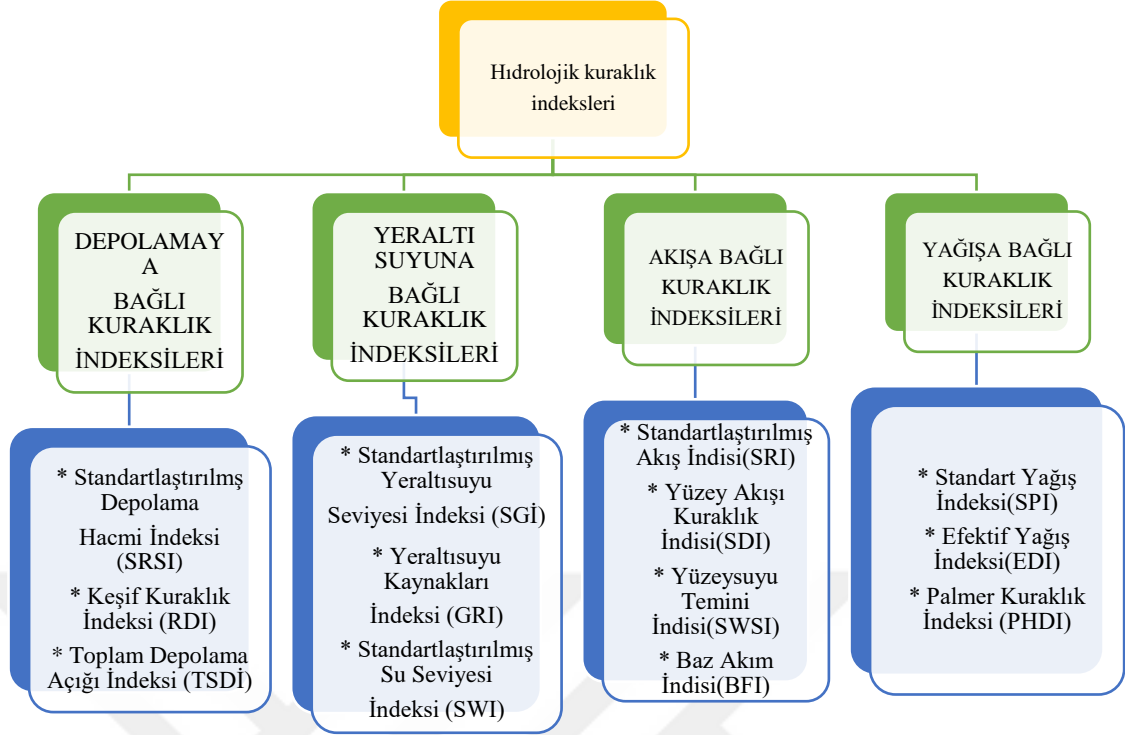
1.2.3 Sosyal Etkileri

- Rekreasyon alanlarındaki azalma,
- Atık su akışını azaltarak kirliliği arttırması,
- Sosyal huzursuzluk,
- Kültürel faaliyetlerin sonu,
- İşsizlikte artış,
- Azalan yaşam standartları.

1.3 Kuraklığın Çeşitleri

1.3.1 Hidrolojik Kuraklık

Hidrolojik kuraklık, uzun süreli yağış kıtlığı nedeniyle yüzey ve yeraltı sularındaki kıtlık ve eksiklikleri ifade etmektedir. Hidrolojik kuraklık; nehir akışını, göl, rezervuar ve yeraltı suyu seviyeleri ölçülerek takip edilmektedir. Hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergesi değildir; çünkü akarsularda ve rezervuarlarda yağış ve su kıtlığı arasında bir zaman aralığı vardır. Hidrolojik kuraklık, meteorolojik kuraklığın sona ermesinden sonra bile devam edebilir. Hidrolojik kuraklıkta en önemli etken iklim olmasına rağmen arazi kullanımı (örneğin ağaç kesimi), arazinin verimsizleşmesi bölgenin hidrolojik özelliklerini etkiler. Bunların etkileri yağış alanlarının sınırlarını artırabilir. İnsan aktiviteleri; arazi kullanımında değişime neden olduğu için meteorolojik kuraklık sıklığında bir değişiklik olmamasına rağmen, su kıtlığı sıklığındaki değişiklik nedeniyle en önemli faktör olduğu görülmüştür. Hidrolojik kurak indeksleri şekil 1.1 de sunulmaktadır.



Şekil 1.1. Hidrolojik kuraklık indislerin sınıflandırması (Güler, 2007)

1.3.2 Meteorolojik Kuraklık

Belirli bir zaman periyoduna ait normallerinden (genellikle en az 30 yıl) sapma olarak tanımlanır. Bu tanımlar genellikle bölgeseldir ve muhtemelen bölgesel klimatolojisinin kapsamlı bir anlayışına dayanır. Tipik olarak, meteorolojik ölçümler kuraklığın ifadesi için ana göstergelerdir. Devam eden bir meteorolojik kuraklık olayı hızlı bir şekilde büyütülebilir veya aniden sonlandırılabilir. Kuraklık dönemleri genellikle belirtilen eşik değerlerin altındaki yağmurlu gün sayısı olarak tanımlanır.

Normal yağış indisi (NYE), kuraklık oranlarını seçilen noktada ve belirli bir dönemde uzun yıllar boyunca ortalama yağışa göre belirli bir dönemde karşılaştırarak kuraklık sınıflandırması yapmaktadır. NYE yöntemi, yağış açıklarının farklı zaman dilimlerinde (1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 ay) değişkenliğini açıklayabilen bir kuraklık indisi. Aylık yağış serileri en az 30 yıl boyunca hazırlanır. Normalleştirme NYE değerlerinin bir sonucu olarak, kuru ve nemli dönemler seçilen süre zarfında belirlenmektedir. Meteorolojik kuraklığın izlenmesi, farklı zaman dilimlerinde yağışlardaki değişim sayısal olarak ifade edilmelidir. Farklı su kaynaklarında yağış sıkıntısının ne kadar uzun süre hissedilebileceğinin gerekçesine bağlı olarak (1, 3, 6, 9, 12 ve 24 ay) analizler

seçilmektedir. Aylık ve 3 aylık yağışta meydana gelebilecek azalmalar toprak nemine hemen etki ederken; nehirlerde, göllerde ve yeraltı su kaynaklarına daha geç etki etmektedir. Akarsularda ve göllerde 6, 9 ve 12 aylık kuraklık, 24 aylık kuraklık ise yeraltı suyu üzerindeki etkisini izlemek için tercih edilmektedir. Meteorolojik kuraklığın tanımı değişik iklim bölgeleri ve su kaynakları için değişiklikler gösterebilmektedir. Onlardan bazıları, Arabistan'da yağmur yağmadan geçen iki yıl veya daha fazlası, Bali'de yağmur yağmadan geçen 6 gün veya daha fazlası, Libya'da yıllık toplam yağışın 180 mm'in altında düşmesi, Amerika Birleşik Devletleri'nde ise iki gün içinde 2.5 mm'den daha az yağışın ölçülmesi kurak dönemi olarak belirlenmektedir. Meteorolojik kuraklık, belirli bir süre boyunca yetersiz veya hiç yağış olmamasından kaynaklanmaktadır.

1.3.3 Tarımsal Kuraklık

Bitkilerde büyüme, kök bölgesinde yeterli nem koşulunun sağlanması olarak ifade edilir. Tarımsal kuraklık, büyüme mevsiminde belirli bir bitkinin suya ihtiyaç duyduğu kritik bir zamanda toprak nemi yetersiz olduğunda meydana gelmektedir. Tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklıktan ve hidrolojik kuraklıktan daha önce yayılır. Tarımsal kuraklık, toprak derinliği doymuş olsa bile, mahsul verimini önemli ölçüde azaltabilir. Yüksek sıcaklıklar, düşük bağıl nem ve yüksek rüzgarlar, düşük yağışın etkisini artırabilir. Bir alanda az yağış varsa, bitkinin kök bölgesinde toprakta bitki gelişimini sağlamak için yeterli su varsa, tarımsal kuraklıktan söz edilemez. Bu nedenle, tarımsal kuraklığı etkileyen tek faktör yağış değildir; ancak tarımsal kuraklığa etki eden önemli faktörlerden birisidir. Tarımsal kuraklığı etkileyen bir diğer faktör ise bitki su tüketimidir.

1.4 Kuraklığın Başlangıcı ve Bitişi

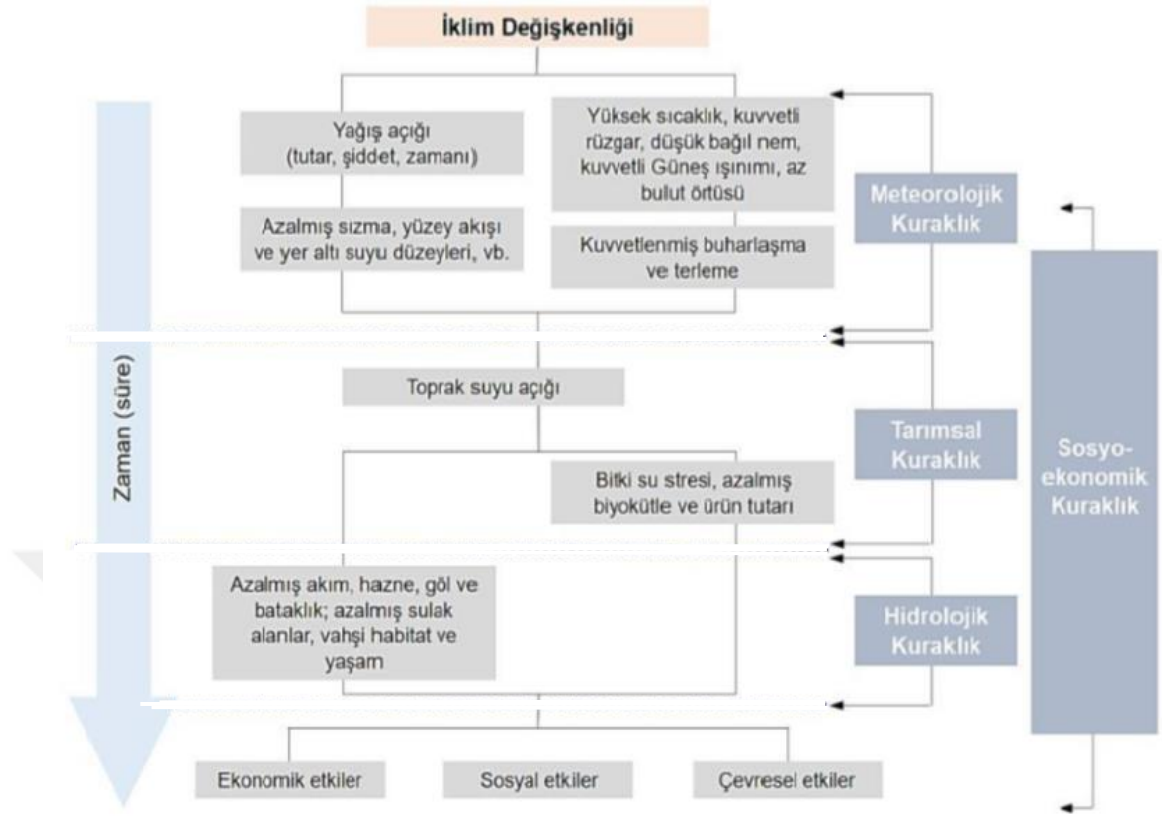
Wilhelm ve Glantz kuraklığın yavaşça yayılan bir fenomen olduğuna inanmaktadır. Bu yüzden belirlenmesini (başlangıç ve bitiş) tespit etmek çok zordur. Öte yandan, bazıları kuraklığın ancak bir süre geçtikten sonra tespit edilebileceğine inanmaktadır. Kuraklığın başlangıcını tespit etmenin yolu yağış ve bununla ilgili göstergelerin istatistiksel olarak incelenmesidir. Tarımda kuraklığın sonu, yağmurların toprak için gerekli nemi sağlamasıdır. Hidrolojide, kuraklığın sona ermesi, nehir akışının yenilendiği ve yeraltı rezervuarlarının yeniden beslendiği kuraklığın sonu olarak kabul edilmektedir.

1.5 Dönemine Göre Kuraklık

Kuraklıklar sürelerine göre kısa ve uzun vadeli olmak üzere iki grupta analiz edilebilir. Kısa vadeli kuraklıklar genellikle 6 aydan daha az bir sürede etkiliyken, uzun vadeli kuraklıklar 6 aydan daha fazla bir sürede etkilidir. Kısa zamanlı ya da kısa vadeli kuraklıkların etkileri tarım üzerinde hemen hissedilebilir. Mevsimine göre yangın riskini ciddi bir şekilde artırır. Uzun bir süre içinde meydana gelen kuraklıklar yağmurun normal seviyenin altına düştüğünde gerçekleşir ve aylarca hatta yıllarca sürebilir. Uzun vadeli kurak dönemler bölgenin su kaynaklarını olumsuz yönde etkileyecektir. Bölgesel su tedarikinin yanı sıra imalat sektörünü ve enerji üretimini zorlaştırır. Uzun süreli ve şiddetli kuraklıklar genellikle sıra dışı olarak bilinir, fakat her zaman mümkündür. Bu nedenle, daha önce bölgede yaşanan kuraklıkların sıklığı ve süresi çok önemlidir.

1.6 Oluşumuna Göre Kuraklık

Meteorolojik, tarımsal, hidrolojik, sosyal ve ekonomik kuraklıklar farklı şekillerde tanımlanmakta ve farklı adlar altında değerlendirilmektedir. Bu tanımlamalar bir veya daha fazla değişken, zararlı etkileri de dâhil olmak üzere çeşitli kriterlere göre yapılmaktadır. Başka bir deyişle; sıcaklık, buharlaşma, yağış, nem, terleme, toprak nemi, rüzgâr ve buna bağlı eksiklikler veya fazlalıklar ile ilgili tehlikeli olaylara da dikkat etmek gerekmektedir. Çoğu kaynak da dört çeşit kuraklıktan bahsetmiştir. Bunlar meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik kuraklık olarak geçmektedir. Bunlarla birlikte, ayrı bir sosyo-ekonomik kuraklık türü olmaktan ziyade gerçekleştiği düşünülen meteorolojik, tarımsal veya hidrolojik olayların sosyal ve ekonomik etkileri olduğu düşünülmektedir. Bu yaklaşım, kuraklığın doğrudan veya dolaylı etkilerine işaret etmektedir. Kuraklığın etkilerini azaltmak ve kurak zamanlarda su kaynaklarını korumak, yalnızca düzgün kuraklık yönetimi ile güvenilirdir. Kuraklığın nasıl yönetildiğini anlamak için analiz yoluyla kuraklığın tanımlarını anlamlı bir şekilde yorumlanması gerekmektedir. Şekilde 1.2 de kuraklığın hangi yönetime göre nasıl oluştuğu açıklanmaktadır.



Şekil 1.2. Doğal iklim değişikliği (Türkeş, 2014)

1.7 Türkiye’de Kuraklık

Günümüzdeki su kaynaklarından kaynaklanan iklim değişikliği nedeniyle, Türkiye’deki küresel iklim değişikliğinin etkileri, kuraklık, sıcak hava dalgaları, tarım sektöründeki su baskınları artmakta ve üretkenlik azalması olarak kendini göstermektedir. Türkiye yarı nemli ve yarı kurak bir bölgede yer almaktadır. Türkiye de diğer bölgedeki ülkelerde olduğu gibi dönemsel olarak bazı dönemlerde kurak bir iklime sahip iken bazı dönemlerde ise nemli bir iklime sahiptir. Türkiye ikliminin %37,3’ünü yarı kurak iklim oluşturmaktadır ve 51 milyon hektar arazi kurak ve yarı kurak alan olarak bilinmektedir. Yağış miktarında meydana gelen değişiklikler hem su kaynaklarında hem tarımda etkilerini kısa bir sürede göstermektedir. Tarih boyunca değişik kurak dönemler meydana gelmiştir. Türkiye yarı kurak bir bölgede yer aldığı için geçmişten bu yana kuraklık ile karşı karşıya gelmektedir. Türkiye’nin maruz kalmış olduğu en şiddetli kuraklık olayların başında 1971 - 1974 ve 1983, 1984, 1989, 1990, 1996 ve 2001 yılları gelmektedir. Türkiye’nin çoğu bölgelerinde etkisini gösteren kuraklık olayları ve su kıtlığı, sadece enerji üretimi ve tarımda değil; içme suyunu, sulama ve diğer taraftan hidrolojik

1.8 Kuraklığın Neden Olan Zararlarla Başa Çıkma Yöntemleri

Bu bölüm, kuraklık fenomeninin çeşitli etkilerine cevap vermenin temel çözümlerini özetlemekte ve bu fenomeni ele almak için gerekli tüm önlemleri taşımaktadır. Bu yöntemler üç gruba ayrılabilir.

- Önleme
- Kayıp
- Tolerans

1.8.1 Önleme

Bu olayı önlemek için en önemli operasyonlardan biri meteorolojik tahminler ve tüm uyarı yöntemlerinin tüm kitle iletişim araçları ile kapsamlı bilgi sağlanması yoluyla halka uygulanmasıdır. Çok iyi hesaplama yöntemleri ve indisleri günümüzde mevcuttur. Dolayısıyla kuraklığın oluşma ve ciddiyet olasılığı sürekli olarak hesaplanabilir ve tahmin edilebilir. Kuraklık derecesi ayrıca, toprak su potansiyeli ve belirli bitki türleri için su stresi altındaki gün sayısı gibi bitkiye özgü terimler sayesinde de ifade edilebilir. İstenilen hesaplamaları yapmak için mevcut nem indisini veya diğer kuraklık indislerini kullanmak mümkündür ancak olayın uluslararası değerlendirmesi (MAI) için ve gerekli hesaplamaların sonuçlarına dayanarak bölgesel veya kıtasal kuraklık duyarlılığı haritasını çıkarmak, ortak bir yaklaşım kullanmak için bir tür anlaşma vardır. Önlem yöntemleri üç kategoriye ayrılmıştır: hazırlama yöntemler, talep odaklı yaklaşımlar, hasar azaltma yöntemleri.

Hess Chengalata ve diğer araştırmacılara göre, kuraklığın zararını azaltmanın, mevcut kaynakları daha iyi ve daha verimli kullanmak, yeni yaklaşımlar geliştirmek ve mevcut kaynakları arttırmak için gayri resmi ve karmaşık çözümler kullanmanın birçok yolu vardır. Ve bunlar kuraklık sorunlarını azaltmak için en önemli çözümlerdir. Mevcut kaynakları daha iyi kullanabilmek için yönetim önlemleri uygulamaya konulmuştur. Öncelikle, tüm yüzey suyu rezervuarları belirli bir amaç için kullanılmalıdır ancak yeraltı suyu rezervlerinin kullanımı, iç veya iç suyollarının kullanılması gerekir. Bu yöntemlerin temelleri veya kombinasyonları da bu konuda önemli araçlardır. Çeşitli su koruma yöntemleriyle, özellikle de su kaybını azaltan kaynakların iyileştirilmesi, etkileri

azaltmak için pratik ama belirsiz bir önlem olabilmektedir. Kanal kapama ve sızdırmazlık tesisi yönetimi su kullanımı, filtrasyon gücünü artırmak ve benzeri uygulamaları önlemek için toprağın korunmasında en önemli stratejilerden birisidir. Ve yeni kaynaklar geliştirmek için aşağıdaki adımlar uygulanabilir.

Su seviyesinin sabit olduğu göllerin veya rezervuarların acil kullanımı tuzlu su dönüşümü (deniz kenarı), kasırga düzenlemesi ve fosil su kullanımı yardımıyla iklim değişikliği atık suyun yeniden kullanımı -özellikle tarımda- su kaynaklarını arttırmanın etkili bir yoludur. Bu bağlamda, iletişimin karmaşık birleşimi ve büyük su tedarik sistemlerinin geliştirilme yoluyla su kaynaklarındaki artıştan söz edilebilir. Talep tarafı önlemlerinin yanı sıra, yetersiz su kaynaklarını daha iyi kullanmak için kuraklığı kontrol etmek ve tüketicilere etkili su temini sağlamaktır. Alan suyu talep sisteminin iyileştirilmesi, geçmiş kuraklık deneyimlerini analiz etmek için özel ekipmanla akışkanlığın azaltılması, drenaj ve buharlaşma kayıplarının en aza indirilmesi, bu yaklaşımın en önemli yöntemleri arasındadır ve kuraklığın etkilerini en aza indirmektedir. Erken analiz olaylarının bilgi analizi kullanarak ve geçmişte yaşanan kuraklık dönemlerinin sıklığını bilmesi, öngörülerini yapmak ve insanları tüm toplum için daha iyi hazırlanmalarını sağlayan faktörler hakkında bilgilendirmektedir.

1.8.2 Kayıp

Kuraklık fenomenindeki olası hasarı azaltmanın birkaç yolu vardır. Bunlar arasında arazi kullanımını optimize etmek ve değiştirmek, mahsul döndürme sistemini değiştirmek, bitki çeşitlerinin rasyonel seçimi veya teknolojiye bağlı değişiklikler (ergonomik teknoloji) gibi şeyler bulunur. Toprağın yumuşaması ve gevşetilmesi, yeraltı suyu seviyelerinin kontrolü, sulama, koordineli toprak besin temini, belirli bir bölgedeki kuraklıkların neden olduğu hasarı azaltmada etkili olabilmektedir.

1.8.3 Tolerans

Tolerans kavramı, bilinçli olarak bazı riskleri, kısıtlamaları, performans kayıplarını veya faydaları kabul etmemizdir. Bu nedenle bir bölge, ülke ve hatta bir çiftlikte farklı ihmal düzeylerini belirlemek önemlidir. Risk değerlendirmesi, kuraklıkların büyük hasara neden olduğu farklı ekonomik ve sosyal disiplinlerde yapılmaktadır. Bu bağlamda,

eksikliklere karşı ihmal için önceliklerin bir listesini belirlemek ve kuraklık hasarını önleme ve azaltma yöntemlerini belirlemek ve ihmal metodu ile ilgili her vaka için uygun yöntemi seçmek gereklidir. Kuraklık hasarını ve gerçek durumun ihmal edilmesi için ülke genelinde kapsamlı çalışmalar gerekmektedir. Kitle iletişim araçları bu konuda çok yardımcı olabilir. Son yıllarda toplumların kuraklığa neden olduğu zararlara karşı duyarlılığı artmaktadır. Kuraklık çok karmaşık bir fenomen olduğundan, bu olayın etkileriyle yüzleşmek, paydaşlar ve topluluk yetkilileri arasında dikkatli bir organizasyon ve koordinasyon gerektirir. Ulusal kuraklık stratejilerinin formülasyonu ve çeşitli uzmanlar arasında iş ve bilimsel müzakere gerektirir ve alınan eylemlerin tam koordinasyonu olmadan etkili olmayacaktır. Bu açıdan, kuraklık fenomenini ele almak için ulusal veya bölgesel bir strateji sunmaya dahil olan farklı grupların görevlerini belirlemek gerekir. Şirketler, alanlar ve bireyler açık ve net olmalıdır böylece herkes aynı anda yapılan tüm işlemleri gözlemleyebilirken, herkesin görevlerini ve olanaklarını tanımlayabilmektedir. Eğitim programları ilk önce kuraklık hakkında halkın bilinçlendirilmesine ihtiyaç duyulması, suyun korunması ve azaltılması, fenomenin geniş ve doğru anlaşılması gibi birtakım konulara odaklanmalıdır. Ayrıca, insanların kuraklık atığı ve yönetim sorunlarının karmaşıklığı konusundaki farkındalıklarını artırmak için farkındalık programları uygulanmalıdır. Eğitim programları uzun vadede tasarlanmalı ve su kaynaklarının korunması konusunu ve toplumun farklı yaş grupları ve ekonomi sektörlerinde kuraklıkları önleme yollarını anlamak için çaba sarf edilmelidir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Saada vd. (2017), 1983 ve 2013 yılları arasında Ürdün'ün kuzeybatı bölgesindeki beş ayrı istasyon için 12 aylık SPI değerlerini hesaplamış ve kuraklık analizi gerçekleştirmiştir. Çalışmanın sonunda 2007-2009 dönemi en kurak dönem olarak tespit edilmiştir.

Moreira vd. (2006), Güney Portekiz'in Alentejo bölgesindeki 67 yıllık veri setlerini kullanarak tek yönlü varyans analiz yöntemi ile standart yağış indisini (SPI) hesaplamıştır. İklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkabilecek kuraklık eğilimlerini karşılaştırdılar. Kuraklığın başlangıçta ve son dönemlerde arttığını bulmuşlardır.

Serdar (2014), Güneydoğu Anadolu bölgesindeki bitki su tüketiminin zamansal değişimi ve Keşif Kurak İndisi (RDI) yöntemiyle meteorolojik kuraklık analizi yapıp bölgede hafif kurak ve çok sayıda şiddetli ve orta kurak olayın meydana geldiğini görmüştür.

Sırdaş vd. (2003), yaptıkları çalışmada kuraklığın genlik, süre ve yoğunluk değerleri, standart yağış süresi serilerinden farklı kesim seviyeleri için elde etmiştir. Kuraklık süresi ve genlik arasındaki ikili ilişki saçılma çizimlerine en uygun çizgiyi geçerek sağlamıştır. Kuraklık izleme, Türkiye için işe dayalı olarak, kuraklığın alan boyutunu belirlemek için minimum ve maksimum boyut kuraklık haritalaması yapılır.

Türkeş (2013), indisler tarafından taşınan ve gösterilen nesnel bilgiler, kuraklık olaylarının çeşitli sistem ve sektörler üzerindeki etkileri, kuraklık risk düzeyleri, çeşitli coğrafi alan birimleri ve ürün kuraklığa duyarlılık düzeyleri hakkında çeşitli bilgilerle test edilmelidir.

Huo vd. (2013), Çin'in kuzeybatısında 1955-2008 yılları arasında 23 meteoroloji istasyonu için referans evapotranspirasyon (ET0) ve Kuraklık İndisindeki (AI) geçici değişimleri kapsamlı bir şekilde araştırmıştır. Son 50 yılda AI'nin azalmasına ET0 azalmasından daha fazla katkıda bulunması görülmektedir. Son 50 yılda yıllık sıcaklık, nem ve yağışın zamanla önemli artış eğilimleri olduğunu ve rüzgâr hızı ve radyasyonun azalan eğilimleri olduğunu göstermiştir.

McKee vd. (1993), Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI), çeşitli zamanlardaki meteorolojik kuraklığı karakterize etmek için yaygın olarak kullanılan bir indis olduğunu tespit etmişlerdir. SPI, aylık giriş verilerini kullanarak 1 ila 36 ay arasındaki farklı süreler için oluşturulmaktadır.

Pastel vd. (2015). Hindistan'da, Manatsa vd. (2010) Zimbabwe'de, Raziei vd. (2009) İran'da, Zhai vd. (2009) Çin'de benzer kuraklık analiz çalışmaları yürütmüşlerdir.

Xie vd. (2018) Çin'in Sincan eyaletindeki kuraklık durumunu kümeleme yöntemi ile analiz edip 3 kümeye ayırmışlardır. Küme 1 kuru, küme 2 kuraklığın belirgin bir hafifletme eğilimine sahip iken, küme 3 değişim noktasının geç ortaya çıkışını göstermiştir.

İran Hamdan ilinde yapılan bir kuraklık çalışmasında 22 istasyon 4 indis ile kümeleme yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan çalışmada tüm indisler benzer sonuçlar verip çoğu yıllarda şiddetli kuraklık tespiti yapılmıştır (Kazimi vd. 2019).

Byun vd. (1999), kuraklığın başlangıç ve bitişine belirlemek amacıyla geliştirilen EDİ birçok kuraklık indisinin aksine kısa süreli yanı günlük olarak hesaplanmaktadır. Hızla algılama, kuraklığın şiddeti ve su kaynakları olmak üzere kısa süreli kuraklıkların ölçmesi bu çalışmanın avantajlarından belirlenmektedir.

