

T.C
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZİNCAN, BAYBURT VE GÜMÜŞHANE İLLERİNDE FAKTÖR
ANALİZİ VE GÜVENİLİRLİK YÖNTEMİ İLE HİDROLOJİK VE
METEOROLOJİK KURAKLIK DEĞERLENDİRMESİ

Abdulsabir AKRAMY

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2020

Her Hakkı Saklıdır.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane İllerinde Faktör Analizi ve Güvenilirlik Yöntemi ile Hidrolojik ve Meteorolojik Kuraklık Değerlendirmesi” isimli “Yüksek Lisans” tezimi tarafımda intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. 22/05/2020



Abdulsabir AKRAMY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ERZİNCAN, BAYBURT VE GÜMÜŞHANE İLLERİNDE FAKTÖR ANALİZİ VE GÜVENİLİRLİK YÖNTEMİ İLE HİDROLOJİK VE METEOROLOJİK KURAKLIK DEĞERLENDİRMESİ

Abdulsabir AKRAMY

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

Kuraklık, doğa olayları arasında hem insan yaşamı için hem de doğal kaynaklar ve diğer canlılar için oluşturduğu olumsuz etkilerden dolayı en yıkıcı olaylardan biri olmuştur. Bu yıkıcı olay birçok ülkeyi etkilemesinin yanı sıra ekonomik, sosyal, politik, çevre ve kültürel meseleleri de olumsuz etkilemektedir. Tüm bu etkilerden dolayı izleme sistemleri, kuraklık yönetimi ve sosyal planlamanın geliştirilmesi büyük önem arz etmekte ve kuraklık etkilerinin en düşük seviyeye getirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kuraklık düzeyi belirleme çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmada Standartlaştırılmış Yağış indisi (SPI), Normalin Yüzdesi İndisi (PNI), Yüzey Akışı Kuraklık İndisi (SDI), Keşif Kuraklık İndisi (RDI) ve Aridite İndisi (AI) kullanılarak; Erzincan, Gümüşhane ve Bayburt illeri için aylık olarak kuraklık analizi yapılmış aynı zamanda kuraklık durumu istatistiksel açıdan da irdelenmiştir. İndis bazlı olarak faktör analizi ve güvenilirlik düzeyinin belirlenmesi için Cronbach'ın alfa katsayısı yöntemi kullanılan bu çalışmada RDI, SPI, SDI ve AI indislerinin tek bir faktör altında toplanabileceği görülmüştür.

2020, 99 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Faktör Analizi, Güvenirlilik, Kuraklık, AI, PNI, RDI, SDI, SPI

ABSTRACT

Master Thesis

EVALUATION OF HYDROLOGIC AND METEOROLOGICAL DROUGHT BY FACTOR ANALYSIS AND RELIABILITY IN ERZİNCAN, BAYBURT AND GÜMÜŞHANE

Abdulsabir AKRAMY

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

Advisor: Asist. Prof. Dr. Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ

Drought has been one of the most destructive events among natural events due to the negative effects it has on both human life and natural resources and other living things. This devastating event affects many countries as well as negatively affects economic, social, political, environmental and cultural issues. Because of all these impacts, development of monitoring systems, drought management and social planning is of great importance and drought impacts should be minimized. In this study, standardized precipitation index (SPI), Percentage of Normal Index (PNI), Surface Flow Drought Index (SDI), Exploration Drought Index (RDI) and Aridity Index (AI) were used for monthly drought analysis in Erzincan, Gümüşhane and Bayburt provinces at the same time, the drought situation was analyzed statistically. In this study, Cronbach's alpha coefficient method was used to determine factor analysis and reliability level based on index, and it was seen that RDI, SPI, SDI and AI indices could be collected under a single factor.