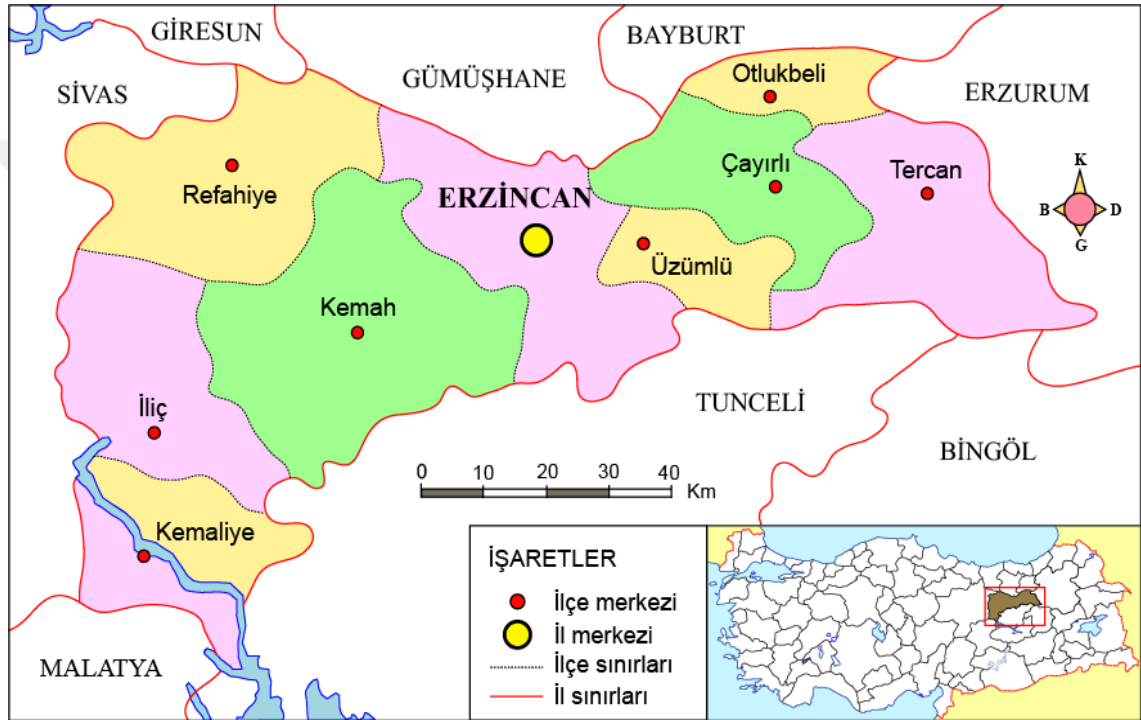
Vangelis vd. (2005), Yunanistan Atina Ulusal Teknik üniversitesinde keşif edilen keşif kuraklık indisleri RDİ bir su sistemindeki giriş ve çıkışlar arasındaki denge ve ilişkiye tahmin etmek ve kuraklığın şiddet ve süresine tanımlamak için kullanılan bir yöntem olarak bilinmektedir.

Willeke vd. (1994), yağış miktarının ortalamasına bölünmesiyle yüzdelik halinde elde edilen normalin yüzdesi indisleri PNİ indisleri arasında en kolay olarak bilinmektedir. Ve genel olarak 12 aydan daha az periyotlarda kullanılmaktadır.

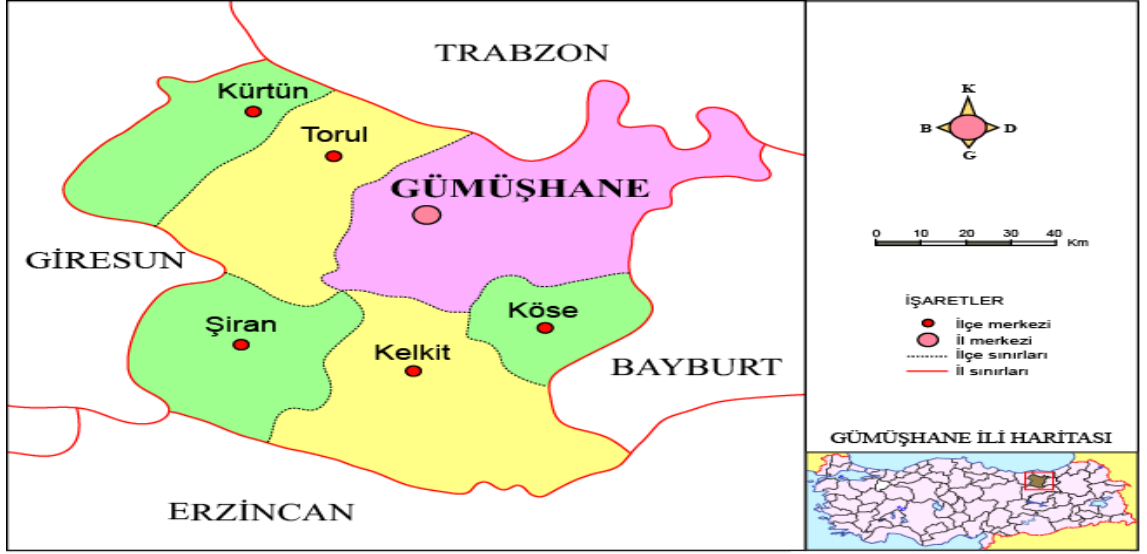
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı

Erzincan Doğu Anadolu ile İç Anadolu iklimi arasında geçiş sağlayan sert kara iklime sahiptir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı geçmektedir. Aralık ve mayıs ayları arasında çok kar yağar ve toprak uzun müddet kar altında kalır. Yıllık yağış ortalaması 374 mm ve ortalama sıcaklık 10,8 °C civarındadır. (R. saygili,2015)

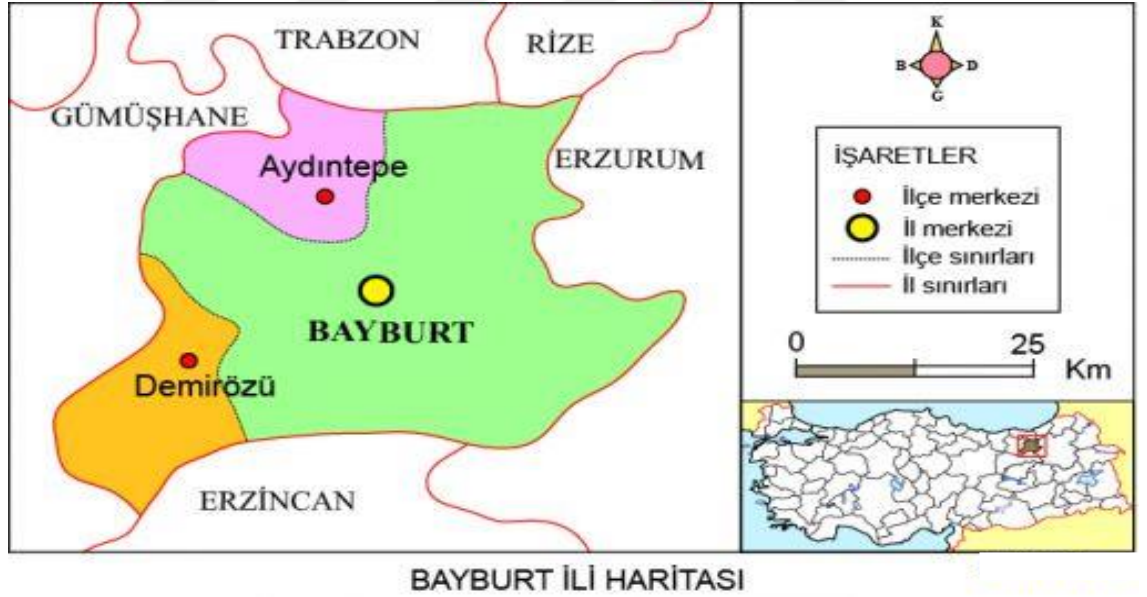


Gümüşhane ilinin sıcak ve ılıman iklime sahip olup kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış almaktadır. Gümüşhane ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 9,4 °C ve yıllık yağış miktarı 475 mm olarak bilinmektedir. Gümüşhane genel şekil haritası şekil 3.2 de sunulmuştur. (R. saygili,2015)



Şekil 3.2. Gümüşhane genel haritası

Bayburt ilinin soğuk ve mutedil iklimi ile beraber belirgin bir yağış görmektedir. En kurak aylarda bile yağış miktarı oldukça fazladır. Bayburt ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 4.5°C ve yıllık ortalama yağış miktarı ise 519 mm 'ye çıkmaktadır. (R. saygili,2015)



Şekil 3.3. Bayburt genel haritası

Yapılan çalışmada Türkiye'nin üç farklı il merkezi Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane dikkat alınarak analizler yapılmıştır. Çalışma yapılan illerde meteoroloji istasyonlar bulunmaktadır. Çalışma yapılan illerin hidrolojik özellikleri tablo 3.1 de verilmiştir.

Tablo 3.1. Erzincan, Gümüşhane, Bayburt hidrolojik özellikleri

No	İstasyon adı	Yükseklik	Enlim	Boylam	Veri aralığı	μ	SX
1	Erzincan	1216	39,752	39,486	1978-2018	479	77.26
2	Bayburt	1584	40,254	40,220	1978-2018	468.2	77.55
3	Gümüşhane	1216	40,459	39,4653	1978-2018	480.6	81.68

3.2 Kuraklık İndisleri

Şimdiye kadar birçok kuraklık indisinin geliştirildiği bilinmektedir. Bu indisler üzerinde birçok çalışma ve kategorizasyon çalışması yapılmış olup ve çalışmalarda indislerin üstün ve zayıf yanları incelenmiştir. Bazı indislerin avantaj ve dezavantajları tabloda 3.2 de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. En yaygın kuraklık indisleri sınırlamaları ve avantajları

İndis Adı	Avantajı	Dezavantaj
Palmer Kuraklık Şiddeti indisi (PDSI)	Su arzını ve talebini içerir (toprak nemi).	Dağlık ve karla kaplı alanlarda yeniden normalleşme ihtiyacı
Standart Yağış İndisi (SPI)	Birkaç zaman serisi için değerlendirilir. Kuraklık şiddetinin değerlendirilmesi.	Giriş olarak sadece çökeltmenin kullanılması. Buharlaşma baz alınmıyor
Normalin Yüzdesi (PNİ)	Hesaplama işlemi basittir.	Değerleri bölge ve mevsime göre değişir.
Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (PHDI)	Su denge modelini kullanarak yağış ve sıcaklığın etkisini dikkate alır.	Dağlık ve karla kaplı alanlarda yeniden normalleşme ihtiyacı vardır.
Yüzey Suyu Tedarik İndisi (SWSI)	Rezervuarın depolanmasını içerir.	Aşırı gerçekleri doğru değerlendirmez.

3.2.1 Yağışa bağlı kuraklık indisleri

3.2.1.1 Standart yağış indisi (SPI)

Standartlaştırılmış Yağış İndisi SPI McKee ve ark. (1993) tarafından yalnızca yağış verilerine dayanan popüler bir meteorolojik kuraklık indisi olarak geliştirilmiştir. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI), çeşitli zamanlardaki meteorolojik kuraklığı karakterize etmek için yaygın olarak kullanılan bir indistir. SPI belirgin şekilde farklı iklime sahip bölgeler arasında karşılaştırılabilir. SPI değerleri, gözlenen anomalinin uzun vadeli ortalamadan saptığı standart sapma sayısı olarak yorumlanmaktadır. SPI, aylık giriş verilerini kullanarak 1 ila 36 ay arasındaki farklı süreler için oluşturulmaktadır. Operasyonel topluluk için, SPI meteorolojik kuraklığı ölçmek ve raporlamak için dünya çapında mevcut olması gereken standart indis olarak kabul edilmiştir.

$$SPI = (X_i - \bar{X}_l) / \sigma \quad (3.1)$$

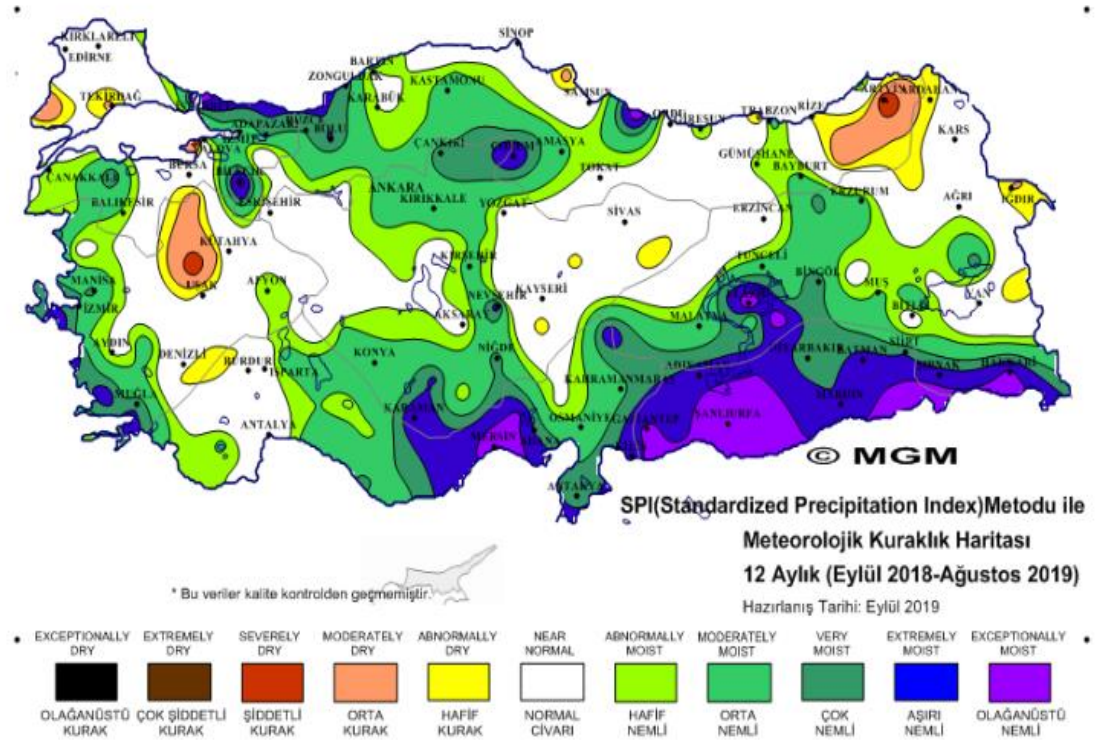
- SPI: Standart Yağış İndisi
- X_i : Aktüel Yağış Miktarı
- \bar{X}_l : Ortalama Yağış Miktarı
- σ : Standart Sapma Değeri

SPI değerlerini hesaplamak için aşağıdaki yöntem kullanılır. Aylık yağış dizileri (ebat m), kesintisiz bir süre boyunca hazırlanmaktadır. Bu zaman dilimleri, yağış eksikliğinin mevcut su kaynakları üzerindeki etkisinin ne kadar hissedileceği gibi özel bir mantığa göre seçilmiştir. Örneğin; Herhangi bir aydaki yağış miktarındaki düşüş toprak nemi üzerinde hemen etkili olabilir, oysa yer altı suları ve nehirler daha uzun bir süre etkilenir. Her bir zaman dilimindeki veri dizileri değişken bir özelliğe sahip olup ve o ayın indis değeri önceki (i) ayların değerlerine göre belirlenmektedir. SPI sisteminde değerleri dikkate alınarak bir kuraklık değerlendirmesinde, indisin sürekli olarak negatif olduğunda kuru dönem olarak tanımlanmaktadır. İndisin sıfırın altına düştüğü zaman, kuraklığın başlangıcı olarak belirlenmektedir. İndisin pozitif bir değere yükseldiği ay kuraklığın sonu olarak kabul edilmektedir.

Tablo 3.3. SPI sınıflandırması

SPI İNDİS DEĞERLERİ	SINIFLANDIRMA
2.0 ve üzere	Olağanüstü Nemli
1.60 ile 1.99	Aşırı Nemli
1.30 ile 1.59	Çok Nemli
0.80 ile 1.29	Orta Nemli
0.51 ile 0.79	Hafif Nemli
0.50 ile-0.50	Normal Civarı
-0.51 ile-0.79	Hafif Kurak
-0.80 ile-1.29	Orta Kurak
-1.30 ile-1.59	Şiddetli Kurak
-1.60 ile-1.99	Çok şiddetli Kurak
-2.0 ve üzere	Olağanüstü Kurak

12 Aylık Değerlendirme



Şekil 3.4. SPI Meteorolojik Kuraklık Haritası (Metroloji Genel Müdürlüğü, 2019)

3.2.1.2 Efektif kuraklık indisi (EDI)

1999 yılında Byun ve Wilhite, kuraklığın başlangıç ve bitiş miktarını belirlemek amacıyla etkili bir kuraklık indisini (EDI) geliştirmişlerdir. Yararları arasında günlük kuraklığın şiddeti, hızlı algılama ve mevcut su kaynakları da dahil olmak üzere kısa süreli kuraklıkların doğru bir şekilde ölçülmesi yer almaktadır. EDI, başlangıçta geliştirdiği gibi, birçok kuraklık indisinin aksine günlük olarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle, günlük yağış verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. EDI sisteminin hesaplanması zor olduğundan fazla tercih edilmemektedir. Bu indisin hesaplanması alttaki denklemlere göre yapılmaktadır.

$$EP = \sum_{k=1}^N \cdot \sum_{i=1}^K P_k/k \quad (3.2)$$

$$EP = P_1 + [(P_1 + P_2)] + [(P_1 + P_2 + P_3)/3] \quad (3.3)$$

3.2.1.3 Palmer hidrolojik kuraklık indisi (PHDI)

önceden çöken yağış, nem arzı ve nem talebini (Thornthwaite'in öncü evapotranspirasyon çalışmasına dayanarak) hidrolojik bir muhasebe sistemine dahil eden bir kuraklık indisi için modelini yayımlanmıştır (Palmer, 1965). Toprak nemi hesaplamaları için iki katmanlı bir model kullandı ve alan kapasitesi ve nemin tabakalara ve tabakalardan aktarılmasıyla ilgili bazı varsayımlarda bulunmuştur. Bu varsayımlar aşağıdakileri içerir: üst toprak katmanı ("pulluk katmanı"), 1 inç (2,54 cm) alan kapasitesine sahiptir, nem, üst katman doyuncaya kadar alt katmana (kök bölgesi) aktarılmaz. Toprak tabakaları doygun hale getirilir ve bir ay içinde meydana gelen azalmaların tümü, o ay boyunca buharlaşma ve terlemenin ve toprak nemi talebinin karşılanması veya akış olarak kaybedilmesi için kullanılır. Palmer, hesaplamalarını normalleştirmek için boyutsuz indisi uzay ve zaman arasında karşılaştırabilmesi için, var olan koşullara uygun klima (CAFEC) miktarlarına uygun olanı uygulamıştır. Bu prosedür, indisin normal iklimlendirme ve sıcaklık ile teorik olarak bütün iklimlerde tüm mevsimlerde sıfır indisi ile sonuçlanan, sürekli normal yağış ve sıcaklıkla birlikte kuruluk (negatif değerler) yanı sıra anormal ıslaklığı (pozitif değerler) ölçmesini sağlamaktır.

Palmer yöntemi, uzun süre yağış ve toprak nemi eksikliği ile ilgili meteorolojik kuraklıkları belirlemek, karakterize etmek ve izlemek için geliştirilmiştir. Palmer Kuraklık İndisi (PHI), Amerika Birleşik Devletleri'nde 1965 yılında geliştirilmiştir. Palmer Kuraklık Yoğunluğu (PDSI), Hidrolojik Palmer Kuraklık İndisi (PHDI) ve Palmer Z-İndisi ile beraber üç göstergede tanınmaktadır. Sınıflandırma yöntemleri aynı olup negatif değerler kuraklığın göstergesi, pozitif değerler ise nemli ortamların göstergesidir. SPI sınıflandırma yönteminde +2 ve -2 aralığında, Palmer indis yönteminde ise +4 ve -4 aralığında sınıflandırılmıştır. Kullanılan PHDI yöntemi ile hidrolojik kuraklığın hesaplanabilmesi için yağış, sıcaklık ve toprak nemi verileri kullanılmaktadır. Toprak nemi verileri mevcut olmadığı süreçte, yaklaşımlar kullanılacaktır. Ve palmer indislerinin hesaplanması aşağıdaki adımlardan oluşur.

Beş parametre kullanarak uzun yıllar boyunca aylık bir hidrolojik muhasebe gerçekleştirin: yağış, buharlaşma, toprak nemi kaybı, ve akıntı. Potansiyel ve gerçek değerler son dört adım için hesaplanır. Palmer aylık ortalamaları kullanılmaktadır, ancak diğer zaman dilimleri (haftalar veya günler gibi) de kullanılabilir. Bu parametreler için potansiyel ve gerçek değerlerin araçları, genellikle veri kaydı süresi olan ancak zorunlu olmayan bir kalibrasyon süresi boyunca hesaplanır.

Analiz edilen yerin iklimine bağlı olan katsayıları (buharlaşma, terleme, şarj, akıntı ve kayıp) elde etmek için sonuçları özetlenmektedir. Bu katsayılar, ortalama gerçek miktarın, ortalama potansiyel miktarına bölünmesiyle elde edilir.

Her ay boyunca normal hava için gereken nem miktarını belirlemek ve türetilmiş katsayıları kullanarak seriyi tekrar analiz etmektedir. Bu normal 1. adımda listelenen parametrelerin her biri için hesaplanır.

Her ay için yağış çıkış noktaları hesaplanmaktadır. Ardından çıkışları nem anomalisi indislerine dönüştürülür. Bu nem anomalisi indisi, Palmer Z İndisi olarak bilinir ve belirli bir ayın havasının, o ayın ortalama nem ikliminden, önceki veya sonraki aylarda ne olduğuna bakılmaksızın ayrılmasını yansıtmaktadır.

Kuraklık dönemlerinin başlangıcı, bitişi ve ciddiyetini belirlemek için indis serisini analiz edilir. Palmir'in hesaplamalarında, bir ay boyunca kuraklığın şiddeti, o ayın nem

anomalisine ve önceki ve sonraki aylarda kuraklığın ciddiyetine bağlıdır. Metodolojisi, her ay için üç ara indisin (X1, X2 ve X3) ve aşağıda açıklanan bir olasılık faktörünün hesaplanmasını içermektedir.

Kuraklıktan kaynaklanan meteorolojik koşulların sona ermesi ile ortamın kuraklıktan kurtulduğu zaman arasında bir gecikme vardır. Palmer, bu ayrımı meteorolojik kuraklık indisini ve hidrolojik kuraklık indisini hesaplayarak yapmaktadır.

Alley (1984), su dengesi modellerinin potansiyel evapotranspirasyon, toprak nemi, akıntı, yağış dağılımı ve evapotranspirasyon bir ay veya hafta içinde nasıl tedavi ettiği ve bitki örtüsü ve kök gelişimindeki mevsimsel veya yıllık değişiklikleri göz önünde bulundurma konusunda endişelerini dile getirmiştir. Değerlendirmesinde, Palmer modelinin aşırı su oluşumu ile akış olarak ortaya çıkışı arasındaki gecikmeyi hesaba katmak için bir gecikme barındırmadığı ve kar erimesi veya donmuş toprağın etkisine izin vermediği için eleştirilmiştir. Ayrıca kuraklık şiddeti sınıflarının keyfi bir şekilde belirlenmesi ve yerleşik bir kuraklığa veya ıslak büyüye bir son verdiğini gösteren geçiş indisi değerlerinden de endişe duyulmuştur. Palmer indisini farklı yerler ve mevsimler arasında karşılaştırılabilecek şekilde normalleştirmeye çalışmıştır.

$$X_I = X_{I-1} + \frac{Z_I}{3} - 0.103 * X_{I-1} \quad (3.4)$$

Tablo 3.4. Palmer yöntemin hidrolojik kurak indis sınıflama sistemi

Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (PHDI)	Kuraklık/Nemlilik Sınıfı
4.00 ve üzeri	Aşırı nemli
3.00- 3.9	Çok nemli
2.00- 2.99	Orta nemli
1.00- 1.99	Az nemli
0.50 – 0.99	Nemli devre başlangıcı
0.49 –0.49	Normal
-0.5- -0.99	Kuru devre başlangıcı
-1.00 –1.99	Hafif kurak
-2.00 –2.99	Orta kurak
-3.00 –3.99	Şiddetli kurak
-4.00 ve altı	Aşırı kurak

3.2.2 AkıŖa bağlı kuraklık indisleri

3.2.2.1 Yüzey akıŖ indisi (SDI)

Nalbantis ve Taksiri (2009) tarafından önerilen SDI indisi hidrolojik kuraklığın değerlendirmesinde kullanılır. Hidrolojik kuraklığı hesaplamak için, genellikle çok fazla veri gerektiren ve hesaplama yoğunluğunu gerektiren indisler sunulur. Bununla birlikte, SDI meteorolojik kuraklıklarda SPI gibi basit ve etkili bir indistir. Bu nedenle Nalbantis ve Tsakiris SDI indisini önermiŖtir. Kuraklık indislerinin hesaplanmasında ilk önce kümülatif periyodik akıŖlar hesaplanmaktadır.

$$V_{iK} = \sum_{j=1}^{3K} Q_{ij} \quad i = 1, 2, \dots \quad 3k \quad j=1 \quad j = 1, 2, 12 \quad k = 1, 2, 3, 4 \quad (3.5)$$

Bu denklemde Q_{ij} ; aylık akım miktarı, i ; hidrolojik yıl, j ; hidrolojik yıldaki ay, V_{iK} ; i hidrolojik yılında ve k referans periyodundaki kümülatif akım miktarıdır. Öte yandan 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotları k referans periyotlarla göstermiŖlerdir (Ekim – Aralık dönemi için $k = 1$, Ekim – Mart için $k = 2$, Ekim – Haziran için $k = 3$ ve Ekim – Eylül, yani su yılı, için $k = 4$ tür). Kümülatif akım miktarı v_{iK} 'e göre akım kuraklık indisi (SDI); “ i ” hidrolojik yılın her referans “ k ” periyodu için aŖaęıdaki Ŗekilde tanımlanmıŖtır.

$$SDI_{i,K} = \frac{V_{i,K} - \bar{V}_k}{SK} \quad i = 1, 2, \dots \quad K = 1, 2, 3, 4, \dots \quad (3.6)$$

Burada V_k ve SK , sırasıyla kümülatif referans hacmi k ortalama ve standart sapmasıdır. Yılın Referans dönemi için geçerli kuraklık denklemlerini elde etmek için SDI indisi kullanılmaktadır.

Tablo 3.5. SDI Yöntemine göre kuraklık sınıflandırması

Durum	Tanımlama	Kriter
0	Kurak Değil	$SDI \geq 0.0$
1	Hafif Kurak	$-1.0 \leq SDI < 0.0$
2	Orta Kurak	$-1.5 \leq SDI < -1.0$
3	Ŗiddetli Kurak	$-2.0 \leq SDI < -1.5$
4	AŖır Kurak	$SDI < -2.0$

3.2.2.2 Yüzey suyu temini indisi (SWSI)

SWSI yöntemi 1982 yılında Shafer ve Dezman tarafından geliştirilmiştir. Palmer indislerinde dağ topoğrafyasının ve kar yağışının başlıca özellikleri dikkate alınmadığında bu yöntem geliştirilmiştir. SWSI tek bir değerle iklimsel ve hidrolojik özellikler içerdiğinden hidrolojik kuraklığın hesaplanması için uygundur. Ve Palmer sisteme ile sınıflandırmaya girmektedir. SWSI, geçmiş verilere dayanarak şiddetli kuraklık olasılığını hesaplamak için kullanılır. SWSI'nin avantajlarından biri ise her bölgeye özgü olması ve o bölgedeki kar miktarı hakkında bilgi vermesidir. Bölgesel hesaplamalarda yararlı olmasına rağmen, küresel ölçekte havza veya kuraklık analizine bir dezavantaj haline gelmiştir. Ağırlık faktörü, SWSI hesaplamalarındaki havzaları karşılaştırmak için bir yöntem olarak kullanılır. Mevsimsel hesaplama, sınırlı hidrometrik zaman serileri ve geniş alanlarda hidrolojik-hidrojeolojik özelliklerin değişme olasılığı da bir dezavantajdır.

$$SWSI = \frac{aP_{snow} + bP_{prec} + cP_{strm} + dP_{resv} - 50}{12} \quad (3.7)$$

Denklemden, a, b, c ve d 'nin toplamı, sırasıyla kar, yağmur, akış ve depolamayı işaret eder. P; her su döngüsü bileşeni için aşılması olasılığıdır ve aylık süre ile hesaplanmaktadır. Kış aylarında SWSI hesaplamalarında kar, yağış ve depolama eşdeğerken yaz aylarında ise akış, yağış ve depolama verileri kullanılmaktadır.

3.2.2.3 Standart yağış indisi (SRI)

Mckee ve arkadaşları tarafından 1993 yılında geliştirilen bu yöntem dünyada kuraklığı izlemek için kullanılmaktadır. SRI genel anlamda belli bir sürede ortalamadan çıkarılan yağış standart sapmaya bölünmesi ile elde edilen değerdir. SRI ile her bölgede belli bir süre boyunca meydana gelen kurak veya nemli olaylar belirlenmektedir. Hesaplanması kolay bir indis olan ve yalnızca yağış değerlerine dayanan standart yağış indisi, fakat olasılıkla ilgilidir ve devam eden periyotta yağış azalmaları hesaplanmaktadır. Bu nedenle ıslak dönemlerde ve kuru dönemlerde kullanılabilir. Bu yöntemin genel amacı su biriktirme haznesi, akış, kar yığını, yeraltı su ve toprak nemini hesaplamaktır. Ve normalleştirilmiş olduğundan nemli ve kurak periyodlar aynı yolu temsil etmektedir. Uygulamada, SRI sonuçlarında yağış serileri normal dağılıma tekabül etmesi

gerekmektedir. SRI değerlerinin hesaplanmasında, en az 30 yıl süre boyunca aylık yağış dizileri (m büyüklüğü) üretilir. Yağış olmayışının farklı su kaynakları üzerindeki etkisinden dolayı, indislerde değişiklikler gözlemlendiğinde 3, 6, 12, 24 ve 48 ay (i) gibi farklı zaman dilimleri belirlenmektedir. Ve altta verilen formülden hesaplanmaktadır.

$$SRI = (X_i/\bar{X}_i)/\sigma \quad X_i : \text{Mevcut akış} \quad \bar{X}_i : \text{Ortalama akış} \quad (3.8)$$

σ : Standart sapma

Tablo 3.6. SRI Değerlerine ilişkin sınıflandırma

SRI	Kuraklık Kategorisi
$2 \leq$	Çok Aşırı Nemli
1,99 – 1,5	Aşırı Nemli
1,49 – 1,0	Orta Derece Nemli
0,99 – (-0,99)	Hafif Şiddetli Kurak
(-1,0) – (-1,49)	Orta Derece Kurak
(-1,5) – (-1,99)	Aşırı Kurak
$-2 \geq$	Çok Aşırı Kurak

3.2.2.4 Baz akım indislerin hesaplanması (BFI)

İngiltere’de 1980 yılında hidroloji enstitüsü tarafından geliştirilen BFI yöntemi günlük olarak hesaplanmaktadır. Bu yöntem için, temel akım toplam akımdan ayrılmalıdır. Bu ayrımın büyük sorunları vardır. Bu sorunlar BFI'nin en büyük zayıflığıdır. BFI dünya çapında kuraklık analizinde kullanılmamaktadır. Bu, diğer hidrolojik kuraklık indislerine çok benzemekte ve bu nedenle kuraklığın tahmininde genellikle ek bir gösterge olarak kabul edilmekte ve altta verilen denklem ile hesaplanmaktadır.

$$BFI = \frac{\sum_i b_i}{\sum_i d_i} \quad (3.9)$$

b_i : Seçilen sezon için temel akım değerleri

d_i : Seçilen mevsimlerin yüzey akış değerleri

3.2.3 Yeraltı suyuna bağlı kuraklık indisleri

3.2.3.1 Standartlaştırılmış su seviyesi indisi (SWI)

SWI indisinin asıl geliştirilme amacı yeraltı su miktarlarını takip etmektir. SWI hesaplaması yapılmadan önce bitmemiş gama işlev verileri normalleştirmek için kullanılır. SWI, su seviyesindeki düşüş, besleme göstergesidir ve bundan dolayı kuraklığın bir göstergesidir. SWI, mevsimsel yeraltı su seviyesi ile mevsimsel yeraltı su seviyesi arasındaki ortalama farkın standart sapma ile bölünmesiyle elde edilir. Eksi değerler yeraltı su seviyesinin azaldığını ve kurak olduğunu gösterirken pozitif değerler yeraltı su seviyesinin yükseldiğini ve kuraklığın olmadığını göstermektedir.

Standart Su Seviyesi İndisi (SWI), ortalama yağış sapma farkının belirlenen zaman aralığında standart sapmalara bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$SWI = \frac{X_i - X_j}{\sigma} \quad (3.10)$$

- X_i : olan yas miktarı
- X_j : ortalama yas miktarı
- σ : standart sapma

SWI'nin avantajları arasında farklı zaman serileri için hesaplama, su stresi tahmin etme ve hidrolojik kuraklığın şiddetini değerlendirme yeteneği bulunmaktadır. (GÜRLER, 2017)

3.2.3.2 Standartlaştırılmış yeraltı suyu indisi (SGI)

Özellikle meteorolojik kuraklıkla başlayan kuraklık olayları yüzey suyunda ve yeraltı suyunda azalmaya neden olabilmektedir. Kuraklığın yeraltı suyu üzerindeki etkisine ve meteorolojik kuraklıkları ölçmek için SPI yöntemi, nehirlerdeki hidrolojik kuraklıkları ölçmek için SRI yöntemini kullanılırken; standart yeraltı suyunu ölçmek için (SGI) indisi kullanılmaktadır. SGI, giriş parametreleri olarak yeraltı suyu seviyelerinde kullanır. Sınıflandırma ve hesaplama sistemi SPI ile aynıdır. SWI'den farkı ise aylık yeraltı su seviyesinin kullanılmasıdır.

(SGI) İndisin belirlenen süre içinde yağışın ortalamadan olan farkına, standart sapmaya bölünmesidir. SWI gibi eksi değerler yeraltı su seviyesinin azaldığını ve kurak olduğunu gösterirken pozitif değerler yeraltı su seviyesinin yükseldiğini ve kuraklığın olmadığını göstermektedir. Denklem ve ilişkileri AWI ile aynı olduğundan tekrar yazılmamaktadır. (GÜRLER, 2017)

3.2.3.3 Yeraltı suyu kaynakları indisi (GRI)

Yeraltı suyunun hesaplanmasında kullanılmakta olan Yeraltı Suyu Kuraklığı Endeksi (GRI), 2008 yılında Mendicino tarafından geliştirilmiştir ve İtalya'nın Calabria kentinde test edilmiştir. Bölgenin doğal dağılımını gösteren GRI, aylık ve yıllık yeraltı suyu seviyesi verilerine dayanmaktadır. GRI yeni bir kuraklık göstergesi olduğundan sadece Mendicino tarafından test edilebilir. Hidrolojik modellerin ürettiği yağış, sıcaklık ve hava basınç verileri ile kullanılmaktadır.

3.2.4 Depolamaya bağlı kuraklık indisleri

3.2.4.1 Standartlaştırılmış depolama hacim indisi (SRSI)

SRSI kuraklık verilerinin depolanma ve düzenli analizi için Japonya'da Gusev tarafından geliştirilmiştir. Hesaplama ve sınıflama sistemi, SPI yöntemi ile aynı şekilde yapılmaktadır. Standartlaştırılmış olasılık dağılımını esas alarak aylık ortalama ve depolama hacim verilerini kullanmaktadır. SRSI, sisteminde girişi yapılan tüm akış ve depolama verilerini dikkate almaktadır. SPI gibi hesaplanması kolay olan SRSI bazen avantaj sağlarken, buharlaşmayı hesapta göz önünde bulundurmaması dezavantajdır. Standartlaştırılmış Yeraltı Suyu İndisi (SGI), belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir.

$$SRSI = (X_i / \bar{X}_j) / \sigma \quad X_i : \text{Mevcut akış} \quad \bar{X}_j : \text{Ortalama akış} \quad \sigma : \text{standart sapma}$$

(3.11)

3.2.4.2 Keşif kuraklık indisi (RDI)

(RDI) indisi yakın zamanda kuraklığın şiddetini ve süresini tanımlamak ve kuraklığın başlangıcını ve sonunu tahmin etmek için geliştirilen bir yöntemdir. Keşif Kuraklık İndisi (RDI) bir su sistemindeki girişler ve çıkışlar arasındaki denge ve ilişkiyi tahmin etmek amacı ile Tsakiris ve Vangelis (2005) ve Tsakiris ve ark. (2007) Yunanistan'daki Atina Ulusal Teknik Üniversitesi'nde geliştirilmiştir. Standartlaştırılmış çıktılar, SPI sistem yapısına benzer olup ve doğrudan karşılaştırılabilmektedir. Giriş parametreleri yağış değerleri ve aylık sıcaklıklardır. Kuraklığın su kaynakları ve tarım üzerindeki etkileri birincil öneme sahiptir. Güçlü yönü Muhtemel buharlaşma transpirasyonunun kullanılması, bölgede daha iyi bir su dengesi gösterir. Dolayısıyla SYI sistemine göre daha sağlam ve güvenilirdir. Zayıf yönü ise, evapotranspirasyon olası hesaplamalarında bazı hatalar ortaya çıkmaktadır. Nedeni ise sadece sıcaklık değerlerinin kullanılmasıdır. Aylık hesaplarda ve ölçeklerde, özellikle hızlı büyüyen kuraklık olaylarında hızlı reaksiyon vermeyebilir.

RDI Kuraklık indisinin başlangıç değeri ($a_k(i)$), hesapta alınan bir yıl (i) için ve aylık (k) zaman ölçeğine göre alttaki gibi hesaplanmaktadır.

$$a_k^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^K P_{ij}}{\sum_{j=1}^k PET_{ij}} \quad (3.12)$$

Yukarıdaki denklemde; P_{ij} ve PET_{ij} i-inci yılın j-inci ayının yağış ve potansiyel evapotranspirasyonu ve N ise, elde olan verilere ilişkin toplam yıl sayısını bildirmektedir. Denklemde, a_k 'nın değeri bilimsel ve gama dağılımlarının farklı zaman ölçeklerinde geniş bir mekânsal aralıkta izleyebildiği gösterilmektedir.

Normalleştirilmiş RDI, her yıl için altta verilen denklemi kullanarak hesaplanmaktadır; burada \bar{a}_0 parametresi, N yıllık veri için hesaplanan a_0 değerlerinin aritmetik ortalaması olarak bilinmektedir.

$$RDI_n = \frac{a_0}{\bar{a}_0} - 1 \quad (3.13)$$

Ayrıca a_0 değerlerinin bir normal dağılım izlediği düşünüldüğünde, RDI'nin hesaplanması için alttaki eşitlik kullanılmaktadır.

$$RD\dot{I}_{st} = \frac{y^{(i)} - \bar{y}}{\bar{\sigma}_y} \quad (3.14)$$

$\bar{\sigma}_y$; standart sapmasıdır, \bar{y} ; aritmetik ortalama ve $y^{(i)} = \ln(\alpha k(i))$, olarak bilinmektedir.

Benzerlik açısından SPI ile aynı şekilde davranıp sonuçları ve yorumlanması aynıdır. Bundan dolayı RDİ, SPI sistemi ile aynı yolu takip etmekte ve aynı şekilde karşılaştırılmaktadır. Lognormal dağılım seçimi sınırlayıcı değildir fakat verilere en iyi şekilde uyan olasılık dağılım fonksiyonuna bağlı olarak çeşitli prosedürlerin yerine tek bir prosedür geliştirilmesine yardımcı olmaktadır.

Tablo 3.7. RDİ Kuraklık keşif İndisine göre kuraklık sınıflandırması

Sınıflar	İndis Değerleri
Aşırı nemli	2.00<
Çok nemli	1.50 – 1.99
Hafif nemli	1.00 – 1.49
Normal	-0.99 – 0.99
Hafif kurak	-1.00 – -1.49
Şiddetli kurak	-1.50 – -1.99
Aşırı kurak	>-2.00

3.2.4.3 Toplam depolama açığı indisi (TSDI)

Kuraklığın karakterini belirlemek amacıyla Yirdaw (2008) tarafından geliştirilmiştir. Yirdaw çalışmasında GRACE uydusunun ölçümlerine dayanan gözlemleri ve akım değerlerini, depolama anomalileri ile birleştirmiştir.

Yirdaw tarafından 2008 yılında keşfedilen bu yöntem Kanada’da kuraklık karakterini incelenmek için geliştirilmiştir. Yirdaw, çalışmasında GRACE uydusunun depolama anomalileri ile yapılan ölçümlere gözlem ve güncel değerleri birleştirdi. Yapılan hesaplarda terleme, yağış ve boşalım değerleri kullanılmaktadır. Depolanan su miktarındaki değişim, o bölgedeki kuraklığı göstermektedir. TSDI indisi üzerinde çalışmalar devam etmekte olup ve dünya çapında kuraklık analizinde kullanılmamaktadır. TSDI indisi diğer indislere göre hesaplama yöntemi zor olup kullanımı fazla tercih

edilmemektedir. TSDI indis analizinde alttaki hesaplama adımları kullanılmaktadır. (GÜRLER, 2017)

$$TSDi = \frac{TSA_{ij} - MTSA_j}{TSA_{max} - TSA_{min}} \quad (3.15)$$

TSA: Bir ayın toplam depolama açığı anomalisi

MTSA, TSA_{max}, TSA_{min}: uzun vadeli depolama açığı, maksimum ve minimum toplam depolama açığı anlamına gelmektedir.

İ: yıllar J: aylar

3.2.5 Meteorolojik kuraklık indisleri

3.2.5.1 Normalin yüzdesi indisi (PNI)

Kuraklık indisleri arasında en kolayı PNI olup ve temel olarak belirtilen zaman dilimi boyunca yağış miktarının ortalamasına bölünmesiyle yüzdelik şekilde elde edilmektedir. PNI, 12 ay veya daha kısa süreler için kullanılmaktadır. Kuraklıkların değerlendirmesinde, PNI değerleri dikkate alınarak, indisin sürekli olarak eşikten düşük olduğu süreçte, kuraklık dönem olarak tanımlanır. Eşiğin altındaki ilk düşüş ise kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilir ve eşiğin üzerindeyken kuraklık sona erer anlamına gelmektedir. Bu şekilde kuraklığın şiddeti, kategorilere göre sınıflandırılmaktadır.

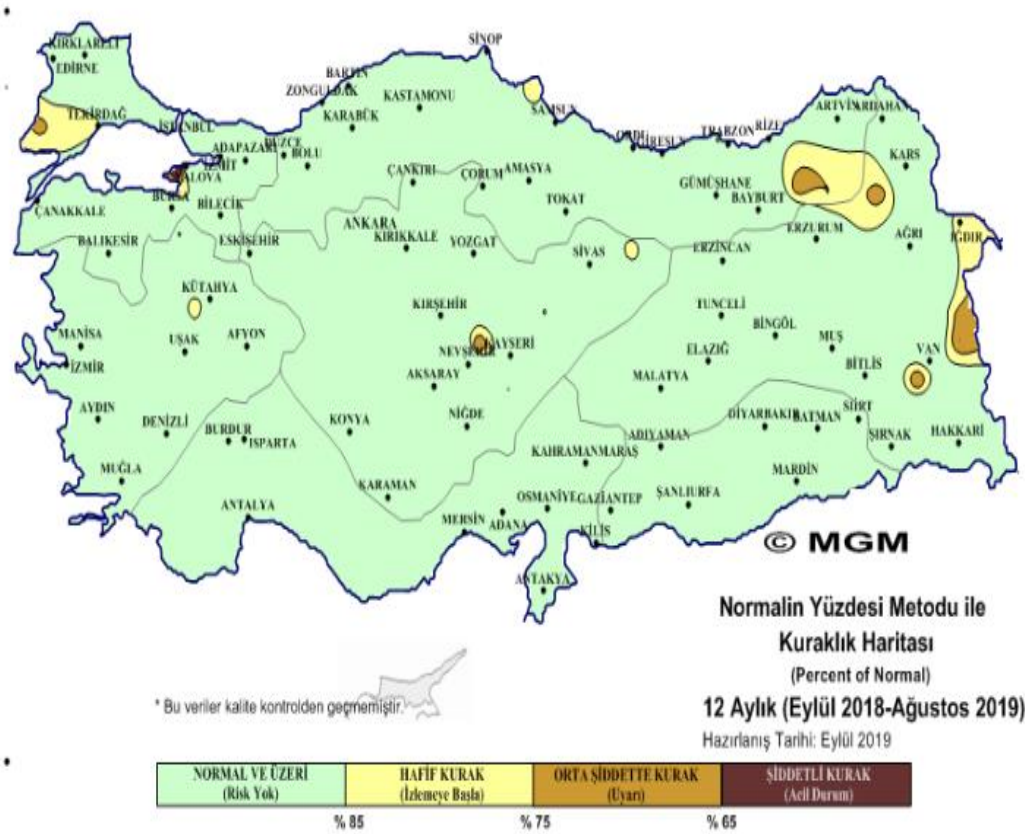
$$PNI = (P_i / \bar{P}_i) * 100 \quad (3.16)$$

PNI: Normalin Yüzdesi İndisi P_i : Aktüel yağış miktarı \bar{P}_i : Ortalama yağış miktarı

Tablo 3.8. PNI Metoduna göre indis değerleri ve sınıflandırma

PERİYOT	NORMAL VE ÜZERİ (Risk yok)	HAFİF KURAK (İzlemeye başla)	ORTA ŞİDDETE KURAK (Uyarı)	ŞİDDETLİ KURAK (Acil durum)
1	%75 ten büyük	%65 – %75	%55 – %65	%55 ten küçük
3	%75 ten büyük	%65 – %75	%55 – %65	%55 ten küçük
6	%80 den büyük	%70 – %80	%60 – %70	%60 tan küçük
9	%83,5 tan büyük	%73,5 – %83,5	%63,5 – %73,5	%63,5 tan küçük
12	%85 ten büyük	%75 – %85	%65 – %75	%65 ten küçük

12 Aylık Değerlendirme



Şekil 3.5. PNI Kuraklık haritası (Metroloji genel müdürlüğü, 2019)

3.2.5.2 Ondalıklar indisi (DI)

İlk olarak Gibbs ve Maher tarafından 1967 yılında önerilen bu yöntemde, uzun vadeli bir kayıttan aylık yağış toplamları ilk önce bir kümülatif frekans dağılımı oluşturmak için en yüksekten en düşüğe doğru sıralanır. Dağıtım daha sonra 10 parçaya ayrılır. İlk ondalık bir rekordaki tüm yağış değerlerinin en düşük %10'unu geçmeyen yağış değeridir; ikincisi ise en düşük %10 ile %20 arasındadır. Herhangi bir yağış değeri (örneğin cari veya geçmiş aydan itibaren) bu indis açısından karşılaştırılabilir ve yorumlanabilir ve aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$PI = \frac{i}{n+1} * 100 \quad (3.17)$$

Tablo 3.9. SPI, PNI ve DI Değerlerinin sınıflandırılması

Kurak sınıfı	SPI	PNI (%)	DI (%)	SINIF
Aşırı ıslak	≥ 2		≥ 90	7
Çok ıslak	1.5 _ 1.99		80 _ 90	6
Orta derecede ıslak	1 _ 1.49	≥ 110	70 _ 80	5
Normal	-0.99 _ 0.99	80 _ 110	30 _ 70	4
Orta derecede kurak	-1 _ -1.49	55 _ 80	20 _ 30	3
Şiddetli kuraklık	-1.5 _ -1.99	40 _ 55	10 _ 20	2
Aşırı kurak	≤ -2	≤ 40	≤ 10	1

3.2.5.3 Aridite İndisi (AI)

Genel olarak, kuraklık yeryüzündeki doğal bitki örtüsü ve kurak alanların oluşumunu ve evrimini etkileyen ve kontrol eden iklimsel bir faktördür. Bu nedenle, kuraklık indisi yağış, rüzgâr, arazi ve hava sıcaklığına bağlı bir alanda yağmur ve rüzgâr erozyonu ve çölleşme süreçlerini kontrol eden fiziksel bir indis olarak değerlendirilebilir ve sınıflandırılabilir. Bu, özellikle toprak ve su kaynaklarının bozulmasına ve çölleşme süreçlerine karşı kırılganlığa (çölleşmeye karşı açıklığa) dayanmaktadır. Toprak, topoğrafik koşulların ve dünyanın belirli bir bölgesinde belirli bir saat diliminde aktif olan

iklimsel olayların neden olduğu meteorolojik kuraklık veya yağış ve nem koşullarıdır. Kuraklık, kuraklıkta belirtilen koşulların uzun vadeli etkilerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Genel olarak kuraklık, doğal bitki örtüsünün ve kurak toprakların oluşumunu ve evrimini etkileyen ve kontrol eden iklimsel bir faktördür. Bu indis kurak bölgelerin belirlenmesi ve çölleşmenin belirlenmesi için tercih edilir ve altta verilen denklem ile hesaplanmaktadır.

$$AI = P/PET \quad (3.18)$$

Burada, P yıllık toplam yağış (mm) ve PET, yıllık toplam iyileşme potansiyel evapotranspirasyon (mm) olarak bilinmektedir. Genel olarak, 1'in altındaki AI değerleri, bir istasyonda veya bölgede kaydedilen toplam yıllık yağışın, aynı alanda potansiyel olarak meydana geldiği düşünülen buharlaşma ve terleme yoluyla atmosfere verilen suyu karşılamadığını gösterir. Ortalama veya baskın iklim koşullarında yıllık su açığı vardır. Uzun vadeli ortalama yıllık P ve yıllık PET miktarlarını kullanan değerler her yılın aylık değerleri kullanılarak hesaplanan aylık değerler her yıl için ayrı ayrı hesaplanabilir. İklim değişikliği ve değişkenliğinin dikkate alındığı kuraklık ve çölleşme analizleri ve izleme çalışmalarında kuraklık koşullarında yıldan yıla değişkenlikler, her yıl için ayrı ayrı hesaplama yapılarak ve uzun yıllara dayanarak yıllık AI elde edilerek dikkate alınmaktadır. Ayrıca, hesaplanan yıllık AI serisi kullanılarak kurak, yarı kurak ve kurak yarı nemli bölgelerde kuraklık / nem koşullarında gözlenen uzun vadeli eğilimler ve dalgalanmalar incelenmektedir.

Tablo 3.10. Aridite İndisi (AI) Değerlerinin sınıflandırılması (Türkeş, 2005)

Aridite İndeks Değeri	Sınıflandırma
< 0.05	Çok kurak
0.05 – 0.19	Kurak
0.20 – 0.49	Yarı kurak
0.50 – 0.64	Kuru-yarı nemli
0.65 – 0.79	Yarı Nemli-Çölleşmeye Açık
0.80 – 0.99	Yarı Nemli-Çölleşmeye Olası Eğilimli
1.00 – 1.99	Nemli
2.00 <	Çok nemli

3.2.5.4 Pet potansiyel evapotranspirasyon

Potansiyel Evapotranspirasyon (PET) hidrolojik döngünün hayati bir parçasıdır. Kuraklık ve kurak gibi iklimlerin kuru ve ıslak durumlarını analiz etmek için kullanılmaktadır. PET, evapotranspirasyonun sınırsız bir toprak ve su kaynağının erişimi olan tavsiye veya ısı depolama etkisi olmadan büyüyen bitki örtüsü ile tamamen ve düzgün bir şekilde kaplanmış geniş bir alanın oluşum hızıdır. Konsept Thornthwaite (1948) tarafından esas olarak iklime bağlı olmayı ve yüzey özelliklerinden büyük ölçüde bağımsız olmayı amaçlayan iklim sınıflandırması için bir planın parçası olarak tanıtıldı. Uygulamalarda PET'i hesaplamak için kullanılan birçok yöntem vardır ve bu yöntemlerin çoğu veri gereklilikleri temelinde sınıflandırabilmektedir.

- Sıcaklığa bağlı yöntemler,
- Radyasyona dayalı yöntemler,
- Kombinasyon modelleri,
- Pan tabanlı yöntemler.

Mevcut PET modelleri arasında Romanenko (1961) modeli pratik kullanım için en basitlerinden birisidir çünkü; sadece kolay erişilebilir iki parametresi, ortalama sıcaklık ve bağıl nem gerektirmektedir.

$$PET = 0.0018(25 + T_a)^2 (100 - R_h) \quad (3.19)$$

3.2.5.5 Palmer kuraklık şiddeti indisi (PDSI)

Sıcaklık ve yağış verilerini su envanteri bilgileri ile birleştirerek elde edilen Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI) ilk olarak ABD tarlalarındaki kuraklığı tanımlamak için geliştirilmiştir. PDSI aylık yağış, sıcaklık ve toprak su depolama kapasitesi kullanılarak hesaplanmaktadır. Evapotranspirasyon, giriş suyu, yüzey akışı ve su dengesinin ana parametreleri olan yüzeydeki nem kaybı tespit edilebilir ancak sulama gibi insani etkiler göz önünde bulundurulmaz. Genellikle aylık hesaplanan PDSI, aylık veya haftalık zaman serileri kullanarak, kuraklık olaylarının veya kuru ve ıslak büyümenin süresini ve şiddetini ölçmek için evrensel olarak kullanılan en yaygın kuraklık indislerinden birisidir. Palmer tarafından nem eksikliğinin ölçümü için geliştirilmiş ve özellikle ABD'de önem kazanan

Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI) hava koşullarına göre değişmektedir. Koşullar aşırı kuru ya da aşırı ıslak olduğunda önemli ölçüde değişmektedir. PDSI yönteminde, nem arzı ve talep arasındaki dengenin ilkeleri bir yaklaşım olarak kullanılır. Yağış ve sıcaklıktaki değişimi, buharlaşma, toprağın nemi ve akma su dengesini doğrudan etkilemektedir. PDSI değerlerinin hesaplanmasında, yerin aylık veya haftalık yağış ve sıcaklık verileri ile yerin mevcut su kapasitesi (AWC) kullanılmaktadır. Daha sonra hesaplanan değerler Palmer sınıflamasına göre değerlendirilir. Genel olarak negatif PDSI değerleri kuru periyotları gösterir ve pozitif PDSI değerleri ıslak periyotları göstermektedir. Neredeyse ortalama koşullar genellikle sıfır civarında gösterilmektedir. Diğer indislerde olduğu gibi, PDSI'nin de bazı üstünlükleri ve eksiklikleri vardır. PDSI hem yağış hem de ortalama yüzey hava sıcaklığını kullanmaktadır. Bu nedenle PDSI yüzey ısınmasının temel etkilerini açıklayabilir. Bu indis, yüzey suyu dengesindeki kümülatif ayrılmayı ölçer. Evapotranspirasyon, toprak şarjı, akıntı ve yüzey nem kaybını içeren su dengesi denklemlerinin hemen hemen tüm temel kavramları bu indis ile tanımlanmaktadır. Bununla birlikte; bu indis sadece sulama ve sanayide su kullanımı ve su rezervi üzerindeki yeni rezervuarların inşası gibi insan etkilerini göz önünde bulundurmadan girdilere dayanmakta olup ve aynı zamanda sadece belirli toprak tiplerine karşı hassastır. Bu nedenle; bu indisin iklim bölümü için uygulanması, doğru değerler elde etmek için çok genel olmaktadır. Formül ve denklemleri Hidrolojik Palmer Kuraklık Şiddeti indisini ile aynı şekilde hesaplanmaktadır.

3.2.5.6 Aridite anomali (AAI)

Su dengesinin dikkate alındığında gerçek zamanlı bir kuraklık indisini olan Aridite İndisi (AAI) haftalık veya iki haftalık dönemler için kullanılmaktadır. Her dönem için o dönemdeki gerçek kuraklık, o dönemdeki normal kuraklıkla karşılaştırılır. Negatif değerler nem artığını gösterirken pozitif değerler nem stresini belirtmektedir.

Giriş parametreleri: Gerçek evapotranspirasyon ve hesaplanmış potansiyel evapotranspirasyon sıcaklık, rüzgâr ve güneş radyasyonu değerlerini gerektirmektedir.