2020, 99 pages

Keywords: Drought, Factor Analysis, Reliability AI, PNI, RDI, SDI, SPI

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin ve tez çalışmanın başlangıcından beri çalışmanın her aşamasında beni yönlendiren, sürekli bilgi, hoşgörü, anlayış, tavsiyelerini, yardımını esirgmeden ve önerileriyle çalışmama yol gösteren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Yıldırım DALKILIÇ'a en içten şükranlarımı sunuyorum.

Bana çalışma azmi veren, sürekli teşvik edici tavır gösteren ve her türlü desteği ile hep yanımda olan çalışma arkadaşına Said Mahmud SHİRZADİ'ye ve tüm dostlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen sevgili aileme en içten sevgi ve saygılarımı sunuyorum.

Abdulsabir AKRAMY

Mayıs, 2020

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	ii
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1.GİRİŞ	1
1.1.Kuraklık.....	5
1.2. Kuraklığın Özellikleri.....	9
1.3. Kuraklık Çeşitleri	11
1.3.1. Meteorolojik kuraklık	11
1.3.2. Tarımsal kuraklık.....	11
1.3.3. Hidrolojik kuraklık	12
1.3.4. Sosyo-ekonomik kuraklık.....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1. Gerekli Veriler.....	17
3.1.1. Meteorolojik veriler	18
3.1.2. Akış verileri	19
3.2. Hidrolojik Kuraklık Analizi	20
3.2.1. Yağışa bağlı kuraklık indisleri.....	23
3.2.1.1. Standartlaştırılmış yağış indisleri (SPI)	23
3.2.1.2. Efektif kuraklık indisi hesaplama yöntemi	25
3.2.1.3. Palmer hidrolojik kuraklık indisi (PHDI)	27
3.2.2. Akışa bağlı kuraklık indisleri.....	29
3.2.2.1. Standartlaştırılmış akış indisi (SRI)	29
3.2.2.2. Yüzey akışı kuraklık indisi (SDI)	29
3.2.2.3. Yüzey suyu temini indisi (SWSI)	31
3.2.2.4. Baz akım indisi (BFI).....	32
3.2.3. Yeraltı suyuna bağlı kuraklık indisleri	33
3.2.3.1. Standartlaştırılmış su seviyesi indisi (SWI).....	33

3.2.3.2. Yeraltı suyu kaynakları indisi (GRI).....	33
3.2.3.3. Standartlaştırılmış yeraltı suyu indisi (SGI).....	34
3.2.4. Depolamaya bağlı kuraklık indisleri.....	35
3.2.4.1. Standartlaştırılmış depolama hacmi indisi (SRSI).....	35
3.2.4.2. Keşif kuraklık indisi (RDI).....	35
3.2.4.3. Toplam depolama açığı indisi (TSDI).....	37
3.3. Meteorolojik Kuraklık Analizi.....	37
3.3.1. Aridite anomali indisi (AAI).....	38
3.3.2. Ondalıklar indisi (DI).....	40
3.3.3. Normalin yüzdesi indisi (PNI).....	41
3.3.4. Aridite indisi (AI).....	42
3.3.5. Palmer-z indisi.....	44
3.3.6. Palmer kuraklık şiddeti (PDSI).....	45
3.4.Faktör Analizi.....	46
3.4.1. Faktör analizi yaklaşımları iki genel kategoriye ayrılabilir.....	48
3.4.1.1. Açıklayıcı faktör analiz.....	48
3.4.1.1.1. KMO indisi.....	49
3.4.1.1.2. Bartlett küresellik testi.....	50
3.4.1.2. Doğrulayıcı faktör analizi (DFA).....	51
3.5. Faktör Yüğü.....	52
3.6.Geçerlilik ve Güvenilirlik Analizi.....	52
3.6.1. Güvenilirlik analizi.....	53
3.6.2.Geçerlilik ve güvenilirlik ilişkisi.....	53
3.6.3.Cronbach alfa katsayısı.....	54
3.7.İndisler Arasındaki Korelasyon Katsayısı.....	55
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	58
4.1. Standartlaştırılmış İndis Metotları ile Hidrolojik ve Meteorolojik Kuraklık Analiz Yöntemleri.....	58
4.2. Erzincan İl Merkezinde SPI ile Kuraklık Değerlendirmesi.....	58
4.3. Erzincan İl Merkezinde PNI ile Kuraklık Değerlendirmesi.....	59
4.4. Erzincan İl Merkezinde SDI ile Kuraklık Değerlendirmesi.....	60
4.5. Erzincan İl Merkezinde RDI ile Kuraklık Değerlendirmesi.....	61
4.6. Erzincan İl Merkezinde AI ile Kuraklık Değerlendirmesi.....	62
4.7. Bayburt İl Merkezinde SPI ile Kuraklık Değerlendirmesi.....	63