Uygulamaları: Kuraklığın tarımda, özellikle de ıslak ve kurak mevsimlerin tanımlandığı tropik bölgelerde iklim rejiminin bir parçası olduğu bilinmektedir. Hem kış hem de yaz aylarında kırpm mevsimi bu yöntemle değerlendirilebilir.

Güçlü Yönleri: Tarıma özgü, hesaplamaları basittir ve kuraklığın açıklamaları (hafif, orta veya şiddetli) normalden ayrılmaya dayanmaktadır. Haftalık bir adımla hızlı bir şekilde yanıt verir.

Zayıf Yönleri: Uzun vadeli veya çok dönemli etkinliklere uygulanamaz.

$$AAI = \text{Su açığı} / \text{Su ihtiyacı} \quad AAI = \left(\frac{PE-ET}{PE} \right) * 100 \quad (3.20)$$

ET, su dengesi yönteminden hesaplanan fiili evapotranspirasyon ve bitkinin su ihtiyacını göstermek için PE buharlaşmasının potansiyel evapotranspirasyonunu ve (PE-AE) su açıklarını gösterir.

PE'nin hesaplanması için Penman denklemi kullanılmaktadır. AE alandaki toprak su tutma kabiliyetini dikkate alan su dengesi yönteminden elde edilmektedir. Bu sisteme göre yağış öncelikle bitkilerde buharlaşmaya sebep olur. Bitkiler buhar ihtiyaçlarını karşıladıktan sonra yağmurun fazlası toprağa intikal etmektedir. AAI indisi kısa sürelerde yani; bir ya da iki haftada gerçekleşmektedir. Anomali haritasında bitki büyümesinin neden olduğu nem stresi ile ilgili bilgi vermektedir. Bu analizde bitki büyümesinde kalitatif bir gecikme ve çok az verim olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.11. Aridite anomali (AAI) sınıflama tipi

Aridite Anomalisi İndisi	Tarımsal Kuraklığın Şiddeti
1 – 25	Hafif
26 – 50	Ortalama
> 50	Şiddetli

3.2.5.7 Palmer Z İndisi

Palmer Z İndisi, kısa vadeli koşullarda PDSI'den daha iyi yanıt vermekte ve tipik olarak daha kısa zaman dilimleri için hesaplanmakta ve hızla gelişen kuraklık koşullarında daha çok kullanılmaktadır. Palmer tarafından 1960'lı yılların başlarında yapılan orijinal çalışmanın bir parçası olarak, Palmer Z indisi genellikle nem anomalisi olarak PDSI çıkışı ile birlikte aylık olarak hesaplanmaktadır.

Özellikleri: Bazen 'Nem Anomalisi Dizini' olarak adlandırılır ve türetilen değerler, o yerin tüm kaydına kıyasla hem kuruluk hem de ıslaklık için bir bölgenin göreceli anomalilerinin karşılaştırılabilir bir ölçüsünü sağlamaktadır.

Giriş Parametreleri: Palmer Z indisi bir PSDI türevidir ve Z değerleri çıktının bir parçasıdır.

Uygulamalar Alanı: Mevcut dönemlerde bilinen diğer kuraklık dönemleriyle karşılaştırmak için kullanışlıdır. Ayrıca Palmer tarafından tanımlandığı gibi, yakın ve normal kategoriye ulaşmak için ne kadar neme ihtiyaç duyulduğunu belirlemek için kullanılmakta olup ve kuraklık süresinin sonunu belirlemek için kullanılmaktadır.

Güçlü Yönleri: PSDI ile aynı olup bilimsel literatürde çok sayıda makale içermektedir. Toprak verilerinin kullanımı ve toplam su dengesi metodolojisinde Palmer Z indisinin kuraklığın belirlenmesinde oldukça sağlam kalmaktadır.

Zayıf Yönleri: PSDI ile aynı olup sorunlara neden olabilecek seri olarak eksiksiz veriye ihtiyaç duyulmasıyla, hesaplamalar içindeki toprak nemi bileşeninin basitleştirilmesine dayanan kuraklık koşullarının tanımlanmasında gecikmeye yol açan yaklaşık dokuz aylık bir zaman çizelgesine sahiptir. Bu gecikme, birkaç ay sürebilir. Bu hızla gelişen bir kuraklık durumunu belirlemeye çalışırken sakıncalıdır. Palmer Z indisi donmuş yağışların veya donmuş toprakların iyi işlememesi nedeniyle mevsimsel sorunlara da yol açar.

3.2.5.8 Aydeniz iklim sınıflandırması

İklim sınıflandırmaları dünyada gözlenen farklı iklimler arasında ayırım yapmak için farklı yöntemler kullanılarak geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri Prof. Dr. Akgün AYDENİZ tarafından üretilen formüldür. Aydeniz yöntemi ortalama sıcaklık, ortalama toplam yağış, ortalama nem içeriği ve güneşe maruz kalma parametreleri dikkate alarak hesaplanır. 1973 yılında Akgün'ün üretildiği formülde yağış ve kuraklık detaylıca bahsedilmiştir. Özellikle kuru dönem ve indislerin belirlenmesinde, sadece sıcaklık ve yağış parametrelerinin yeterli olmadığını söyleyerek, daha gerçek değerleri elde etmek için nem-yağış ve sıcaklık-güneşlenme süre ilişkilerini dikkate alarak daha uygun sonuçlar vereceği düşünülmüştür

$$N_{kb} = \frac{P \cdot RH}{T \cdot G_s + 15} * N_p \quad (3.21)$$

$$K_{ks} = \frac{1}{N_{ks}} \quad (3.22)$$

- N_{ks} : Nemlilik katsayısı,
- K_{ks} : Kuraklık katsayısı,
- P: Aylık toplam yağış (cm),
- T: Aylık ortalama sıcaklık (°C),
- RH: Aylık ortalama nispi nem (%),
- G_s : Her bir enlem derecesine göre değişen gerçek stimü,
- lasyon süresinin teorik aşılama süresine oranı (%). Güneş ışığının gerçekleşebileceği zaman miktarı.
- N_p : Nem periyodun yüzdesi (%). “Nks” değeri, 0.40’dan fazla olan ay sayısı 12’ye bölünerek bulunur. Aylık hesaplamada “Np” yerine 12 yazılır.

Tablo 3.12. Aydeniz indis değerleri ve iklim özelliği

N_{ks}	İklim Özelliği	K_{ks}
0.40 den az	Çöl	2.50 den fazla
0.40 – 0.67	Çok Kurak	1.50 – 2.50
0.67 – 1.00	Kurak	1.00 – 1.50
1.00 – 1.33	Yarı Kurak	0.75 – 1.00
1.33 – 2.00	Yarı nemli	0.50 – 0.75
2.00 – 4.00	Nemli	0.25 – 0.50
4.00 den fazla	Çok nemli (Islak)	0.25 den az

3.3 İstatistiksel Analizlerin Uygulanması

3.3.1 Kümeleme analizi

Sokal ve Sneath (1963) tarafından yapılan sayısal taksonomi prensipleri kitabının yayınlanmasının ardından kümeleme yöntemleri ile ilgili çalışmalar hızlandırılmıştır. Küme analizi, küme yapısını ve farklı yapılara sahip veri seti sayısını inceler. Küme analizi, birimleri ve değişkenleri bilinmeyen gruplara sahip benzer alt gruplara (Gruplar, sınıflar) bölmeye yardımcı olan çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden birisidir. Küme analizinin temel amacı birimleri farklı özelliklerine göre sınıflandırmaktır. (Yalçın, 2013)

Kuşkusuz bilgisayar teknolojisinin gelişimi ve sınıflandırmanın bilimsel bir süreç olarak kullanılması hem bilim hem de sosyal bilimlerde yaygın olarak kullanılan kümeleme yöntemlerinin artmasında önemli bir rol oynamıştır. Kümeleme analizinde asıl amaç, benzer grupları aynı gruplarda toplamaktır. Kümeleme, iki gözlemin benzerlik veya mesafe ölçümlerine göre yapılır. Bu bakımdan, bireyler arasındaki benzerliği ölçmek için kullanılan önlem küme analizinin en önemli sorunlardan birisidir. Kümeleme analizinde geçerli ve anlamlı sonuçlara elde etmek için iki koşulun karşılanması gerekir. Birincisi önemli değişkenlerin seçimidir. İkincisi ise küme sayısının doğru seçimidir. Kademeli regresyon analizi ve temel bileşen analizi gibi yöntemler, önemli değişkenlerin seçiminde uygulanabilir.

3.3.1.1 Kümeleme analizinin işlevleri

Küme analizi, birimleri benzerliklerine göre sınıflandıran çok değişkenli istatistiksel yöntemlerin koleksiyonudur. Bu yöntemler bazı parametrelere göre belirli işlemleri gerçekleştirir. Kümeleme tekniklerinin temel işlevleri;

- a. Diyelim ki n ve p değişkenleri var. N birim ve p değişkeninin özelliklerine göre benzer alt kümeler ve farklı alt kümeler oluşturma,
- b. Uygun mesafe ölçümünü belirleyerek birimler arasındaki mesafenin belirlenmesi,
- c. Birimleri gruplara ayırmak için kümeleme yöntemleri,
- d. Elde edilen grup ve diyagramları analiz ederek ve yorumlayarak hipotezleri test etmek.

3.3.1.2 Kümeleme yöntemleri

Kümeleme analizi için literatürde çeşitli algoritmalar önerilmiştir. Bununla birlikte, kümeleme yöntemleri iki temel algorithmada özetlenebilir. Bunlardan biri hiyerarşik kümeleme ve doğrusal olmayan hiyerarşik yöntemlerdir. Aşağıdaki yöntemler bu iki temel algorithmaya dâhil edilmiştir ve bir sınıflandırma sunulmaktadır.

A. Hiyerarşik yöntemler (Bağlantı teknikleri, varyans teknikleri, merkezileştirme teknikleri)

B. Hiyerarşik Olmayan “K-Ortalama, K-Means” Yöntemleri, Metoid Parçalama Yöntemi, Yığılma / Yığılma Yöntemi, Bulanık (Fuzzy) Kümeleme Yöntemi.

3.3.1.3 Kümeleme analizinin adımları

Araştırmacı, hedefleri belirledikten ve değişkenleri seçtikten sonra aşağıdaki soruları cevaplamalıdır.

- Numune boyutun yeterliği,
- Veri aykırı değerlerde midir ve kaldırılabilir midir?
- Gözlemlerin benzerliği nasıl belirlenmelidir?
- Veriler standartlaştırılmalı mıdır?

Bu soruları cevaplamak için farklı yaklaşımlar kullanılabilir. Ancak, bunların hiçbiri bu sorulardan birine kesin cevap olarak yeterli değildir ve aynı verilere farklı yaklaşımlar farklı sonuçlar vermektedir. Bu nedenle faktör analizi gibi küme analizinin araştırma tasarımı ve araştırmacı seçimi üzerinde diğer çok değişkenli yöntemlerden daha büyük bir etkisi olacaktır. Küme analizi, bireylerin veya birimlerin benzerliklerine veya mesafelerine göre yapılır. Bu nedenle ilk adım benzerlik veya mesafe matrislerinin oluşumunu analiz etmektir. Bununla birlikte benzerlik ölçümünü hesaplamadan önce, verilerin standardize edilip edilmeyeceğine karar vermek gerekir. Çünkü bu ölçümler farklı ölçeklere ve değişkenler arasındaki boyut farkına dayanmaktadır.

3.3.2 K - ortalamalar yöntemi

K-Ortalama algoritması, ilk olarak MacQueen (1967) tarafından önerilen en popüler kümeleme algoritmalarından birisidir. K - ortalama Yöntemi, büyük miktarlardaki karmaşık verileri basitleştirerek, kullanımı kolay ve anlamlı kümelerini oluşturmak için kullanılan bir kümeleme algoritmasıdır. K - Ortalamaları Yöntemi, verilerin parazitsiz olarak K gruplarına bölünmesi için bir başka yaygın kümeleme yöntemidir. K – Ortalama yöntemi önce kümeleme merkezlerini temizler ve sonra bunları aşağıdaki gibi tekrarlar. (Tekin, 2018)

1. Her örnek en yakın küme merkezine atanır.
2. Her küme merkezi, onu oluşturan örneklerin ortalaması olarak güncellenecektir.

$$J_{ko}(X; V) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^k D_{ij}^2 \quad (3.23)$$

k küme sayısını ve n nesne sayısını gösterir. D_{ij}^2 , nesnelere ve küme merkezleri arasındaki mesafenin ölçüsüdür. Kümeleme analizinde, Öklid mesafeleri genellikle mesafe normu (L2 normu) olarak kullanılır ve $\|x_{ij} - v_j\|_2$, $1 \leq j \leq k$ olarak hesaplanır. Burada x_{ij} , j . Kümede i nesne; v_j da j küme merkezi prototipi anlamına gelmektedir;

$$V_j = \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij} / n_j; 1 \leq j \leq k \quad (3.24)$$

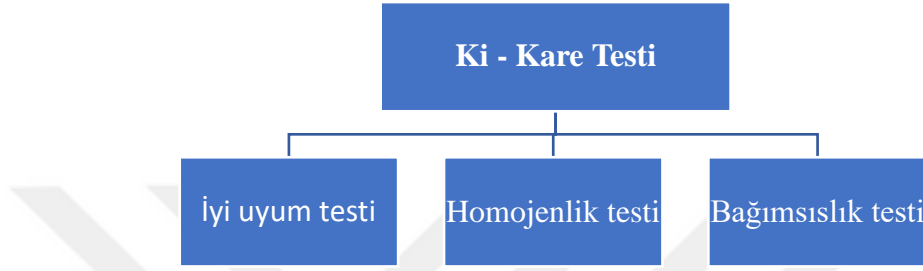
K-ortalama kümeleme aşamaları aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır;

- Başlangıç aşaması: Nesnelere rastgele olarak k setlerine böler.
- Tekrarlama aşaması.
- Geliştirme aşaması: her nesneyi en yakın merkezle beraber kümeye atar.
- Durma aşaması: Bu aşama hiçbir nesnenin kümeleri hareket ettirmediği süreçte devam eder.

3.3.3 Ki - kare analizi

Örnekleme yöntemi ile ortaya çıkan rakamların, ana kütle rakamları ile uygunluğuna bakmaktadır. Diğer taraftan gözlenen değerlerin teorik (beklenen) değerlere uygunluk gösterip göstermediği Ki - Kare Testi ile tespit edilmektedir.

$$Z_t^2 = \left(\frac{X_t - \mu}{\sigma}\right)^2 \quad (3.25)$$



Şekil 3.6. Ki - Kare test aşamaları

Bağımsızlık testi, bir sınıf değişkeninin diğeriyle ilişkili olup olmadığına bakmak için kullanılan bir testtir. Bir grubun oranı başka bir gruba veya gruplar ile aynı orana sahip olup olmadığına bakmak için Homojen testi kullanılır. Ve uyum testi ise örnek oranlarla ilgili varsayılan oranları test etmektedir.

3.3.4 Varyans analizi (Anova)

İstatistiklerde kullanılan varyans analizi kavramı, birçok istatistiksel yöntemi içeren bir grup yönteminin genel adıdır. Varyans analizinin en basit şekli, tek yönlü varyans analizidir. Başka bir deyişle, tek yönlü Anova (Variance Analysis) ortalamalar arasında fark olup olmadığına bakmak istediğimizde ve fazla grubumuz olduğu zaman varyans analizi kullanılmaktadır. Diğer testlerde olduğu gibi bu testin uygulanmasında bazı ön koşulların karşılanması gerekmektedir ve birkaç adımda aşağıda verilecektir.

- Bağımlı değişken nicel verilerden oluşur.
- Verilerin dağılımı normal olmalıdır.
- Grup varyansları nispeten homojen olmalıdır.
- Normal dağılımda bir sorun varsa, alternatif bir test olan Kruskal-Wallis uygulanır.

Anova, bağımsız değişkenlerin birbirleriyle nasıl etkileştiklerini ve bu etkileşimin bağımlı değişken üzerindeki etkisini analiz etmek için kullanılır. Birden fazla olan karşılaştırma testleri eşit veya farklı varyans yaklaşımlarına göre iki gruba ayrılır. Aşağıdaki tabloda bu iki grup listelenmiştir.

Tablo 3.13. Varyans yöntemine göre gruplar

Eşit varyans teorisine kullanan testler	Farklı varyans teorisine kullanan testler
<ul style="list-style-type: none"> ✓ LSD (fishcer's significant difterince test) ✓ Bonferroni Test ✓ Tukey HSD Test ✓ Scheffe Test ✓ Duncan Test ✓ Dunnet Test ✓ Waller-Duncan Test 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tamhane Test ✓ Dunnet T3 Test ✓ Games-Howell Test ✓ Dunnet-C Test

Burada, aşağıdaki öğeleri kontrol ederek hangi testin seçileceğine karar verebilirsiniz.

- Grup sayısı birden fazla ve örneklem sayıları yakınsa: Tukey ve Bonferroni testi.
- Örneklem sayıları arasındaki fark fazla ise: Scheffe testi.
- Sadece varyanslar eşit değilse, Tamhane ve Dunnett testi.
- Örneklem sayıları birinden farklı ve varyanslar homojen değilse Brown-Fortshe testi.

$$SST = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X})^2 \quad (3.26)$$

X_{ij} ; Gruptaki değerler n_j ; gruptaki değerlerin sayısı n; tüm gruptaki değerlerin toplamı c, grup sayısı.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Hava ve iklim koşulları yaşamsal etkilere sahiptir. Bu yüzden, iklim sisteminde meydana gelebilecek değişiklikler doğrudan ona bağlı alt sistemlerinde, arada gecikmeli olsa da yanıtını bulur. Bu yanıtlardan biri direk meteorolojik kuraklığa bağlıdır. Genellikle bütün kuraklık sistemleri ilk başta meteorolojik kurak, yani yetersiz yağış ile başlar. Sonrasında ise toprak neminde azalma ve bitkinin ihtiyacı olan minimum su kapasitesinin azalması ile tarımsal kuraklık meydana gelmektedir. Hidrolojik kuraklık ise akarsulardaki ve barajlardaki suların azalması ile kendini göstermektedir. Ve bu olaylar en son kendine sosyo-ekonomik kuraklık olarak kendini gösterir. Türkiye'nin geneline bakıldığında 2007 ve 2008 yılları arasında yağışların ortalamasının altına düşmesi ile daha sonra sosyo-ekonomik kuraklıklara dönüşmüş ve büyük şehirlerde su kıtlığına ve uzun zaman su kıtlığına yol açmıştır.

Yapılan çalışmada 1978-2015 yıllarının yağış, akış pet ve sıcaklık verilerini kullanarak Erzincan, Gümüşhane ve Bayburt illerinin kuraklık analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda belirtilen illerde hangi yıllarda ve mevsimlerde ne tur kuraklık tipi yaşandığı, kuraklığın kaç yıl devam ettiği ve dönem içerisindeki yüzde olarak oranı tespit edilmiştir. Daha sonra bu verilere dayanarak seçilen kuraklık indisleri aracılığıyla tarihsel kuraklık analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan gözlem verileri; devlet su işlerinden ve meteoroloji genel müdürlüğünden temin edilmiştir.

4.1 Kuraklık Durumunun İndisler Aracılığıyla Değerlendirilmesi

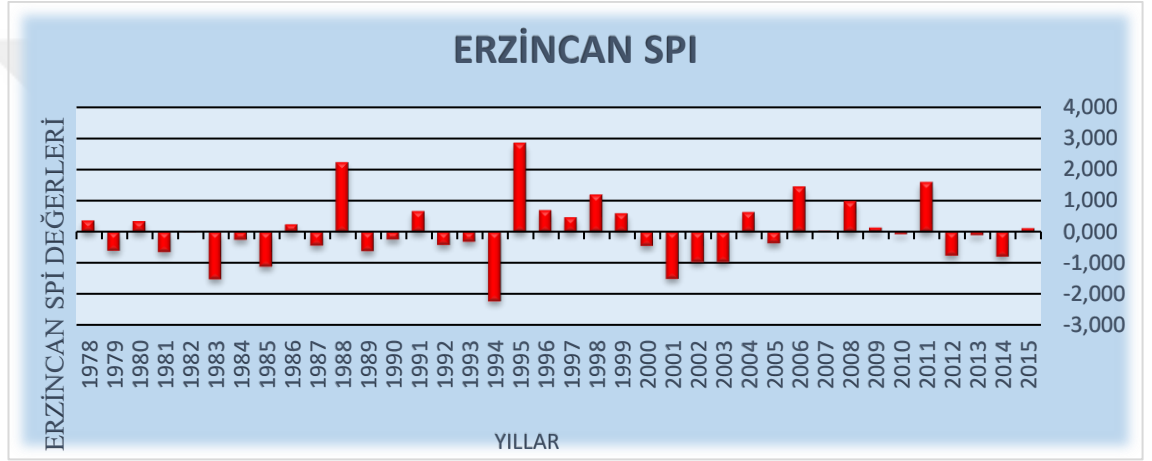
4.1.1 Erzincan'ın 5 indise göre değerlendirilmesi

Bu günlerde dünyada en yaygın şekilde kullanılan SPI, 1 ay ila 48 ay arasında değişen dönemlerde genel nem durumunu gösterir. Çalışmada sadece yağış verileri kullanarak, Erzincan il merkezinin Standartlaştırılmış Yağış indisi SPI ile bakıldığında en uzun kurak dönemi 3 yıl ve 2001 - 2003 yıllarında -0,969; -0,966 eksi değerler ile yaşanmıştır. Diğer yıllarda ise kuraklık olayı yaşanmış fakat devamlı bir şekilde gerçekleşmemiştir. Erzincan ilinde genelde hafif kuraklık olayları görülmüştür. Genele baktığımızda Erzincan ilinde toplam 11 yıl kurak ve 27 yıl normal üzeri görülmüştür.

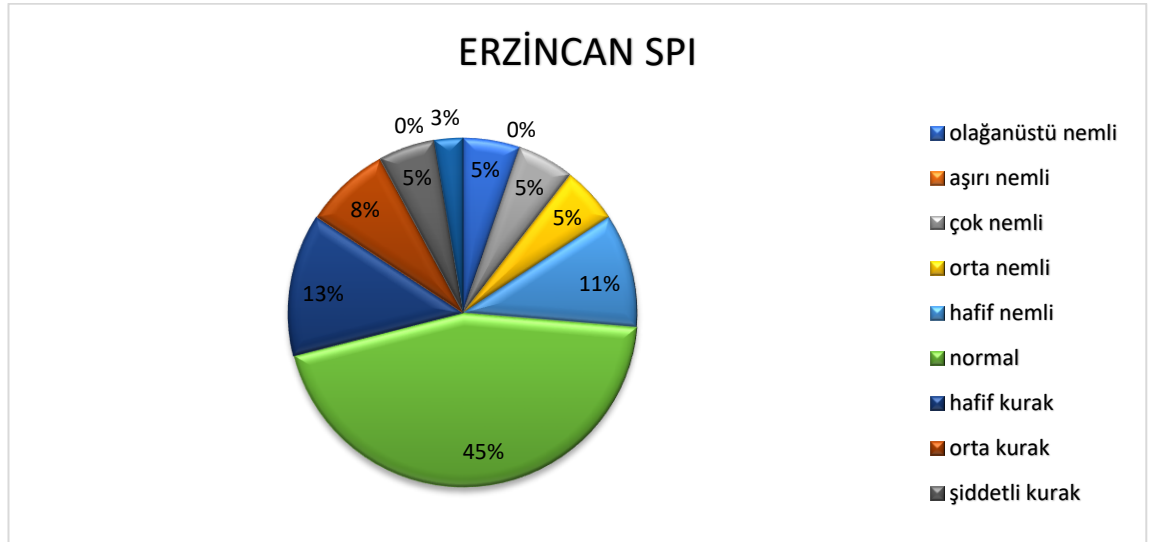
Yüzde olarak baktığımızda olağanüstü nemli %5, aşırı nemli %0, çok nemli %5, orta nemli %5, hafif nemli %11, normal %45, hafif kurak %13, orta kurak %8, şiddetli kurak %0, olağanüstü kurak ise %3 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.1. Erzincan SPI

ERZİNCAN				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
SPI	27	11	71	29



Şekil 4.1. Erzincan SPI grafiği



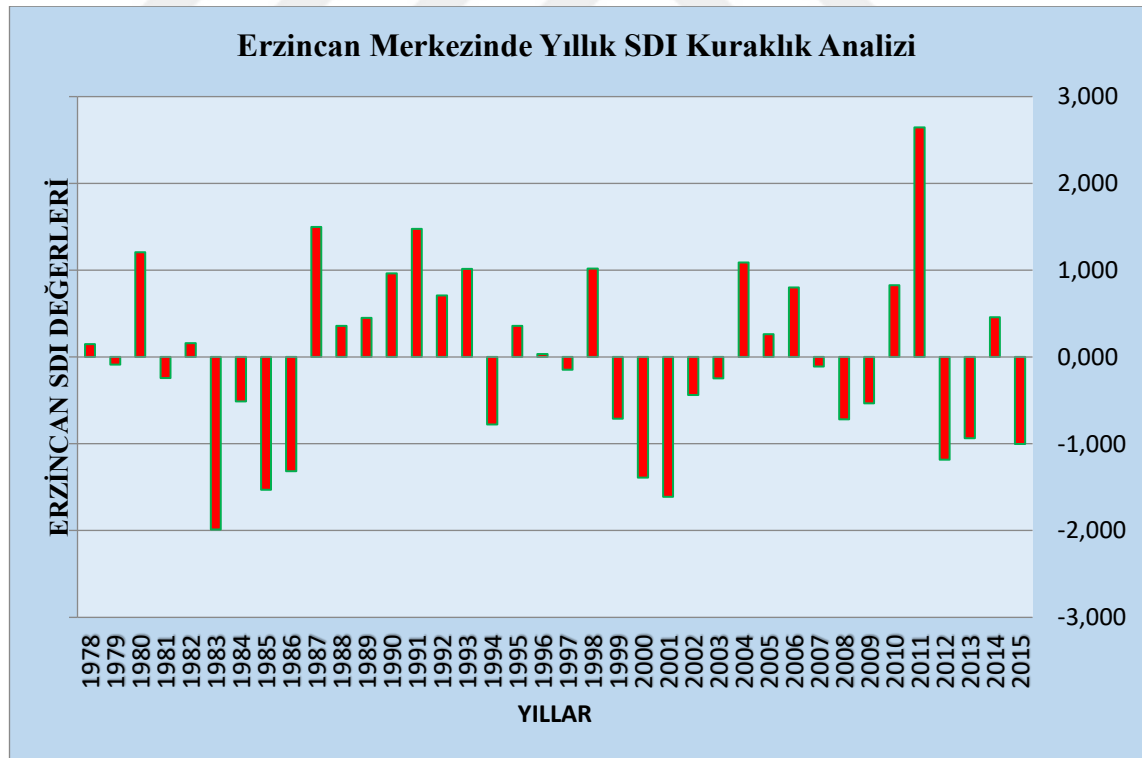
Şekil 4.2. Erzincan SPI yüzdeleri

SDI indisine göre Erzincan’da 1978 - 2015 yılları arasında 19 yıl kurak ve 19 yıl normal ve üzeri yaşanmıştır. 12 yıl hafif kurak, 4 yıl orta kurak ve 3 yıl şiddetli kurak olayı yaşanmıştır. En yağışlı yılı 2011 ve 2,64 ve en kurak yılı ise 1983 ve -1,986 değerindedir.

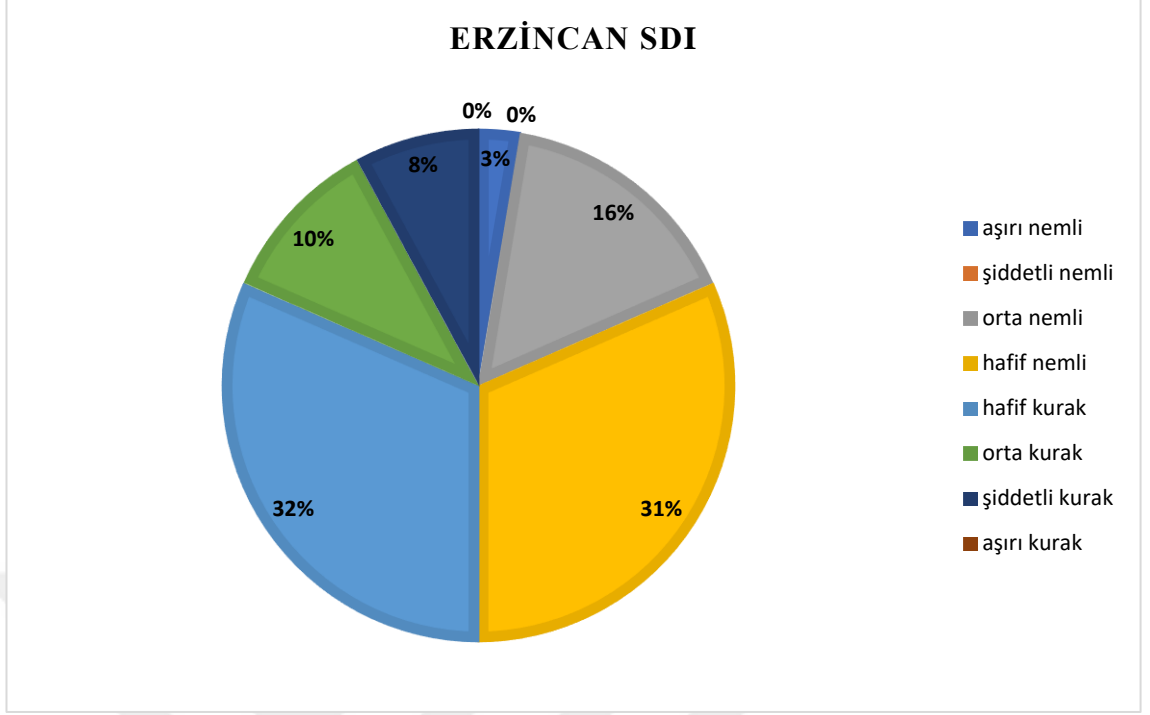
Yüzde olarak ise Erzincan’da aşırı nemli %3, şiddetli nemli %0, orta nemli %16, hafif nemli %31, hafif kurak %32, orta kurak %10, şiddetli kurak %8, ve aşırı nemli %0 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.2. Erzincan SDI

ERZİNCAN				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
SDI	19	19	50	50



Şekil 4.3. Erzincan yıllık SDİ grafiği



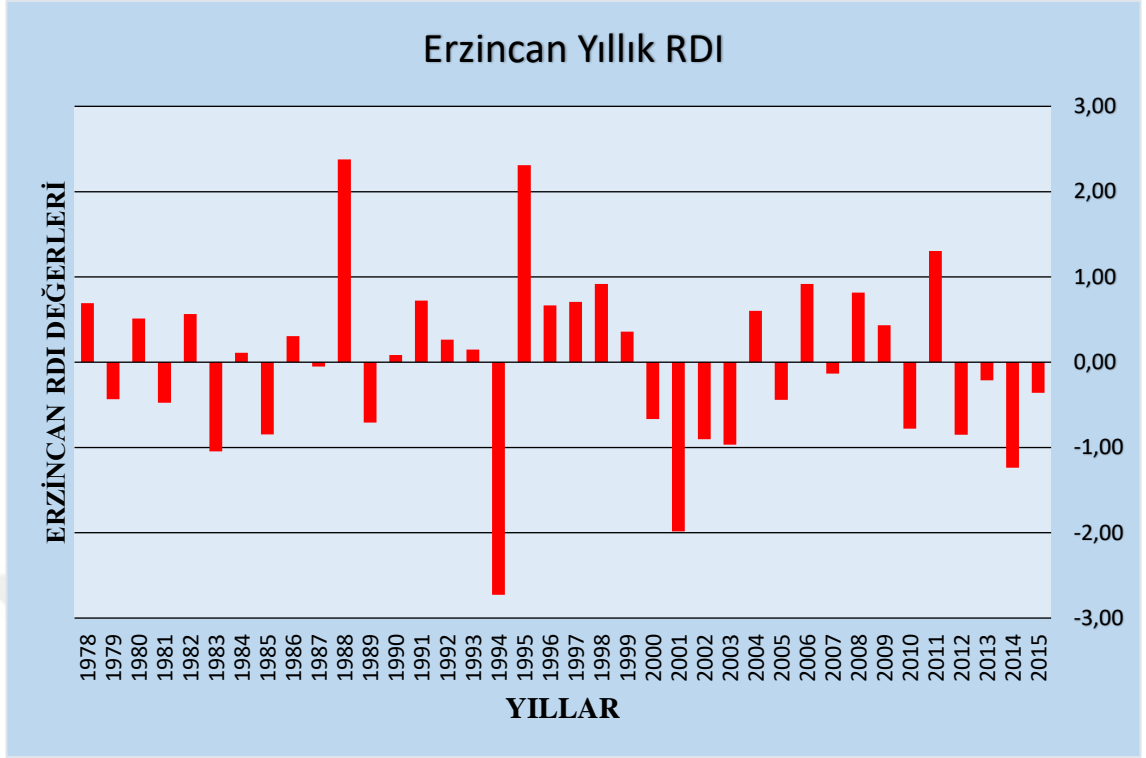
Şekil 4.4. Erzincan SDI yüzdeleri

RDI'ye göre Erzincan'da 1978-2015 yılları arasında 4 yıl kurak ve 34 yıl normal üzeri yaşanmıştır. Hafif kurak 2 yıl, şiddetli kurak 1 yıl ve aşırı kurak olayı 1 yıl olarak yaşanmıştır.

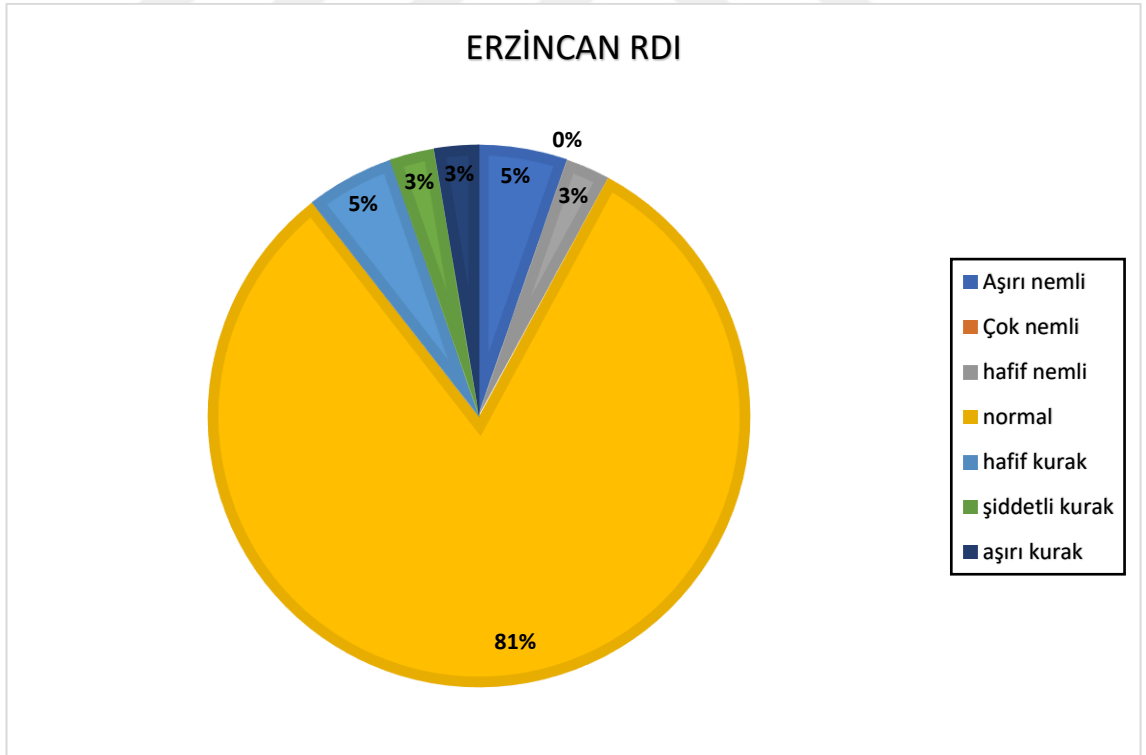
Yüzde olarak baktığımızda aşırı nemli %5, çok nemli %0, hafif nemli %3, normal %81 hafif kurak %5, şiddetli kurak %3 ve aşırı kurak %3 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.3. Erzincan RDI

ERZİNCAN				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
RDI	34	4	89	11



Şekil 4.5. Erzincan RDI grafiği



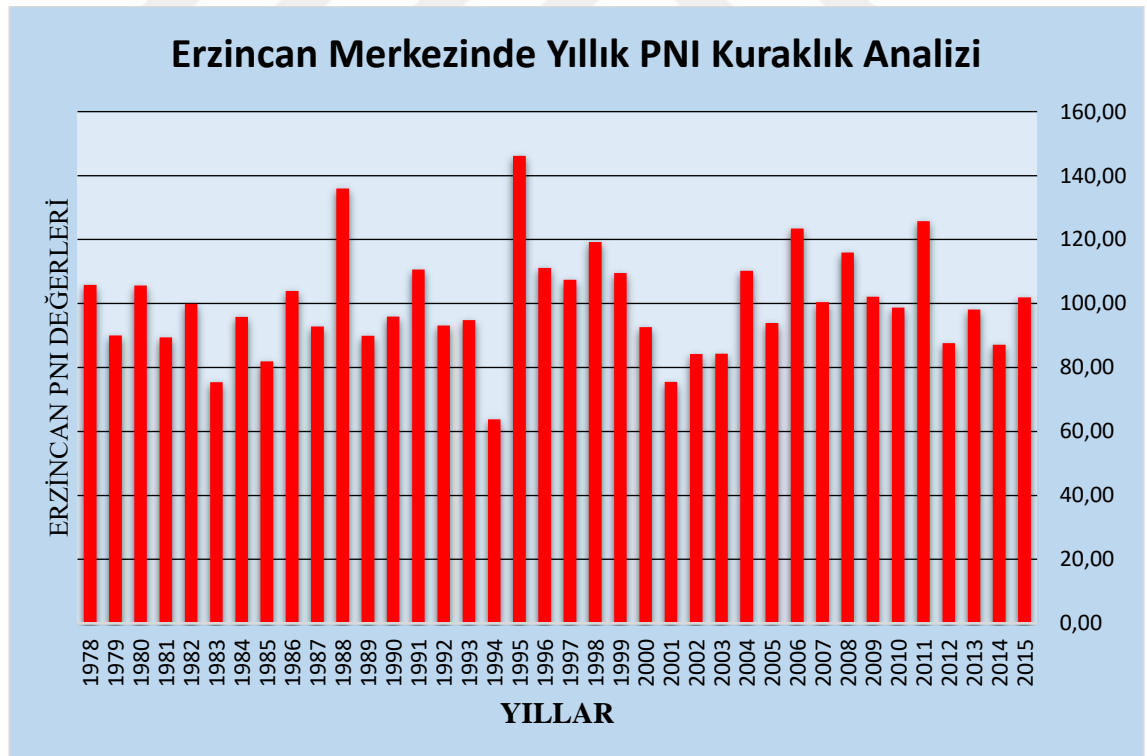
Şekil 4.6. Erzincan RDI yüzdeleri

PNI indisine göre 1978 - 2015 yılları arasında 6 yıl kurak ve 32 yıl normal ve üzeri görülmüştür. Hafif kurak 5 yıl, şiddetli kurak 1 yıl ve normal kurak ise 32 yıl olarak analiz edilmiştir. PNI göre Erzincan'ın en yağışlı yılı 1995 ve 146,1 değerinde ve en kurak yılı ise 1994 ve 63,83 değerindedir.

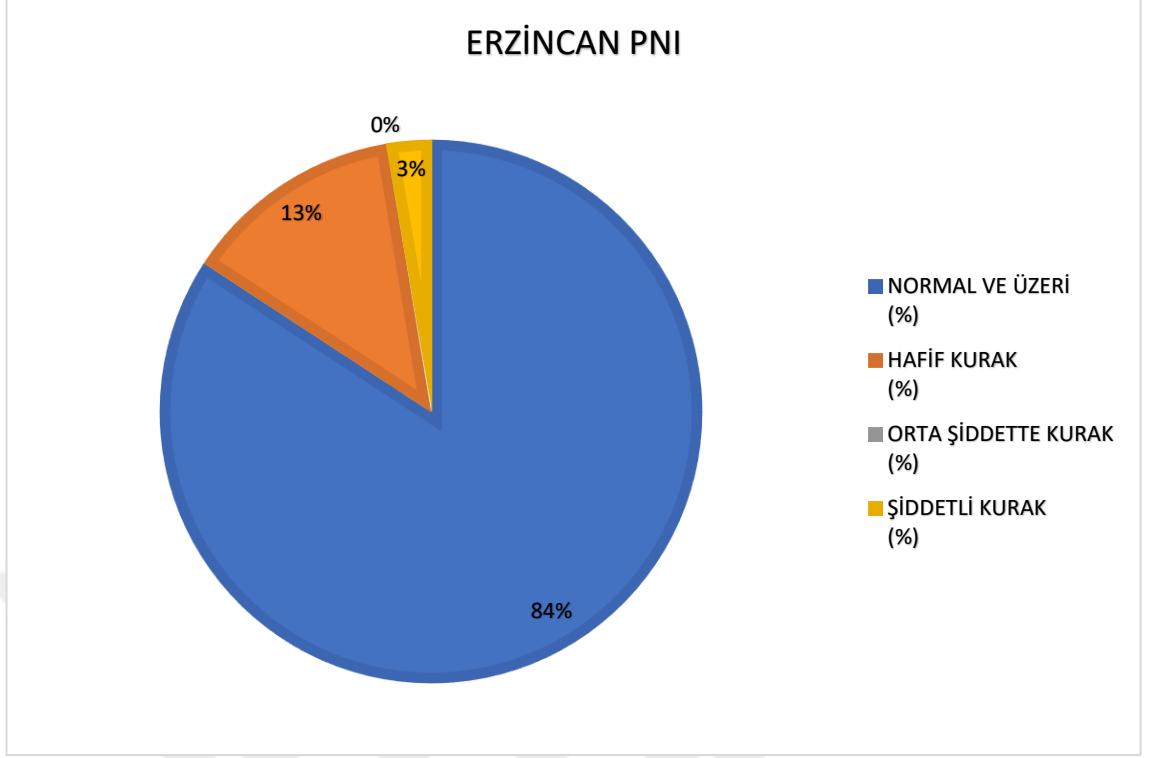
Yüzde olarak bakılırsa normal %84, hafif kurak %13, orta şiddette kurak %0 ve şiddetli kurak ise %3 olarak görülecektir.

Tablo 4.4. Erzincan PNI

ERZİNCAN				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
PNI	32	6	84	16



Şekil 4.7. Erzincan yıllık PNI grafiği



Şekil 4.8. Erzincan PNI yüzdeleri

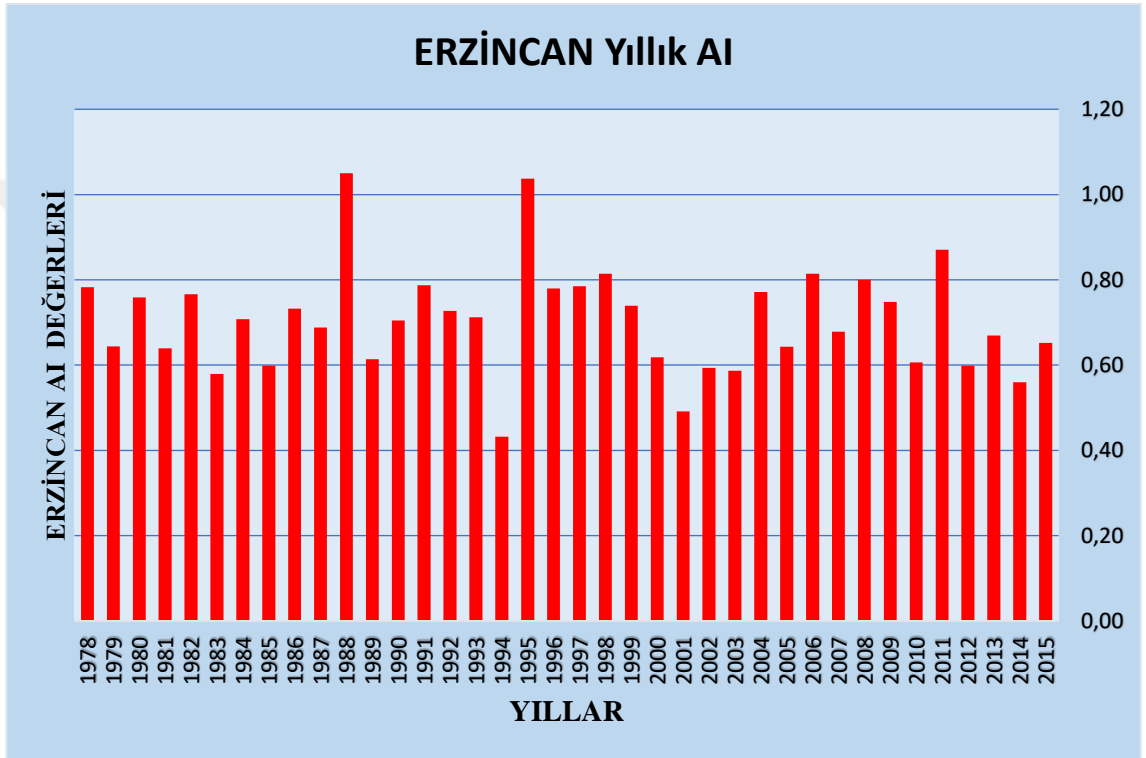
Bir alanda kuraklık çalışması yapmadan önce, incelenen alanın genel iklim özelliklerini belirlemek önem taşımaktadır. Bu nedenle; Erzincan, Gümüşhane ve Bayburt bölgelerinde iki önemli hava parametresi olan yağış akış ve sıcaklık incelenmektedir. Bununla birlikte, UNEP (1997) tarafından uzun vadeli kuru veya nemli bir alanı belirlemek amaç ile kullanılan bu indis, genel nem seviyesinin belirlenmesinde referans olarak kabul edilmektedir. Bu gösterge, bir bölgedeki yıllık yağış miktarına ve potansiyel buharlaşma transpirasyonuna ($AI = P / PET$) dayanmaktadır.

Erzincan ilinin 1978 - 2015 yağış verilerini kullanarak AI yöntemi ile analiz yapılmıştır. Analizin genel sonuçlarına baktığımızda Erzincan'da çok kurak olay hiç yaşanmadan yarı kurak 2, kurakça yarı nemli 12, yarı nemli çölleşmeye açık 18, yarı nemli çölleşmeye olası eğilimli 4, nemli ve çok nemli 2 yıl ve aşırı nemli olay hiç yaşanmamıştır.

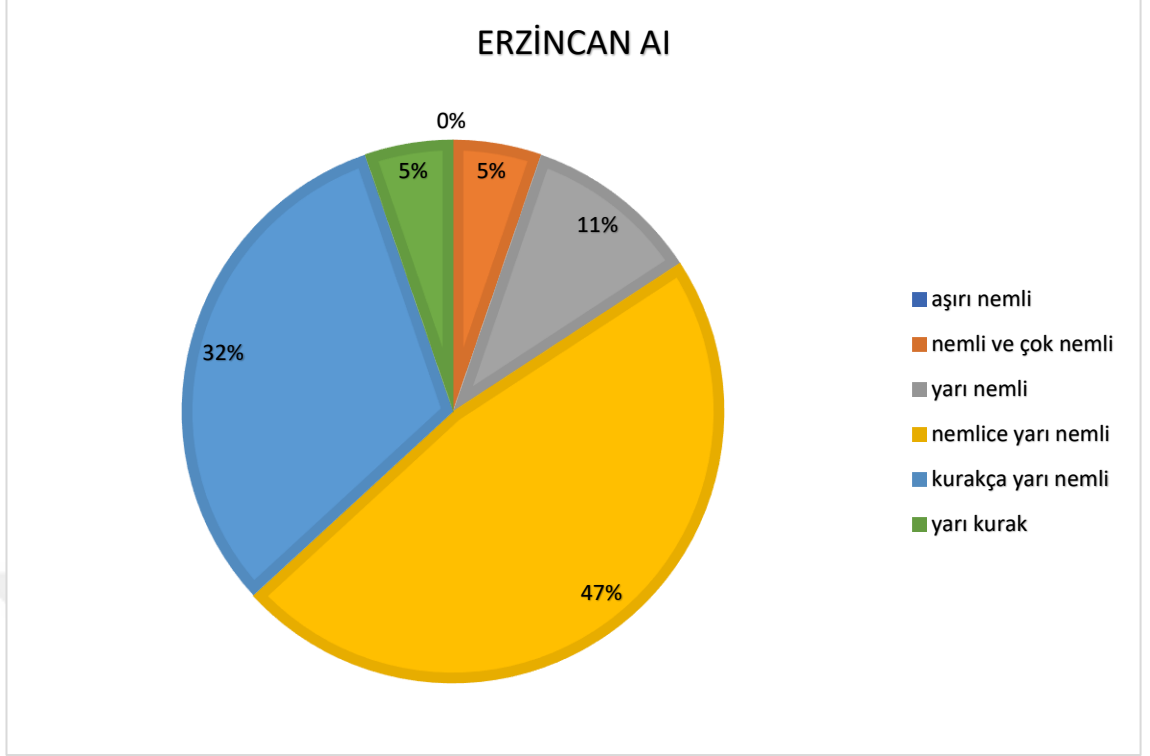
Yüzde olarak bakıldığında çok kurak %0, kurak %0, yarı kurak %5, kurak yarı nemli %37, yarı nemli çölleşmeye açık %29, yarı nemli çölleşmeye olası eğilimli %24, nemli %5 ve çok nemli olay ise %0 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.5. Erzincan AI

ERZİNCAN				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
AI	24	14	63	37



Şekil 4.9. Erzincan AI yıllık grafiği



Şekil 4.10. Erzincan AI yüzdeleri

4.1.2 Gümüşhane'nin 5 indise göre değerlendirilmesi

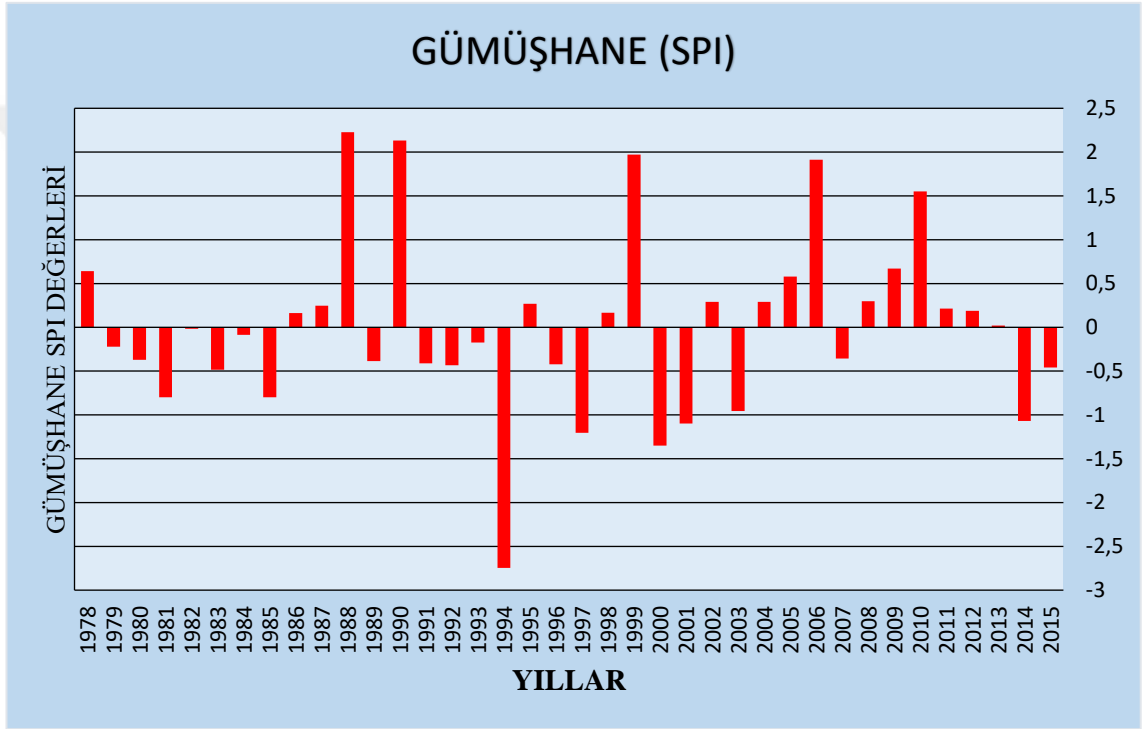
Standartlaştırılmış yağış indisi (SPI) yalnızca yağış verilerine dayanan popüler bir meteorolojik kuraklık indisi olarak geliştirilmiştir. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI), çeşitli zamanlardaki meteorolojik kuraklığı karakterize etmek için yaygın olarak kullanılan bir indistir.

Gümüşhane ilinin 1978 - 2015 yılları yağış verileri kullanılarak SPI yöntemi ile analiz yapılmıştır. Analizin genel sonuçlarına baktığımızda Gümüşhane'de en şiddetli; yani olağanüstü kuraklık olayı 1994 yılında -2,74433 ile eksi bir değer yaşanmıştır. Çok şiddetli kurak olayı yaşanmayıp, 1 yıl şiddetli kurak, 4 yıl orta kurak ve hafif kurak ise 2 yıl yaşanmıştır.