4.8. Bayburt İl Merkezinde PNI ile Kuraklık Değerlendirmesi	64
4.9. Bayburt İl Merkezinde SDI ile Kuraklık Değerlendirmesi	65
4.10. Bayburt İl Merkezinde RDI ile Kuraklık Değerlendirmesi	66
4.11. Bayburt İl Merkezinde AI ile Kuraklık Değerlendirmesi	67
4.12. Gümüşhane İl Merkezinde SPI ile Kuraklık Analizi ve Değerlendirmesi	68
4.13. Gümüşhane İl Merkezinde PNI ile Kuraklık Analizi ve Değerlendirmesi	69
4.14. Gümüşhane İl Merkezinde SDI ile Kuraklık Analizi ve Değerlendirmesi	70
4.15. Gümüşhane İl Merkezinde RDI ile Kuraklık Değerlendirmesi	71
4.16. Gümüşhane İl Merkezinde AI ile Kuraklık Değerlendirmesi	72
4.17. Kuraklık İndislerinin Karşılaştırılması	73
4.17.1. Erzincan ilinde kuraklık indislerinin karşılaştırılması	73
4.17.2. Bayburt ilinde kuraklık indislerinin karşılaştırılması	75
4.17.3. Gümüşhane ilinde kuraklık indislerinin karşılaştırılması	78
4.18. Faktör Analizi Sonuç ve Değerlendirmesi	80
4.19. Cronbach Alfa Katsayısına Göre Verilerin Güvenilirlik Değerlendirmesi	81
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR	86
EKLER	89
EK-1.	89
Ek-2.	97
ÖZGEÇMİŞ	107

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Çalışma Alanlarını ve Meteoroloji İstasyonlarını Göstermektedir.....	3
Şekil 1.2. Kuraklık Sınıflama Tipi	10
Şekil 3.1. Hidrolojik Kuraklık İndisleri Biçimlendirmesi	22
Şekil 3.2. Erzincan İstasyondaki İstatistiksel Dönemde Yağış İndisinin (SPI) Standart Akış İndis SDI ile Doğrusal Korelasyonu.....	57
Şekil 4.1. Erzincan Merkezinde Yıllık SPI Kuraklık Analizi	59
Şekil 4.2. Erzincan Merkezinde Yıllık PNI Kuraklık Analizi	60
Şekil 4.3. Erzincan Merkezinde Yıllık SDI Kuraklık Analizi	61
Şekil 4.4. Erzincan Merkezinde Yıllık RDI Kuraklık Analizi.....	62
Şekil 4.5. Erzincan Merkezinde Yıllık AI Kuraklık Analizi.....	63
Şekil 4.6. Bayburt Merkezinde Yıllık SPI Kuraklık Analizi	64
Şekil 4.7. Bayburt Merkezinde Yıllık PNI Kuraklık Analizi.....	65
Şekil 4.8. Bayburt Merkezinde Yıllık SDI Kuraklık Analizi.....	66
Şekil 4.9. Bayburt Merkezinde Yıllık RDI Kuraklık Analizi	67
Şekil 4.10. Bayburt Merkezinde Yıllık AI Kuraklık Analizi	68
Şekil 4.11. Gümüşhane Merkezinde Yıllık SPI Kuraklık Analizi	69
Şekil 4.12. Gümüşhane Merkezinde Yıllık PNI Kuraklık Analizi.....	70
Şekil 4.13. Gümüşhane Merkezinde Yıllık SDI Kuraklık Analizi.....	71
Şekil 4.14. Gümüşhane Merkezinde Yıllık RDI Kuraklık Analizi	72
Şekil 4.15. Gümüşhane Merkezinde Yıllık AI Kuraklık Analizi.....	73
Şekil 4.16. SPI, PNI, SDI, RDI ve AI Yöntemlerini Kullanarak Erzincan İstasyonunda Nem, Kuraklık, Normal Yağış ve Akış Yüzdesi.....	74
Şekil 4.17. SPI, PNI, SDI, RDI ve AI Yöntemlerini Kullanarak Bayburt İstasyonunda Nem, Kuraklık, Normal Yağış ve Akış Yüzdesi.....	76
Şekil 4.18. SPI, PNI, SDI RDI ve AI Yöntemlerini Kullanarak Gümüşhane İstasyonunda Nem, Kuraklık, Normal Yağış ve Akış Yüzdesi.....	79