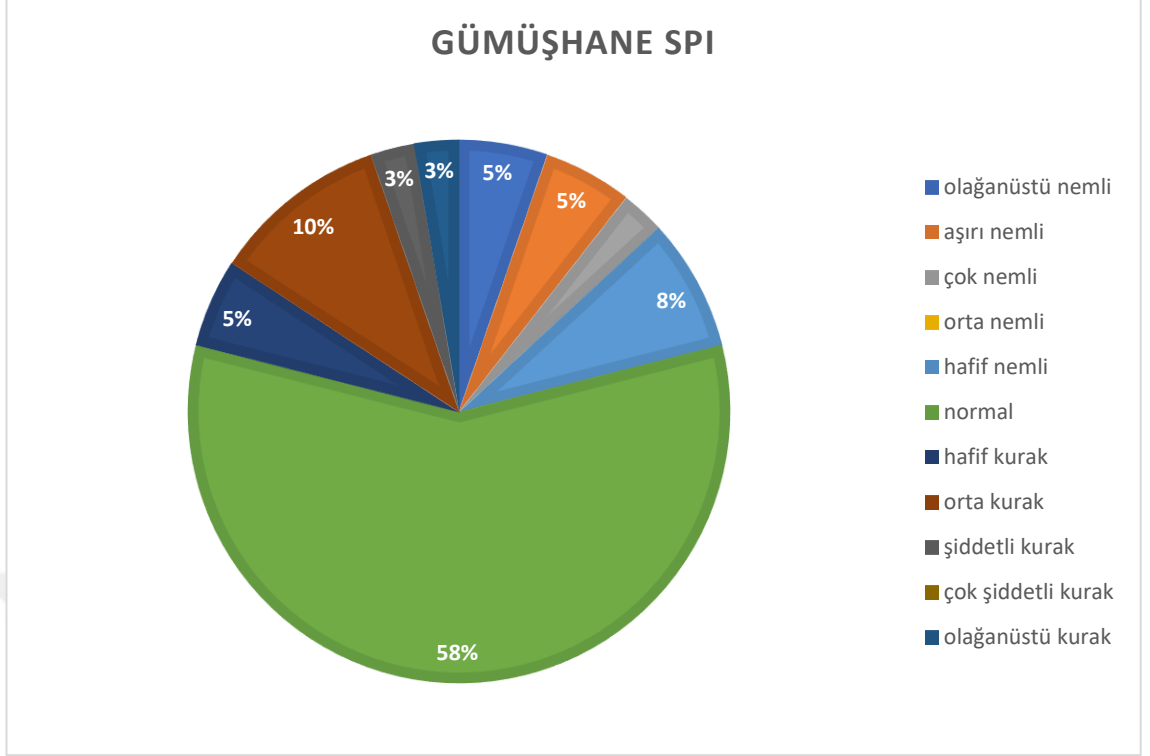
Yüzde olarak bakıldığında olağanüstü nemli %5, aşırı nemli %5 çok nemli %3, orta nemli %0, hafif nemli %8, normal %58, hafif kurak %5, orta kurak %10, şiddetli kurak %3, çok şiddetli kurak %0 ve olağanüstü kurak ise %3 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.6. Gümüşhane SPI

Gümüşhane				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
SPI	30	8	79	21



Şekil 4.11. Gümüşhane yıllık SPI grafiği



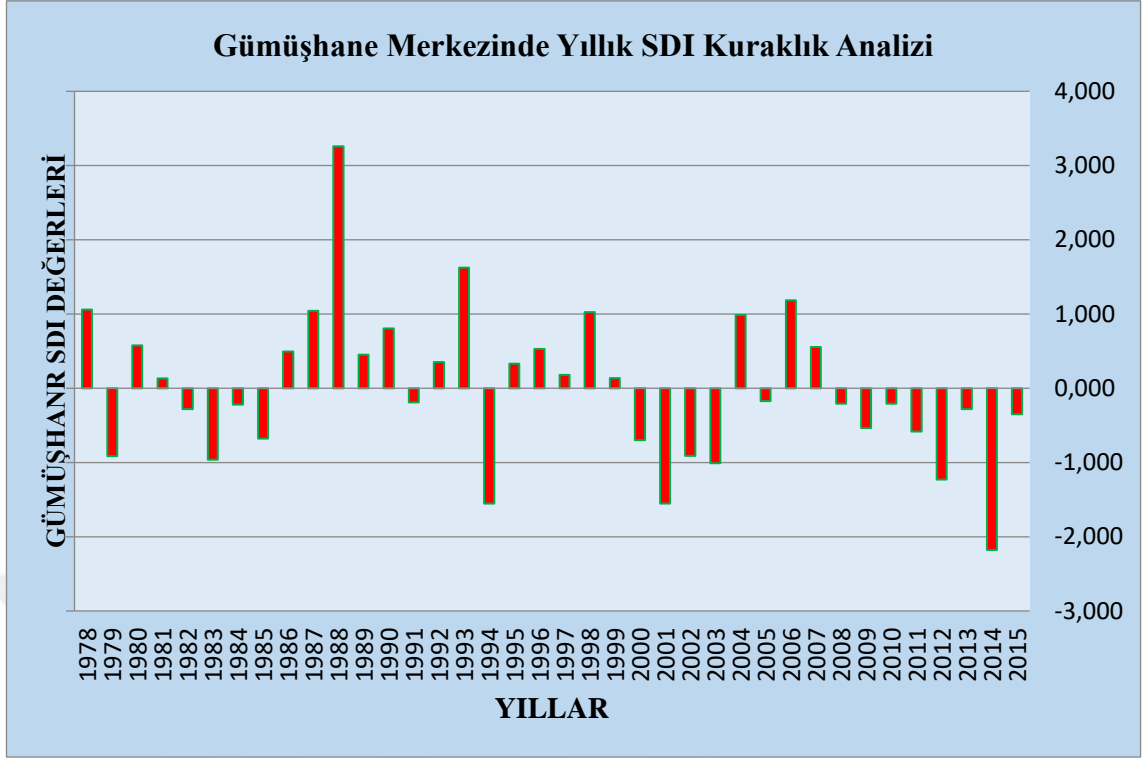
Şekil 4.12. Gümüşhane SPI yüzdeleri

SDI indisine göre Gümüşhane'nin 38 yıllık yağış verilerini analiz ettiğimizde Gümüşhane'de toplam 20 yıl kurak, 18 yıl normal ve üzeri görülmüştür. Gümüşhane'nin en yağışlı yılı 1988 ve 3,260 ve en kurak yılı ise 2014 ve -0,179 değerindedir. Hafif kurak 15, orta kurak 2, şiddetli kurak 2 ve aşırı kurak 1 yıl olarak analiz edilmiştir.

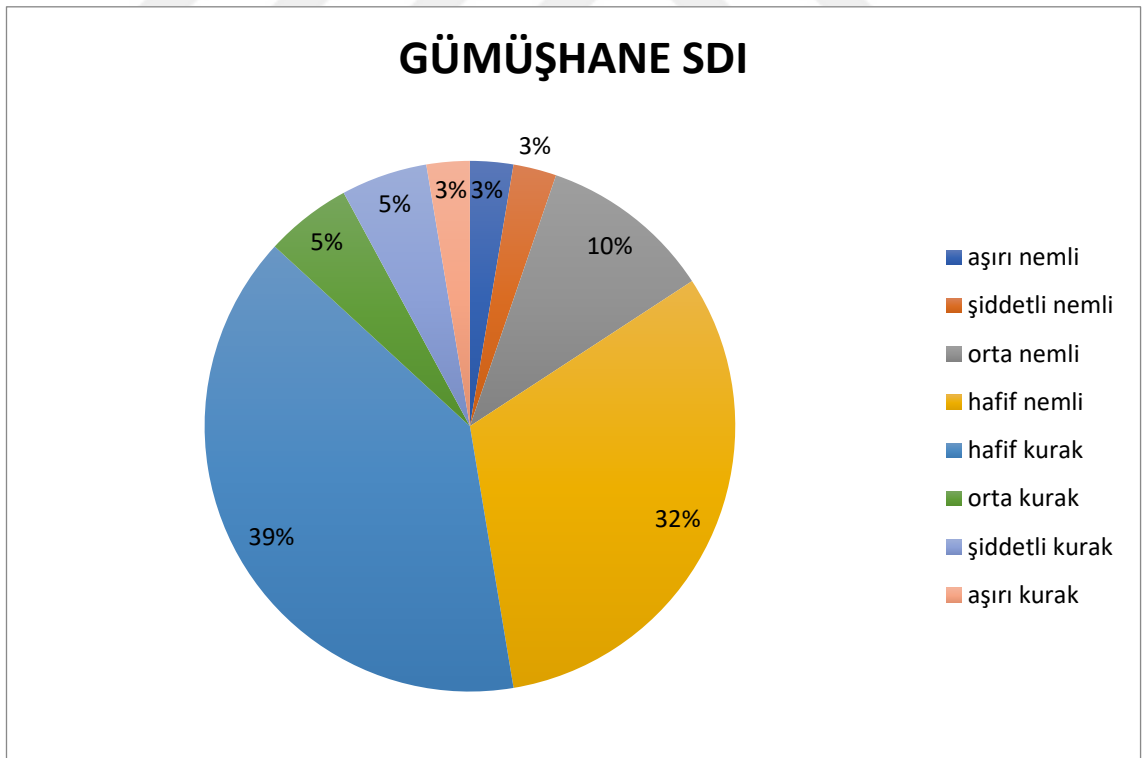
Yüzde olarak ise Gümüşhane'de aşırı nemli %3, şiddetli nemli %3 orta nemli %10, hafif nemli %32, hafif kurak %39, orta kurak %5, şiddetli kurak %5 ve aşırı kurak ise %3 olarak analiz edilmiştir.

Tablo 4.7. Gümüşhane SDI

Gümüşhane				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
SDI	18	20	48	52



Şekil 4.13. Gümüşhane yıllık SDI grafiği



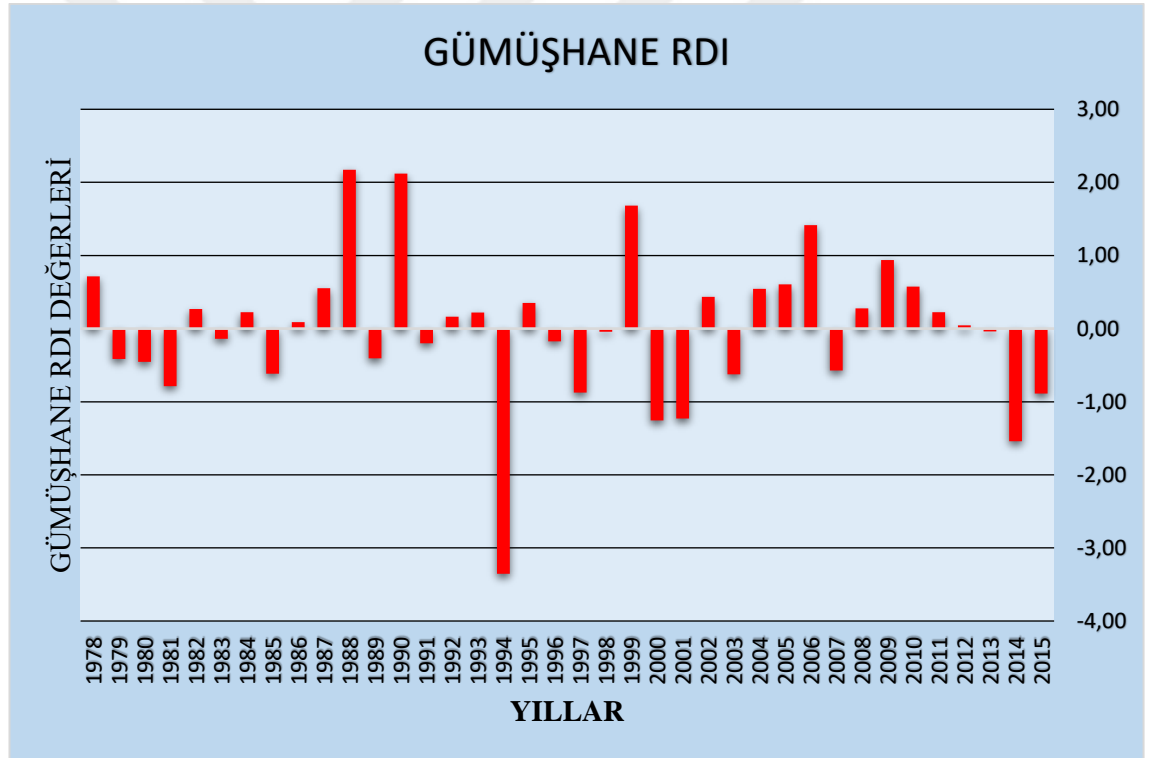
Şekil 4.14. Gümüşhane SDI yüzdeleri

RDI yöntemine göre Gümüşhane merkezinde 1978 - 2015 yıllarında toplam 4 yıl kurak ve 34 yıl normal üzeri tespit edilmiştir. Hafif kurak 2 yıl, şiddetli kurak 1 yıl, aşırı kurak ise 1 yıl olarak analiz edilmiştir.

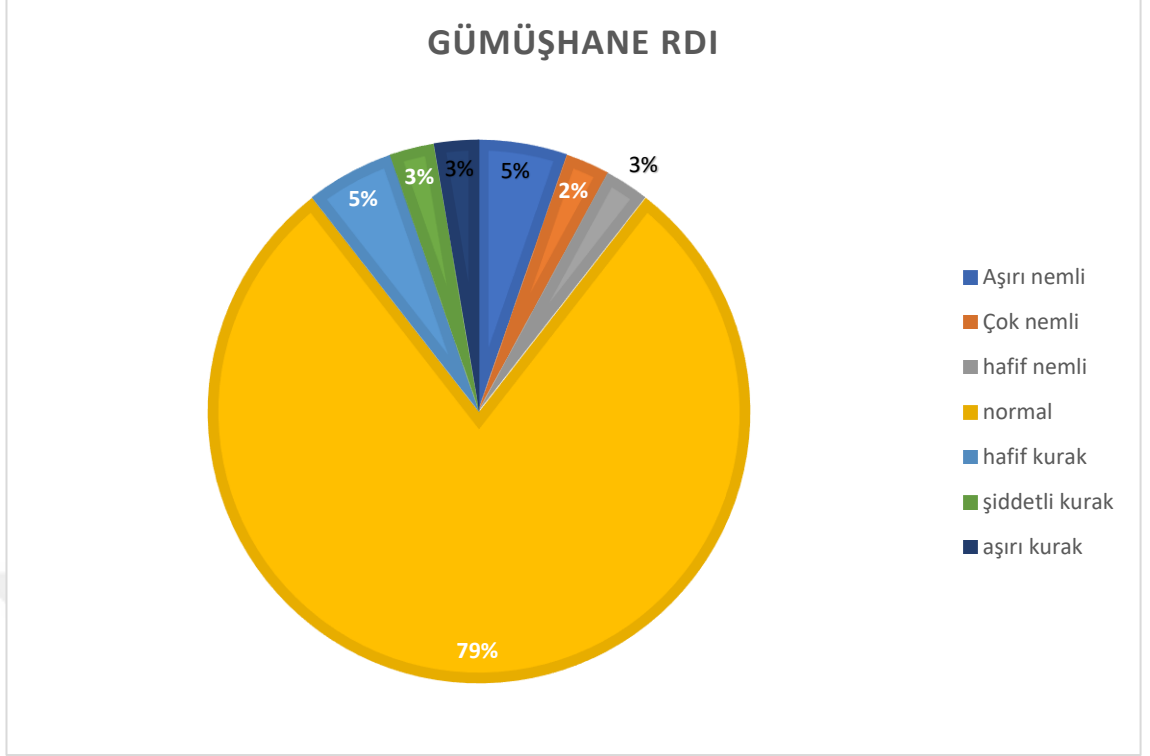
Yüzde olarak bakıldığında aşırı nemli %5, çok nemli %2, hafif nemli %3, normal %79, hafif kurak %5, şiddetli kurak %3 ve aşırı kurak %3 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.8. Gümüşhane RDI

Gümüşhane				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
RDI	34	4	89	11



Şekil 4.15. Gümüşhane yıllık RDI yağış grafiği



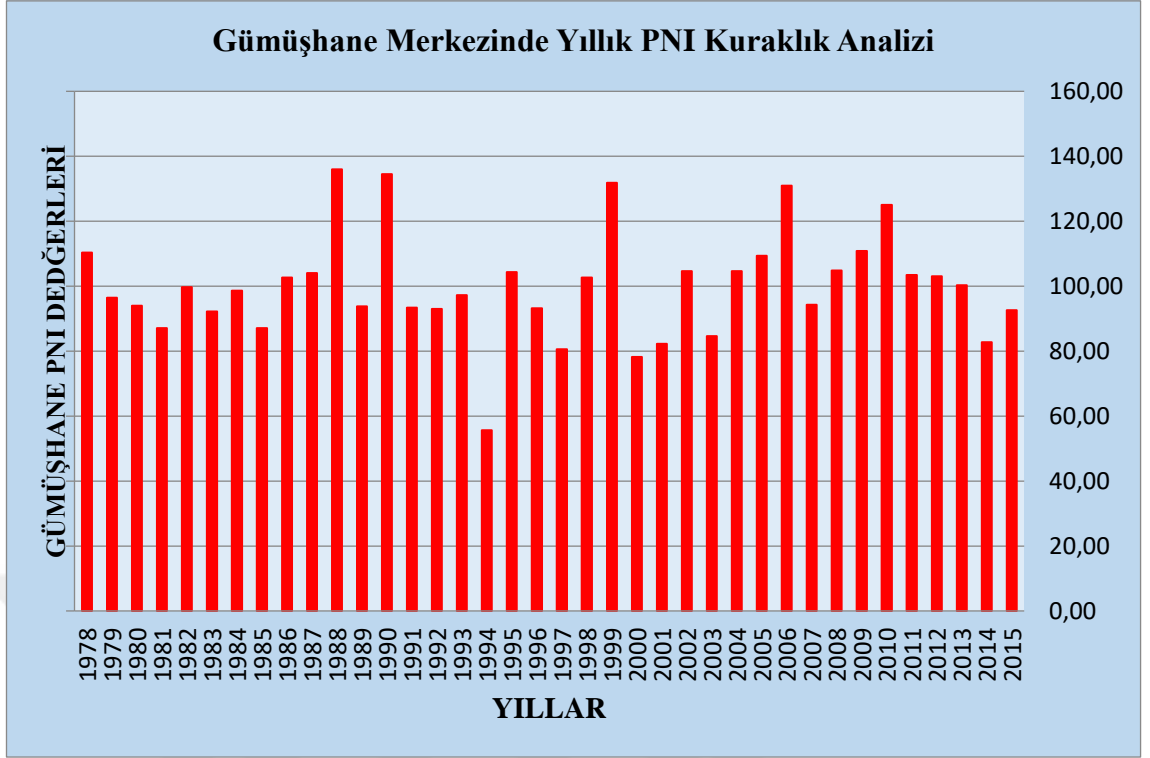
Şekil 4.16. Gümüşhane RDI yüzdeleri

PNI indisine göre 1978-2015 yılları arasında 6 yıl kurak ve 32 yıl normal ve üzeri görülmüştür. Hafif kurak 5 yıl, şiddetli kurak 1 yıl ve normal kurak ise 32 yıl olarak analiz edilmiştir. PNI'ye göre Gümüşhane'nin en yağışlı yılı 1988 ve 135,98 değerinde ve en kurak yılı ise 1994 ve 55,64 değerindedir.

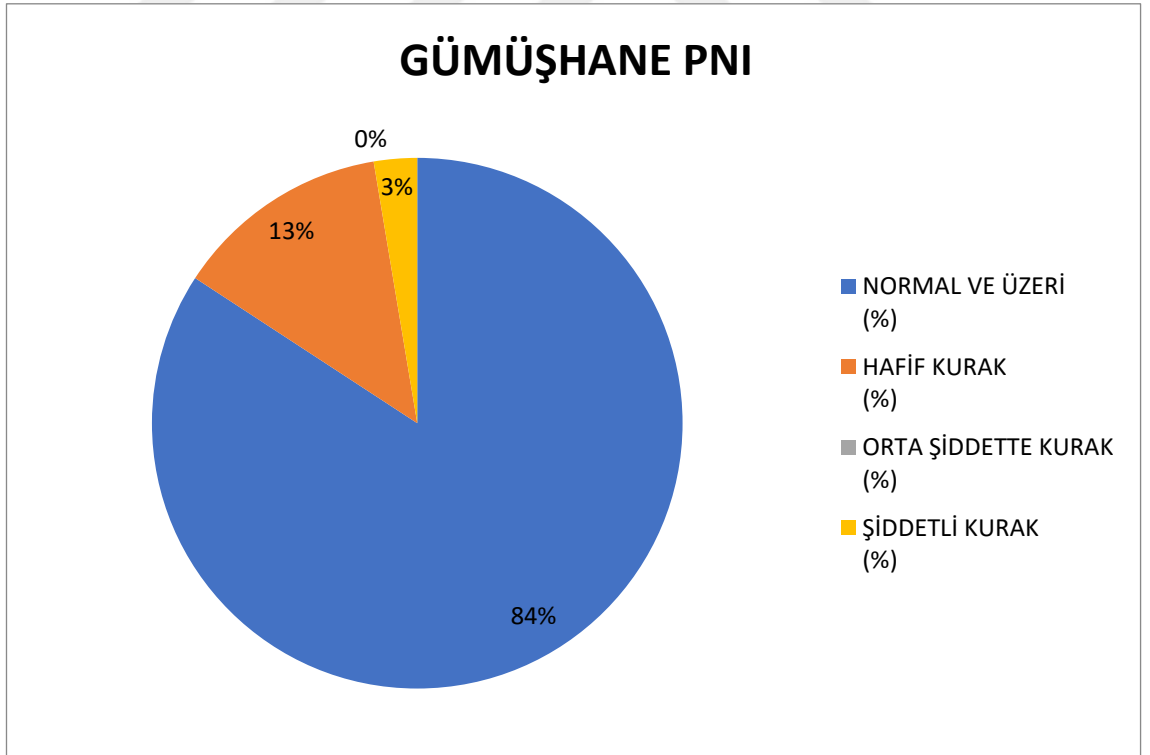
Yüzde olarak bakıldığında normal %84, hafif kurak %13, orta şiddette kurak %0 ve şiddetli kurak ise %3 olarak bilinmektedir.

Tablo 4.9. Gümüşhane PNI

GÜMÜŞHANE				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
PNI	32	6	84	16



Şekil 4.17. Gümüşhane yıllık PNI grafiği



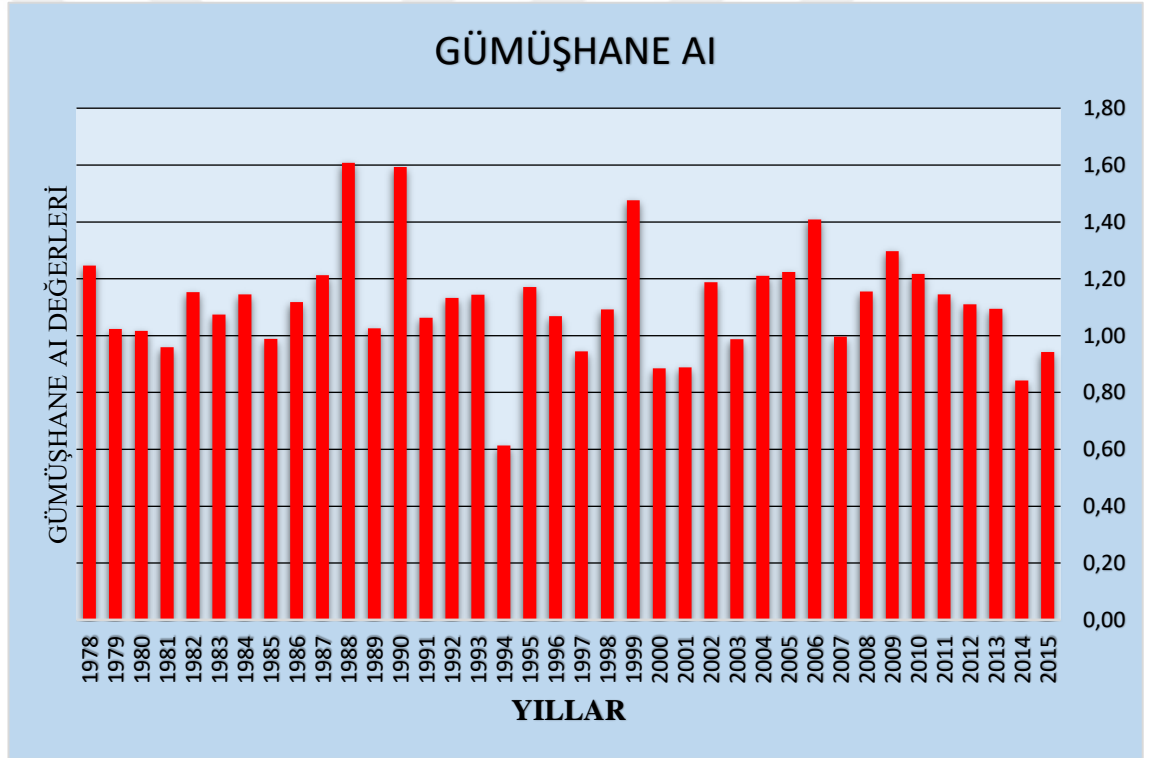
Şekil 4.18. Gümüşhane PNI yüzdeleri

1978 - 2015 yağış verileri ile yapılan AI analizinde Gümüşhane ilinin geneline baktığımızda; nemli 28 yıl, yarı nemli-çölleşmeye olası eğilimli 9 yıl, kurakça yarı nemli 1 yıl ve yarı kurak olayı ise hiç yaşanmamıştır.

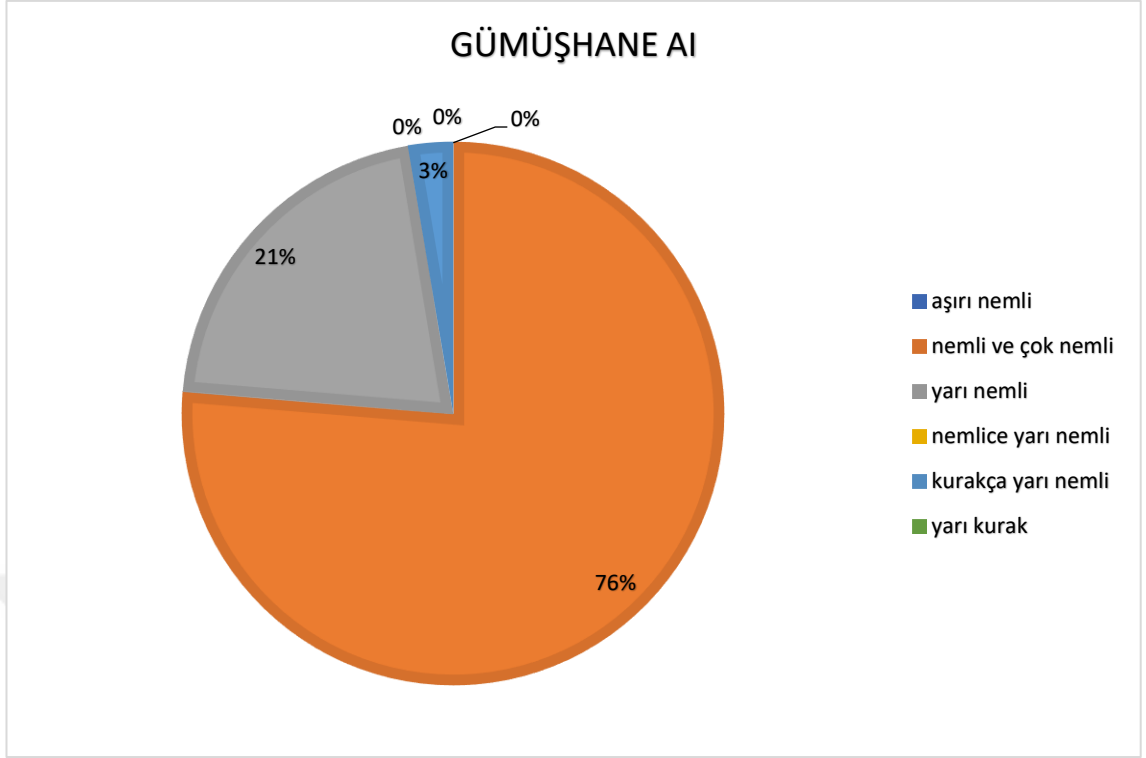
Yüzde olarak bakıldığında aşırı nemli %0, nemli ve çok nemli %76, yarı nemli %21, nemlice yarı nemli %0, kurakça yarı nemli %3 ve yarı kurak %0 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.10. Gümüşhane AI

Gümüşhane				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
AI	37	1	97	3



Şekil 4.19. Gümüşhane yıllık AI yağış grafiği



Şekil 4.20. Gümüşhane AI yüzdeleri

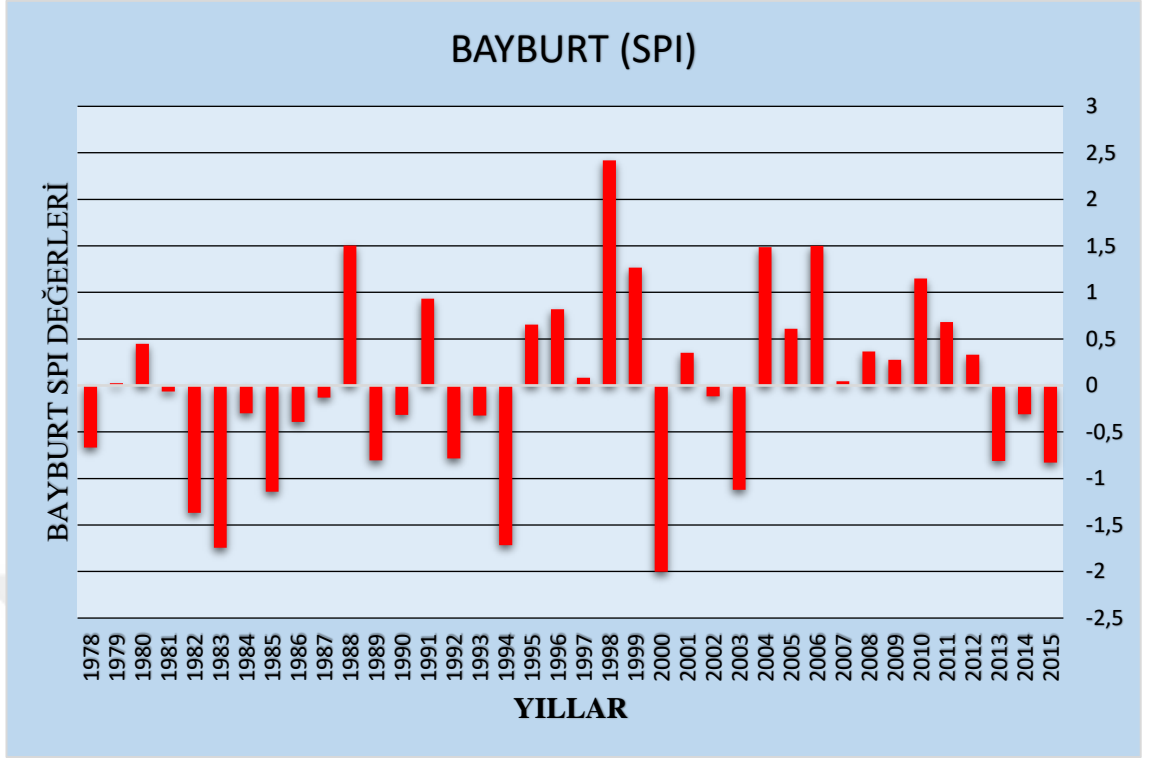
4.1.3 Bayburt'un 5 indise göre değerlendirilmesi

1978 - 2015 yıllarında Bayburt ilinin geneline baktığımızda toplam 11 yıl kurak ve 27 yıl normal üzeri görülmektedir. Hafif kurak 2 yıl, orta kurak 5 yıl, şiddetli kurak 1 yıl, çok şiddetli kurak 2 yıl ve olağanüstü kurak olayı ise 1 yıl yaşanmıştır.

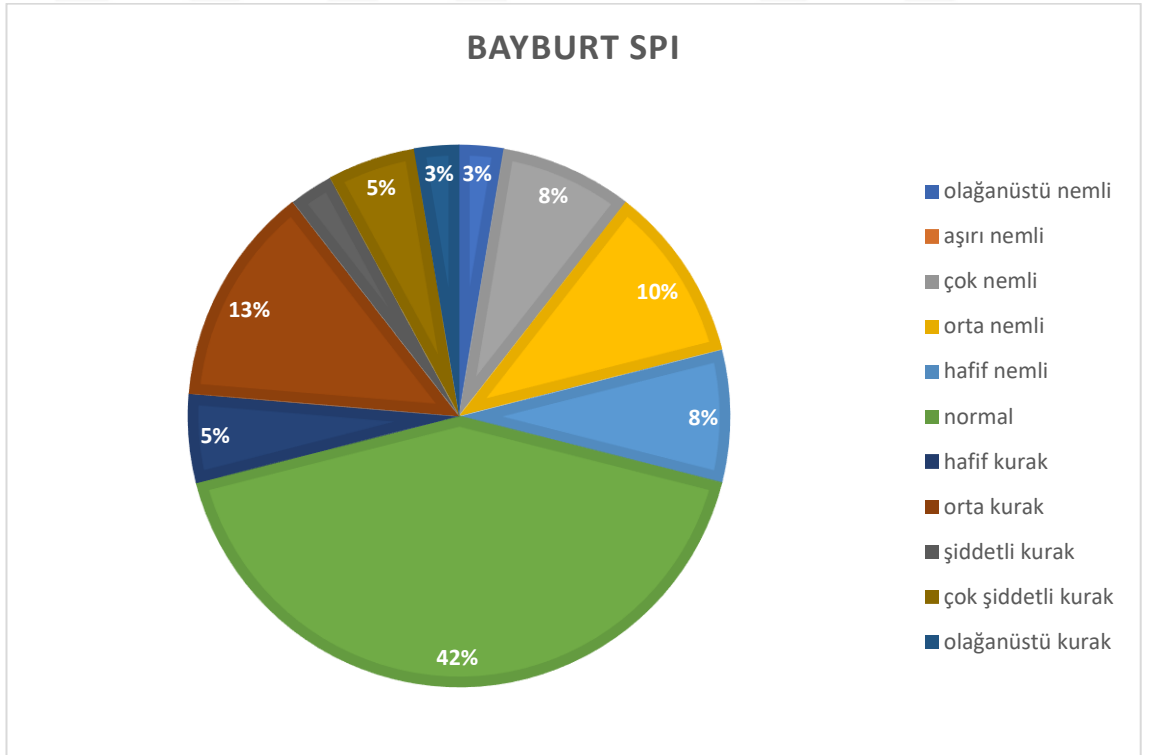
Yüzde olarak bakıldığında Bayburt ilinde olağanüstü nemli %3, aşırı nemli %0 çok nemli %8, orta nemli %10, hafif nemli %8, normal %42, hafif kurak %5, orta kurak %13, şiddetli kurak %3, çok şiddetli kurak %3 ve olağanüstü kurak ise %3 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.11. Bayburt SPI

Bayburt				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
SPI	27	11	71	29



Şekil 4.21. Bayburt yıllık SPI yağış grafiği



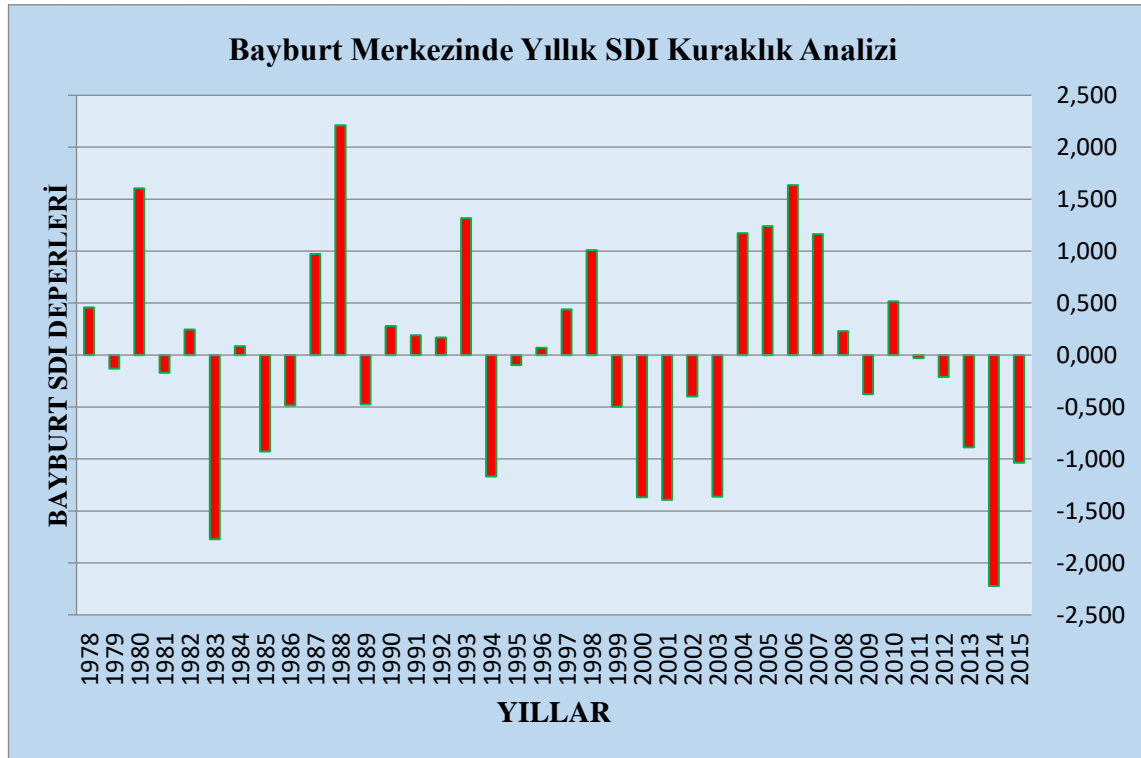
Şekil 4.22. Bayburt SPI yüzdeleri

SDI indisine göre Bayburt'un 38 yıllık yağış verilerini analiz ettiğimizde Bayburt'ta toplam 19 yıl kurak ve 19 yıl normal ve üzeri görülmüştür. Bayburt'un en yağışlı yılı 1988 ve 2,211, en kurak yılı ise 2014 ve -2,222 değerindedir. Hafif kurak 12, orta kurak 5, şiddetli kurak 1 ve aşırı kurak 1 yıl olarak analiz edilmiştir.

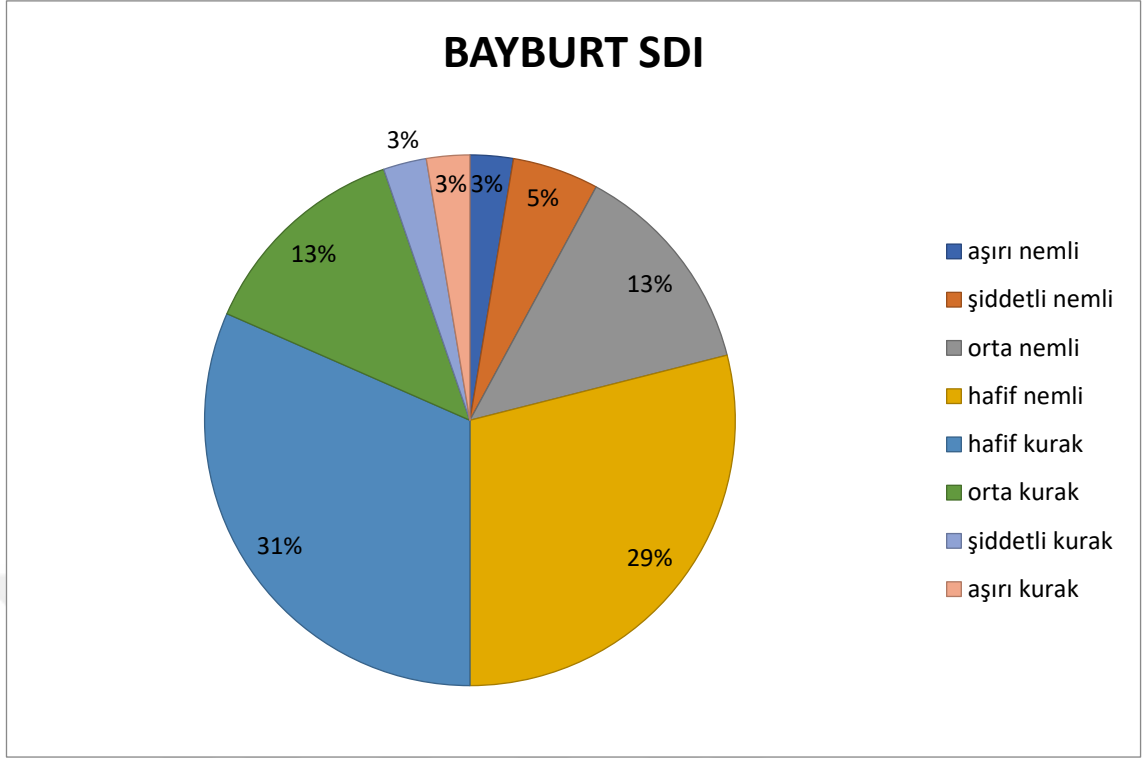
Yüzde olarak ise Bayburt'ta aşırı nemli %3, şiddetli nemli %5, orta nemli %13, hafif nemli %29, hafif kurak %31, orta kurak %13, şiddetli kurak %3 ve aşırı kurak ise %3 olarak analiz edilmiştir.

Tablo 4.12. Bayburt SDI

Bayburt				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
SDI	19	19	50	50



Şekil 4.23. Bayburt yıllık SDI grafiği



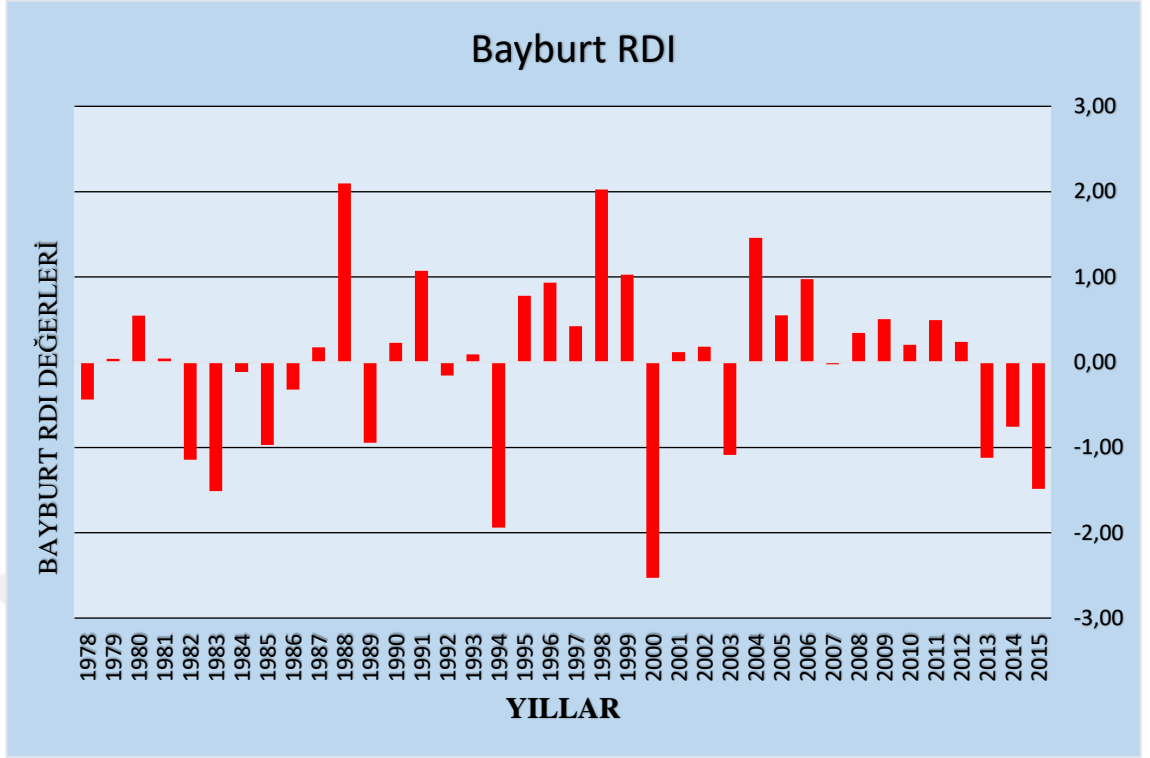
Şekil 4.24. Bayburt SDİ yüzdeleri

Bayburt ilinin geçmiş 1978 - 2015 yıllarına baktığımızda toplam 7 yıl kurak ve 31 yıl normal üzeri görülmektedir. Hafif kurak 4 yıl, şiddetli kurak 2 yıl ve aşırı kurak ise 1 yıl olarak tespit edilmiştir.

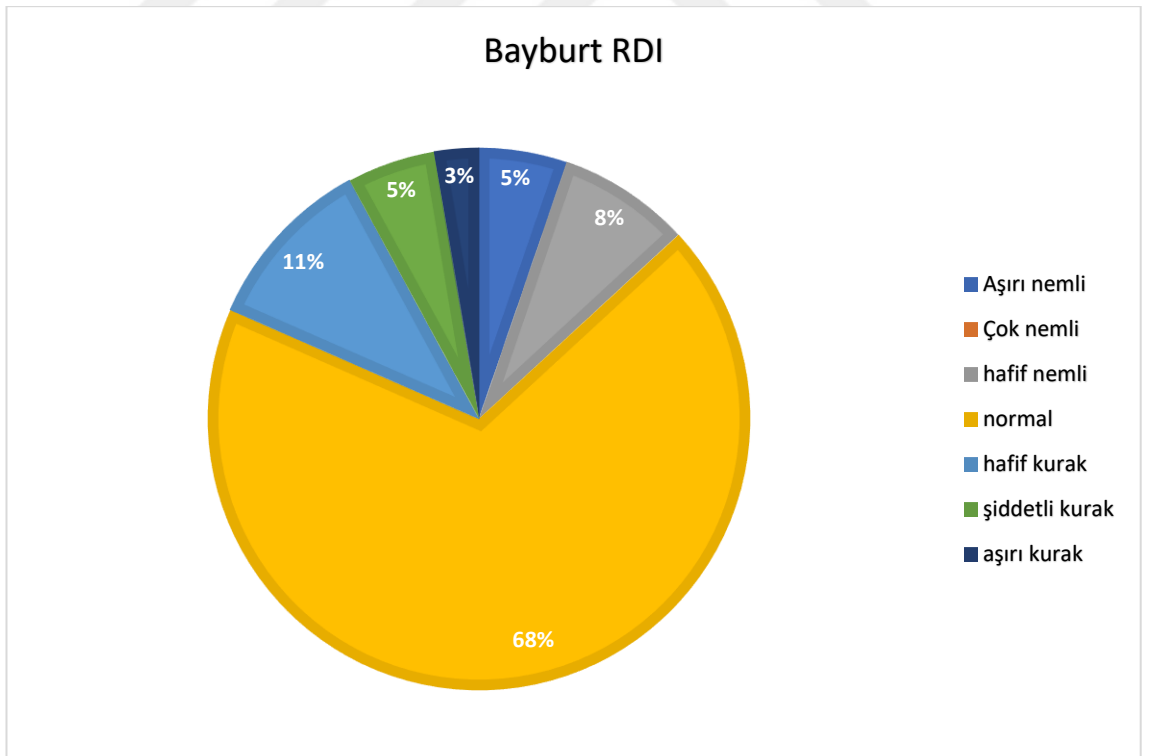
Yüzde olarak ise aşırı nemli %5, çok nemli %0, hafif nemli %8, normal %68, hafif kurak %11, şiddetli kurak %5 ve aşırı kurak ise %3 olarak analiz edilmiştir.

Tablo 4.13. Bayburt RDI

Bayburt				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
RDI	31	7	81	19



Şekil 4.25. Bayburt RDI yıllık yağış grafiği



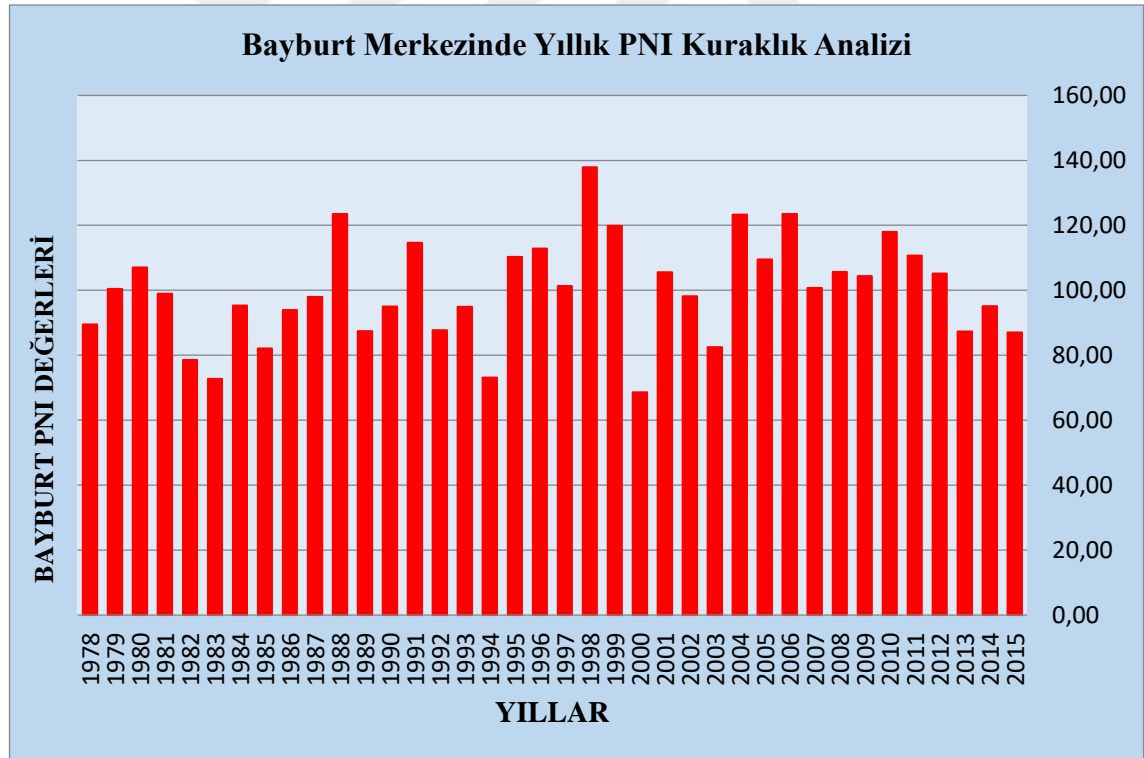
Şekil 4.26. Bayburt RDI yüzdeleri

PNI indisine göre 1978-2015 yılları arasında 5 yıl kurak ve 33 yıl normal ve üzeri görülmüştür. Hafif kurak 3 yıl, orta şiddette kurak 2 yıl ve normal kurak ise 33 yıl olarak analiz edilmiştir. PNI 'ye göre Bayburt'un en yağışlı yılı 1998 ve 137,90 değerinde ve en kurak yılı ise 2000 ve 68,63 değerindedir.

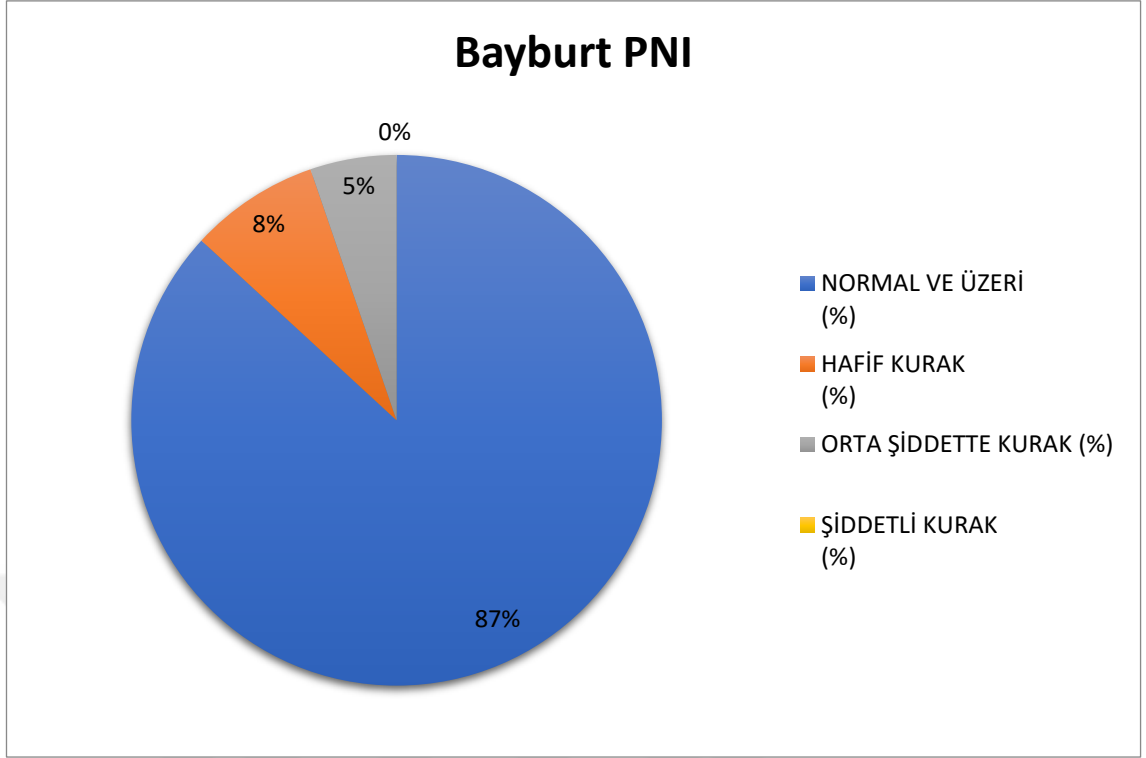
Yüzde olarak bakıldığında normal %87, hafif kurak %8, orta şiddette kurak %5 ve şiddetli kurak ise %0 olarak bilinmektedir.

Tablo 4.14. Bayburt PNI

Bayburt				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
PNI	33	5	87	13



Şekil 4.27. Bayburt yıllık PNI grafiği



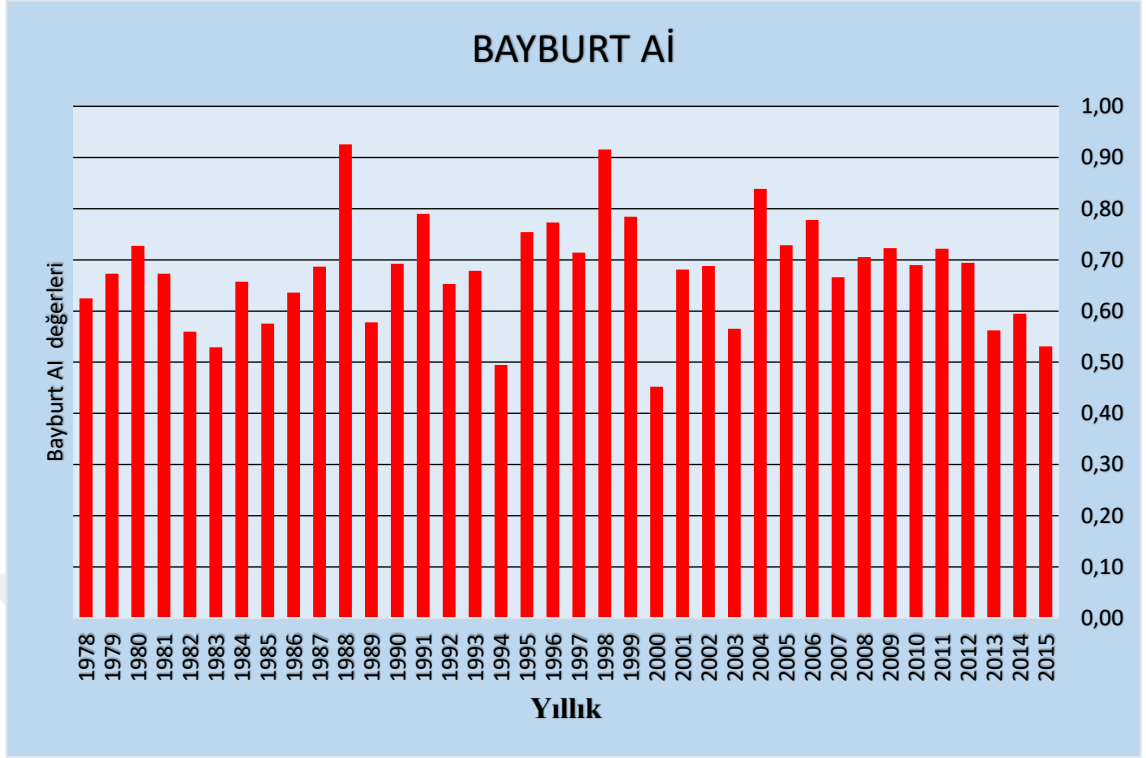
Şekil 4.28. Bayburt PNI yüzdeleri

AI yöntemine göre 1978 - 2015 yılları arasında Bayburt merkezinde toplam 12 yıl kurak ve 26 yıl normal üzeri görülmektedir. Yarı kurak 2 yıl, kurakça yarı nemli 10 yıl, yarı nemli çölleşmeye açık 23 yıl, yarı nemli çölleşmeye olası eğilimli 3 yıl, nemli ve çok nemli olayı ise hiç yaşanmamıştır.