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Çalışmada Kullanılan İstasyonlara Ait Bilgiler	2
Tablo 3.1. Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane'nin (MGİ) ve (AGİ) Genel Bilgileri.....	18
Tablo 3.2. Kuraklık Analizleri	20
Tablo 3.3. SPI İndisinin Sınıflandırması(Mckee, 1993)	24
Tablo 3.4. EDI ve Önem Derecesine Göre Kuraklık Türü	27
Tablo 3.5. Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (PHDI) Sınıflandırma Türü	28
Tablo 3.6. SDI İndisi kullanılarak Hidrolojik Kuraklık Koşullarının Belirlenmesi	30
Tablo 3.7. SWI Kuraklık Şiddeti Sınıflandırması.....	33
Tablo 3.8. RDI ve Önem Derecesine Göre Kuraklık Türü.....	37
Tablo 3.9. Tablo Aridite Anomalinin Eşik Değerleri.....	39
Tablo 3.10. Ondalık Değer Sınıflandırması ve Kuraklık Tanımı.....	41
Tablo 3.11. PNI İndisinin Farklı Sınıfları	42
Tablo 3.12. Çalışmada Kullanılan İndis Aralıkları (Türkeş, 2005)	43
Tablo 3.13. Faktör Analizi İçin Belirlenen KMO Katsayısı	50
Tablo 3.14. Erzincan İstasyonunda Meteorolojik ve Hidrolojik Kuraklık Ölçümleri İçin r Katsayıları Sonuçları.....	56
Tablo 4.1. SPI, PNI,RDI, AI ve SDI Kuru, Normal ve Daha Yüksek Geçen Yıl Sayıları ve Yüzdeleri	75
Tablo 4.2. SPI, PNI, SDI, RDI ve AI Kuru, Normal ve Daha Yüksek Geçen Yıl Sayıları ve Yüzdeleri	77
Tablo 4.3. SPI, PNI, RDI, AI ve SDI Kuru, Normal ve Yüksek Geçen Yıl Sayıları ve Yüzdeleri.....	80
Tablo 4.4. Araştırma Deneylerinde KMO Örneklemesi ve Bartlett'in Küresellik Testinin Yeterliliği	81
Tablo 4.5. Her Değişken İçin Cronbach Alfa Güvenilirliği.....	82
Tablo 4.6. PNI Silinmesine İlişkin Cronbach Alfa Değeri	83