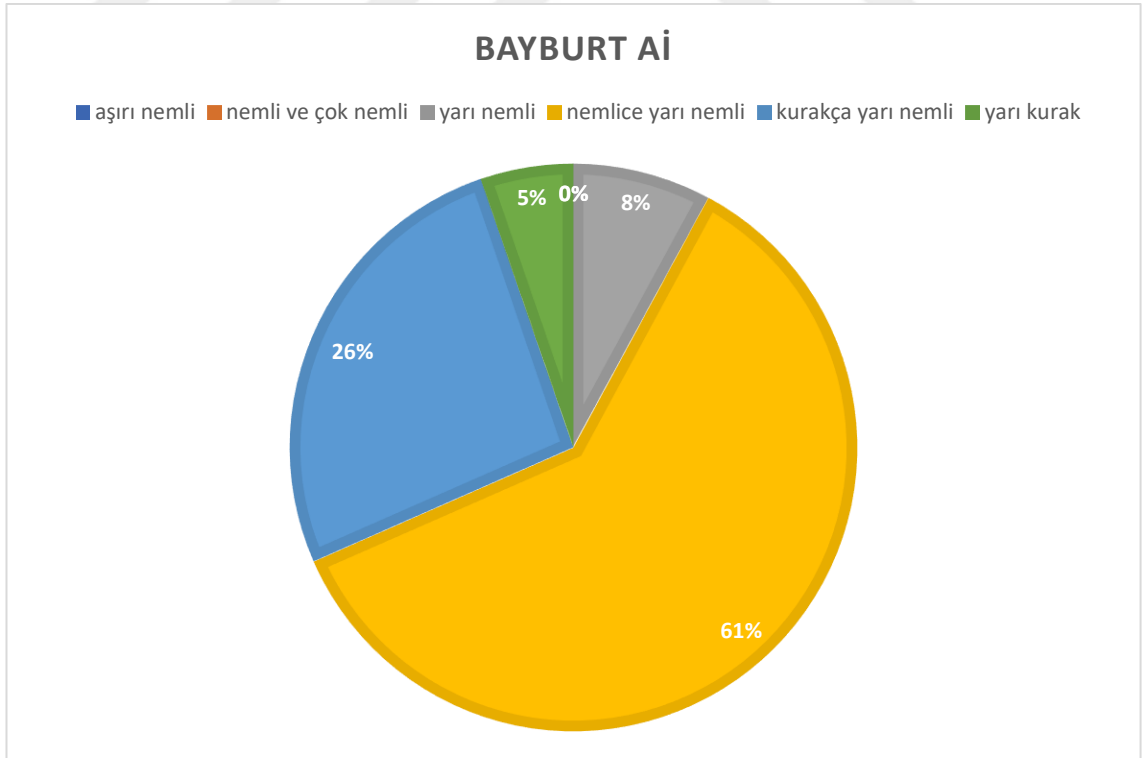
Yüzde olarak ise aşırı nemli %0, nemli ve çok nemli %0, yarı nemli %8, nemlice ve yarı nemli %61, kurakça yarı nemli %26 ve yarı kurak ise %5 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.15. Bayburt AI

Bayburt				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERİ(YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
AI	26	12	69	31



Şekil 4.29. Bayburt AI yıllık yağış grafiği



Şekil 4.30. Bayburt AI Yüzdeleri

4.2 İstatistiksel Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 4.16. İndislerin kategorilerinin betimsel istatistikleri

			Ort.	ss	Medyan
SPI Kurak Sınıfı	Aşırı nemli	SPI	1,94	0,04	1,94
	Çok nemli	SPI	1,51	0,05	1,50
	Çok şiddetli kurak	SPI	-1,73	0,02	-1,73
	Hafif kurak	SPI	-0,72	0,08	-0,76
	Hafif nemli	SPI	0,64	0,04	0,65
	Normal	SPI	-0,05	0,29	-0,07
	Olağanüstü kurak	SPI	-2,32	0,38	-2,22
	Olağanüstü nemli	SPI	2,36	0,28	2,23
	Orta kurak	SPI	-1,01	0,14	-1,02
	Orta nemli	SPI	1,05	0,17	1,06
Şiddetli kurak	SPI	-1,44	0,09	-1,44	
RDI Kurak Sınıfı	Aşırı kurak	RDI	-2,87	0,43	-2,73
	Aşırı nemli	RDI	2,18	0,13	2,15
	Çok nemli	RDI	1,68		1,68
	Hafif kurak	RDI	-1,20	0,14	-1,19
	Hafif nemli	RDI	1,26	0,20	1,30
	Normal	RDI	0,05	0,54	0,12
	Şiddetli kurak	RDI	-1,74	0,25	-1,74
AI Kurak Sınıfı	Kurakça yarı nemli	AI	0,60	0,06	0,60
	Nemli ve çok nemli	AI	1,18	0,16	1,14
	Nemli ve yarı nemli	AI	0,72	0,04	0,71
	Yarı kurak	AI	0,47	0,03	0,47
	Yarı nemli	AI	0,90	0,06	0,90
PNI Kurak Sınıfı	Hafif kurak	PNI	83,06		
	Normal	PNI	104,24		
	Orta şiddetli kurak	PNI	71,49		
	Şiddetli kurak	PNI	59,74		



SDI Kurak Sınıfı	Aşırı kurak	SDI	-2,20	0,03	-2,20
	Aşırı nemli	SDI	2,69	0,55	2,64
	Hafif kurak	SDI	-0,45	0,28	-0,42
	Hafif nemli	SDI	0,43	0,29	0,38
	Hafif orta	SDI	1,19		1,19
	Orta kurak	SDI	-1,23	0,16	-1,23
	Orta nemli	SDI	1,16	0,16	1,12
	Şiddetli nemli	SDI	1,56		1,56
	Şiddetli kurak	SDI	-1,67	0,18	-1,58
	Şiddetli nemli	SDI	1,63		1,63
	Şiddetli nemli	SDI	1,59		1,59

Kümeleme analizi sonuçları; çalışmada indislerin kesme değerlerinin belirlenmesi için K-Ortalamlar 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. Kümeleme analizi veri uygulamalarında en önemli bilimlerde önemlidir. Hiyerarşik kümeleme (HC) ve K-araçları vb. gibi birçok kümeleme algoritması mevcuttur ve verilere bağlı olarak her algoritma farklı çözümler sunabilmektedir. Verilerin nasıl kümeleneceği doğrulama yoluyla en iyi çözümü elde etmek için endeksler kullanılarak çözülebilir. Küme seçimi için geçerlilik indisleri; yani SPI, SDI, RDI, PNI ve AI kullanılmıştır.

Tablo 4.17. İndislerin kümeler için kesme değerleri

	Küme 1	Küme 2	Küme 3	Küme 4	Küme 5
SPI	2,24	0,99	-0,87	-1,92	-0,03
RDI	0,67	-0,03	-2,51	-0,98	1,96
AI	0,95	1,52	0,73	0,57	1,15
PNI	136,18	115,80	85,47	69,25	99,32
SDI	-1,55	2,69	1,12	-0,70	0,11

Yapılan kümeleme analizinde her bir indis 5 gruba ayrılmıştır. Kümelerin her bir indis için kesme değerleri tabloda verilmiştir. Buna göre SPI, RDI, AI, PNI ve SDI indislerinin her biri için 1. küme, 2. küme, 3. küme, 4. küme ve 5. kümenin hangi değere göre

ayrılacağı belirlenmiştir. Bu değerlere göre indisler 5 kümeye ayrılmış ve bu kümelerin indisler açısından fark gösterme durumu “Anova” testi ile analiz edilmiştir. Bununla birlikte kümelerin indislerinin orijinal kategorileri ile ilişkisi ki-kare testi ile analiz edilmiştir.

Tablo 4.18. İndislerin 5 kümeye göre betimsel istatistikleri

			Ort.	ss	Medyan
SPI Kurak Sınıfı	Küme 1	SPI	2,24	0,31	2,21
	Küme 2	SPI	0,99	0,38	0,88
	Küme 3	SPI	-0,87	0,26	-0,81
	Küme 4	SPI	-1,92	0,44	-1,74
	Küme 5	SPI	-0,03	0,28	-0,01
RDI Kurak Sınıfı	Küme 1	RDI	0,67	0,24	0,6
	Küme 2	RDI	-0,03	0,25	0,04
	Küme 3	RDI	-2,51	0,58	-2,53
	Küme 4	RDI	-0,98	0,28	-0,92
	Küme 5	RDI	1,96	0,36	2,1
AI Kurak Sınıfı	Küme 1	AI	0,95	0,07	0,94
	Küme 2	AI	1,52	0,1	1,53
	Küme 3	AI	0,73	0,05	0,72
	Küme 4	AI	0,57	0,06	0,59
	Küme 5	AI	1,15	0,07	1,14
PNI Kurak Sınıfı	Küme 1	PNI	136,18	5,02	135,97
	Küme 2	PNI	115,8	6,07	113,73
	Küme 3	PNI	85,47	3,76	87,04
	Küme 4	PNI	69,25	7,28	72,7
	Küme 5	PNI	99,32	4,64	99,36
SDI Kurak Sınıfı	Küme 1	SDI	-1,55	0,33	-1,47
	Küme 2	SDI	2,69	0,55	2,64
	Küme 3	SDI	1,12	0,26	1,06
	Küme 4	SDI	-0,7	0,22	-0,7
	Küme 5	SDI	0,11	0,27	0,14

Tablo 4.19. Anova testi sonuçları

	Küme		F	p
	Ort. Kare	sd		
SPI	25,613	4	264,712	0,000*
RDI	26,368	4	337,086	0,000*
AI	1,658	4	496,123	0,000*
PNI	6591,172	4	265,237	0,000*
SDI	26,177	4	343,270	0,000*

*p<0,05

Yapılan Anova testi sonuçlarına göre Küme 1, Küme 2, Küme 3, Küme 4 ve Küme 5'teki SPI indisleri, RDI indisleri, AI indisleri, PNI indisleri ve SDI indisleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Tablo 4.20. SPI İndisi için orijinal kategori ile yeni kümeler arasındaki ilişki

		SPI Kurak Sınıfı					Top.	p değeri
		Küme 1	Küme 2	Küme 3	Küme 4	Küme 5		
SPI Kurak Sınıfı	Aşırı nemli	2	0	0	0	0	2	0,000*
	Çok nemli	0	6	0	0	0	6	
	Çok şiddetli kurak	0	0	0	2	0	2	
	Hafif kurak	0	0	9	0	0	9	
	Hafif nemli	0	10	0	0	0	10	
	Normal	0	0	3	0	52	55	
	Olağanüstü kurak	0	0	0	3	0	3	
	Olağanüstü nemli	5	0	0	0	0	5	
	Orta kurak	0	0	12	0	0	12	
	Orta nemli	0	6	0	0	0	6	
Şiddetli kurak	0	0	2	2	0	4		
Top.	7	22	26	7	52	114		

*p<0,05

SPI indisi için orijinal kategori ile yeni kümeler arasındaki ilişki incelendiğinde küme 1'in olağanüstü nemli ve aşırı nemli kategorisi ile küme 2'nin hafif nemli ve çok nemli kategorisi ile eşleştiği görülmüştür. Küme 3'ün hafif kurak, normal, orta kurak ve şiddetli kurak ile küme 4'ün çok şiddetli kurak, olağanüstü kurak ve şiddetli kurak ile küme 5'in ise tamamen normal kuraklık ile eşleştiği belirlenmiştir. Ki - Kare testi sonucuna göre orijinal kategoriler ile yeni kümeler arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. ($p < 0,05$)

Tablo 4.21. RDİ İndisi için orijinal kategori ile yeni kümeler arasındaki ilişki

		RDI Kurak Sınıfı					Top.	p değeri
		Küme 1	Küme 2	Küme 3	Küme 4	Küme 5		
RDI Kurak Sınıfı	Aşırı kurak	0	0	3	0	0	3	0,000*
	Aşırı nemli	0	0	0	0	6	6	
	Çok nemli	0	0	0	0	1	1	
	Hafif kurak	0	0	0	8	0	8	
	Hafif nemli	3	0	0	0	2	5	
	Normal	29	42	0	16	0	87	
	Şiddetli kurak	0	0	2	2	0	4	
Top.	32	42	5	26	9	114		

* $p < 0,05$

RDI indisi için orijinal kategori ile yeni kümeler arasındaki ilişki incelendiğinde küme 1'in tamamının normal kuraklık ile, küme 2'nin normal kuraklık, küme 3'ün aşırı kurak ve şiddetli kurak ile, küme 4'ün normal, hafif kurak ve şiddetli kurak ile, küme 5'in aşırı nemli, çok nemli ve hafif nemli ile eşleştiği görülmüştür. Ki - Kare testi sonucuna göre orijinal kategoriler ile yeni kümeler arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. ($p < 0,05$)

Tablo 4.22. AI İndisi için orijinal kategori ile yeni kümeler arasındaki ilişki

		AI Kurak Sınıfı					Top.	p değeri
		Küme 1	Küme 2	Küme 3	Küme 4	Küme 5		
AI Kurak Sınıfı	Kurakça yarı nemli	0	0	1	23	0	24	0,000*
	Nemli ve çok nemli	5	4	0	0	22	31	
	Nemli ve yarı nemli	0	0	41	0	0	41	
	Yarı kurak	0	0	0	4	0	4	
	Yarı nemli	12	0	2	0	0	14	
Top.		17	4	44	27	22	114	

*p<0,05

AI indisi için orijinal kategori ile yeni kümeler arasındaki ilişki incelendiğinde; küme 1'in nemli ve çok nemli ve yarı nemli kategorisi ile küme 2'nin nemli ve çok nemli ile küme 3'ün nemli ve yarı nemli, kurakça yarı nemli ve yarı nemli ile küme 4'ün kurakça yarı nemli ve yarı kurak ile küme 5'in nemli ve çok nemli ile eşleştiği görülmektedir. Ki-kare testi sonucuna göre orijinal kategoriler ile yeni kümeler arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. (p<0,05)

Tablo 4.23. PNI İndisi için orijinal kategori ile yeni kümeler arasındaki ilişki

		PNI Kurak Sınıfı					Top.	p değeri
		Küme 1	Küme 2	Küme 3	Küme 4	Küme 5		
PNI Kurak Sınıf	Hafif kurak	0	1	11	2	0	14	0,000*
	Normal	7	21	13	0	54	95	
	Orta şiddetli kurak	0	0	0	3	0	3	
	Şiddetli kurak	0	0	0	2	0	2	
Top.		7	22	24	7	54	114	

*p<0,05

PNI indisi için orijinal kategori ile yeni kümeler arasındaki ilişki incelendiğinde küme 1'in normal kategorisi ile küme 2'nin normal kategorisi, küme 3'ün hafif kurak ve normal kategorisi ile küme 4'ün hafif kurak, orta şiddetli kurak ve şiddetli kurak, küme 5'in normal ile eşleştiği görülmüştür. Ki-kare testi sonucuna göre orijinal kategoriler ile yeni kümeler arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. ($p < 0,05$)

Tablo 4.24.SDI İndisi için orijinal kategori ile yeni kümeler arasındaki ilişki

		SDI Kurak Sınıf					Top	P değeri
		Küme 1	Küme 2	Küme 3	Küme 4	Küme 5		
SDI Kurak Sınıf	Aşırı kurak	2	0	0	0	0	2	0,000*
	Aşırı nemli	0	3	0	0	0	3	
	Hafif kurak	0	0	0	22	17	39	
	Hafif nemli	0	0	8	0	28	36	
	Orta kurak	8	0	0	3	0	11	
	Orta nemli	0	0	14	0	0	14	
	Şiddetli kurak	6	0	0	0	0	6	
	Şiddetli nemli	0	0	3	0	0	3	
Top.		16	3	25	25	45	114	

* $p < 0,05$

SDI indisi için orijinal kategori ile yeni kümeler arasındaki ilişki incelendiğinde; küme 1'in aşırı kurak ile orta kurak ve şiddetli kurak, küme 2'nin aşırı nemli ile küme 3'ün hafif nemli, orta nemli ve şiddetli nemli, küme 4'ün hafif nemli ve küme 5'in hafif nemli ve hafif kurak ile eşleştiği görülmüştür. Ki-kare testi sonucuna göre orijinal kategoriler ile yeni kümeler arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. ($p < 0,05$)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünya geneline baktığımızda Türkiye yarı kurak ülkeler arasında yer almaktadır. Yapılan analizlere göre Erzincan, Gümüşhane ve Bayburt illerinin 1978- 2015 yılları arasında her 3 ilde belli yıllarda kuraklığa maruz kalmıştır. Bu çalışmada, 1978- 2015 yılları arasındaki 38 yıllık uzun dönemi kapsayan Erzincan, Gümüşhane ve Bayburt Bölgeleri için yağış akış ve sıcaklık verileri yardımıyla Standart Yağış İndisi (SPI), Yüzey Akış İndisi (SDI), Aridite İndisi (AI), Keşif Kuraklık İndisi (RDI), Normalin Yüzdesi İndisi (PNI) kullanılarak kuraklığın analizi üzerinde çalışılmıştır. Bölgedeki 3 istasyondan yağış ve akış verileri dikkate alınarak 12 aylık değerleri hesaplanmıştır. Öte yandan kullanmış olduğumuz verilerin doğruluğu ve benzer sınıfların aynı sınıfta olması açısından istatistiksel analizler kullanıp sonuçların tüm verilerin anlamlı olduğunu göstermektedir. Kİ-Kare testi ile verilerin uygunluğunu kontrol ederek tüm değerler 0,05 sınırından küçük çıktığı için veriler anlamlı olarak kabul edildi. Anova testi ile benzer gruplara aynı gruba toplayarak 5 farklı kümeye sınıflandırdık. Çalışma sonucunda belirtilen 3 istasyon arasında en çok yağış alan ilin 639,3 mm ile Gümüşhane olduğu, en az yağış alan ilin ise 241,1 mm ile Erzincan olduğu tespit edilmiştir. Her 5 indiste de verilerin normal olarak dağıtıldığı ve prensip olarak indislerin hesaplanmasına benzer olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu çalışmada, mevcut verilere uygunluk amacıyla yağış yılı su yılına (Ekim, Kasım, Eylül) göre düzenlenmiştir. Ayrıca, bu çalışmaya özgü yağış dizileri, SDI indisinde olduğu gibi her yılın 12 aylık dönemleri kullanılarak elde edilmiştir. İndislere göre bakarsak her 3 istasyonda da en fazla kurak SDI ve en az kurak ise RDI indisi analiz edilmiştir. Kurak yüzdesi olarak baktığımızda Erzincan ve Bayburt, Gümüşhane'ye göre daha çok kuraklığa maruz kalmıştır.

SPI yöntemine göre Erzincan’da en yüksek yağış oranı 1995 yılında 2,835 ve en düşük değeri ise 1994 yılında -2,222. SDI indisine göre Erzincan’da en yüksek yağış oranı 2011 yılında 2,64 ve en kurak yılı ise 1983 ve -1,896 değerindedir. RDI yönteminde ise Erzincan’da en yüksek yağış oranı 1988 yılında 2,38 ve düşük oran ise 1994 yılında -2,73. PNI indeksine göre Erzincan’ın en yağışlı yılı 1995 ve 146,1 ve en kurak yılı 1994 ve 63,83 değerindedir. AI yöntemine göre de Erzincan’ın en yağışlı yılı 1988 ve en yüksek oranı ise 1,05 ve en düşük yağış oranı da 1994 yılında 0,43 değerlerinde tespit edilmiştir. Alttaki tabloya bakıldığında en fazla kurak yılı SDI indisinde 19 yıl ve en az kurak yılı ise RDI indisinde 4 olarak görülmektedir.

SPI göre Gümüşhane’nin en yağışlı yılı 1988 ve 2,226 değerinde ve en düşük ya da kurak yılı ise 1994 ve -2,744 oranındadır. SDI indisine göre Gümüşhane’nin en yüksek yağış oranı 1988 yılında 3,260 ve en kurak yılı ise 2014 ve -2,179 değerindedir. RDI indisine göre Gümüşhane ilinin en yağışlı ya da nemli yılı 1988 ve 2,17 ve en kurak ya da düşük oranlı yılı ise 1994 ve -3,35 oranındadır. PNI indisine göre Gümüşhane’nin en yağışlı yılı 1988 ve 135,98 ve en kurak yılı 1994 ve 55,64 değerindedir. AI’ya göre de Gümüşhane’nin en yağışlı yılı 1988 ve 1,61 ve en kurak yılı ise 1994 ve 0,61 oranındadır. SDI’de Gümüşhane’nin en fazla kurak yılı 20 yıldır ve en az kurak yılı AI’nda 1 yıl olarak tespit edilmiştir.

Bayburt il merkezinde yapılan 3 farklı analize bakıldığında SPI indisine göre Bayburt’un en yağışlı yılı 1998 ve 2,420 değerinde ve en kurak yılı 2000 ve -2,003 değerindedir. SDI indisine göre Bayburt’un en yüksek yağış oranı 1988 yılında 2,211 ve en kurak yılı ise 2014 ve -2,222 değerindedir. RDI indisine göre da en yağışlı yılı 1988 ve 2,10 ve en kurak yılı ise 2000 ve -2,53 değerindedir. PNI indisine göre Bayburt’un en yağışlı yılı 1988 ve 137,90 ve en kurak yılı 2000 ve 68,63 değerindedir. AI indisine göre ise Bayburt’un en yağışlı yılı 1988 ve 0,93 ve kurak yılı ise 2000 yılında ve 0,45 değerindedir. Bayburt’un en fazla kurak yılı SDI de ve 19 yıl en az kurak yılı ise PNI de ve 5 yıl olarak tespit edilmiştir.

Tablo 5.1. Erzincan, Gümüşhane ve Bayburt karşılaştırması

ERZİNCAN				
İNDEKS ADI	NORMAL VE ÜZERE (YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL VE ÜZERE (%)	KURAK (%)
SPI	27	11	71	29
SDI	19	19	50	50
RDI	34	4	89	11
PNI	32	6	84	16
AI	24	14	63	37
GÜMÜŞHANE				
SPI	30	8	79	21
SDI	18	20	48	52
RDI	34	4	89	11
PNI	32	6	84	16
AI	37	1	97	3
BAYBURT				
SPI	27	11	71	29
SDI	19	19	50	50
RDI	31	7	81	19
PNI	33	5	87	13
AI	26	12	69	31

KAYNAKÇA

- Akbaş, A. (2014). “Türkiye üzerindeki önemli kurak yıllar”. *Coğrafi Bilimler Dergisi CBD 12 (2), 101- 118 (2014)*, 102.
- Bölük , E. (20116). “Aydeniz iklim sınıflandırmasına göre türkiye iklimi” . *Meteoroloji Genel Müdürlüğü - Ankara*, 5-7.
- Cebeci, Z., Yıldız, F., ve Kayaalp, T. (2015). “K-ortalamalar kümelemesinde optimum k değeri seçilmesi”. *Erzurum. Bildiriler Kitabı (Ed: Ü. Özen ve ark.)*, s. 231-242. *Orka Ofset*, 232-233.
- Connor, j., and M, r. (1965). “Meteorological drought”. *u.s. Department Of Commerce* , 40-42.
- Çakal , S. (2016). “Palmer drought analysis of north cyprus”. *Middle East Technical University, Northern Cyprus Campus* , 10-11.
- Çakmak, Z. (1999). “Kümeleme analizinde geçerlilik problemi ve kümeleme sonuçlarının değerlendirilmesi”. *Sosyal Bilimler Dergisi Kasım 1999*, 188-189.
- Gürler , Ç. (2007). “Beşehir ve konya-çumra-karapınar alt havzalarında standartlaştırılmış indis yaklaşımı ile hidrolojik kuraklık değerlendirmesi”. *Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü*, 7-9.
- Hayes , M. (1993). “Drought indices”. *Climate Impacts Specialist National Drought Mitigation Center*, 3-4.
- Kadıoğlu, M. (1992). “Kuraklık kıranı risk yönetimi” . *İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği ve Afet Yönetim Uyg-Ar Merkezi* , 8-9-10.
- Kapluhan , E. (2013). “Türkiye’de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi”. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 489-490.
- Karimi, h. (2016). “Kuraklık ve belirleyicileri”. *Yazd Üniversitesi*, 10-11.
- Kayam, Y., Yılmaz, G., Etöz, M., ve Yüceerim, G. (2017). “Bazı kuraklık indislerinin karşılaştırılması ve iklimsel analizler; menemen örneği”. *Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Menemen/İzmir/Türkiye* , 10-11.
- Kokkokoğlu , N. (2016). “İç anadolu bölgesi kuraklık sürelerinin parametrik ve nonparametrik yaklaşımla analizi” . *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 28-29.

- Leščešen, I., Dolinaj, D., Pantelić, M., and Popov, S. (2018). “Drought assessment in vojvodina (serbia) using k-means cluster analysis”. *UDC: 911.2:551.577(497.113)*, 17.
- Leščešen, I., Dolinaj, D., Pantelić, M., and Popov, S. (2019). “*Drought assessment in vojvodina (serbia) using k-means cluster analysis*”. Novi Sad: University of Novi Sad, **Climatological and Hydrological Research Center**.
- Modaresi Rad, A., and Khalili, D. (2015). “Appropriateness of Clustered Raingauge Stations for Spatio-Temporal Meteorological Drought Applications”. *Water Resour Manage*, 1-5.
- Mohammadiyan, a., Kohi, m., Adina biki, a., Rasoli, s., and Bazir afshan, b. (2010). “kuraklık karşılaştırılması SPI,PNI,Dİ metodlarıyla”. *su ve toprak koruma dergesi*, 178-180.
- Moreira, E., Mexia, J., and Pereira, L. (2012). “Are drought occurrence and severity aggravating? A study on SPI drought class transitions using log-linear models and ANOVA-like inferenc”. *Hydrology and Earth System Sciences*, 3013-3015.
- Najafi, E., and Khanbilvardi, R. (2014). “Clustering and Trend Analysis of Global Extreme Droughts from 1900 to 2014” . *Department of Civil Engineering, The City College of New York, 10031 New York City, USA*, 1.
- R, R., and JR, H. (2002). “A Review of twentieth century drought indices used in the United States. *Richard R. Heim Jr., Climate Monitoring Branch, Scientific Services Division*”, *National Climatic Data Center, 151 Patton Avenue, Asheville, NC 28801-5001*, 1155-1156.
- Saeidipou, M., Radmanesh, F., and Eslamian, S. (2018). “Meteorological drought monitoring using the multivariate index of SPEI (Case Study: Karun Basin)”. *AUT Journal of Civil Engineering*, 85-89.
- Sahin, S. (2012). “An aridity index defined by precipitation and specific humidity”. *Journal of Hydrology*, 200-203.
- Shamshirband, S., Gocic, M., Petkovic, d., Javidnia, H., Hafizah Hamid, S., Mansor, Z., and Noman qasem, S. (2015). “*Clustering project management for drought regions determination A case study in Serbia. malaysia*”: **Elsevier**.
- Şimşek, O., ve Çakmak, b. (2015). “SPI ve PNI Yöntemleriyle tarım yılı kuraklık analizi”. *DMİ Zirai Meteoroloji ve İklim Rasatları Dairesi Başkanlığı Zirai Meteoroloji Şubesi 06120 Kalaba, Keçiören, Ankara, Türkiye*, 3-4.

Şimşek, O., Yıldırım, M., ve Gördebil , N. (2013-2014). 2013–2014. “Tarım yılı kuraklık analizi” . *Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Zirai Meteoroloji Şube Müdürlüğü, 06120 Kalaba, Keçiören, Ankara, Türkiye* .

Temel , İ. (2009). “Gediz havzasında kuraklık analizi” . *Ege Üniversitesi fen bilimleri*, 25-26.

Tigkas, D., Vangelis, H., and Tsakiris, G. (2015). “A software for drought analysis based on drought indices. *Laboratory of Reclamation Works and Water Resources Management & Centre for the Assessment of Natural Hazards and Proactive Planning, School of Rural and Surveying Engineering*”, *National Technical University of Athens, Greece*, 1-2.

Yalçın, N. (2013). “Kümeleme analizi ve uygulaması”. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* , 2-8-9-10.

ÖZGEÇMİŞ

1992 yılı HERAT AFGANİSTAN doğumlu olup, ilköğrenim ve orta öğrenimini, lise öğreniminin ilk iki yılını Herat Jami Lisesinde, son yılını da Takhar Sayed Huseyin Lisesinde tamamladı. 2011 yılında Türkiye devleti tarafından burslu olarak Türkiye'ye getirildi. Ankara Üniversitesi İzmir Şubesinde Türkçe ve İngilizce öğrenimini tamamladıktan sonra Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesinde İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne başlayıp ve 2018 yılında başarı ile mezun oldu. Aynı sene ara vermeden Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesinde İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı'nda lisansüstü eğitimine başlayıp ve 2020 yılında 3.93/4 genel ortalama ile bitirmiştir. Ayrıca eğitim ve öğretimin sürekli devam edilmesi gerektiğine inanıp bu yolda çaba göstermektedir.

İletişim: shirzadi.herat@yahoo.com/gmail.com