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

bi	Sezona Ait Baz Akım Değerleri
di	Seçilen Sezona Ait Yüzeysel Akış
$D_{y.m}$	Yüzey Su Seviyesi
i	Varsayımsal Süreklilik Yağış
\dot{I}	Hidrolojik Yılı
j	Hidrolojik Yıla Karşılık Gelen Ay
K	Referans Periyodu
M	Ay
N	Yağış Verilerinin Sayısı
P	Yıllık Akış ve Yağış
P^-	Ortalama Yıllık Akışı
P_m	Önceki Gün Yağış Miktarı
$Prec$	Yağış
$Resv$	Toprak Nemi
$snow$	Kar Örtüsü
$strm$	Akış
V_k	Ortalama Kümülatif Hacim Verisi
W_{ij}	Mevcut Yaş Seviyesi
W_{im}	Ortalama Yaş Seviyesi
X_i	Aylık Depolama Hacmi
X_i^{orta}	İstatistiksel Dönem Boyunca Ortalama Yağış
X_j	Ortalama Aylık Depolama Hacmi
$\%$	Yüzde
$a_0^{(i)}$	Rastgele Zaman Aralığı veya Farklı Yılları
\bar{a}_0	Her Yıl $a_0^{(i)}$ Hesaplarının Ortalaması
σ	Standart sapma
μ	Ortalama

KISALTMALAR

<i>AAI</i>	Aridite Anomali İndisi
<i>AE</i>	Aktüel Evapotranspirasyon
<i>AI</i>	Aridite İndisi
<i>AFA</i>	Açımlayıcı Faktör Analiz
<i>AGİ</i>	Akış Gözlem İstasyonu
<i>BFI</i>	Baz Akım İndisi
<i>DFA</i>	Doğrulayıcı Faktör Analizi
<i>DI</i>	Ondalıklar İndisi
<i>DSI</i>	Devlet Su İşleri
<i>EDI</i>	Efektif Kuraklık İndisi
<i>EPi</i>	Günlük Etkili Yağış
<i>ET</i>	Evataranpirasyonu (Buharlaştırma + Terleme)
<i>ETDI</i>	Terleme Açığı İndisi
<i>FAO</i>	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
<i>GRACE</i>	GRACE Misyonu Aynı Yörüngede Birbirini İzleyen ve Aralarındaki Mesafeyi Gözlemleyen İkiz Uydu Modunda (SST-II) Çalışmaktadır.
<i>GRI</i>	Yeraltı Suyu Kaynakları İndisi
<i>KMO</i>	Kaiser – Meyer - Olkin İndisi
<i>MEP</i>	Ortalama Günlük Etkin Yağış Miktarı
<i>MGİ</i>	Meteoroloji Gözlem İstasyonu
<i>MGM</i>	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
<i>PDSI</i>	Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi
<i>PE</i>	Potansiyel Evapotranspirasyon
<i>PHDI</i>	Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi
<i>PRN</i>	Normal Günlük Koşullara Dönmek için Gereken Yağış Miktarı
<i>PRN (ST)</i>	PRN'nin Standart Sapması
<i>RDI</i>	İslah - Geri Kullanım İndisi
<i>SDI</i>	Yüzey Akışı Kuraklık İndisi

<i>SEP</i>	Standartlaştırılmış Değeri
<i>SGI</i>	Standartlaştırılmış Yeraltı Suyu Seviyesi İndisi
<i>SMA</i>	Toprak Nemi Anomalisi İndisi
<i>SMDI</i>	Toprak Nemi Açığı İndisi
<i>SPI</i>	Standartlaştırılmış Yağış İndisi
<i>SRI</i>	Standartlaştırılmış Akış İndisi
<i>SRSI</i>	Standartlaştırılmış Depolama Hacmi İndisi
<i>STEP</i>	EP'nin Standart Sapması
<i>SWI</i>	Standartlaştırılmış Su Seviyesi İndisi
<i>SWS</i>	Toprak Suyu Depolaması İndisi
<i>SWSI</i>	Yüzey Suyu Temini İndisi
<i>TSAm_{ax}</i>	Maksimum Toplam Depolama Açığı
<i>TSAm_{in}</i>	Minimum Toplam Depolama Açığı
<i>TSDI</i>	Toplam Depolama Açığı İndisi
<i>UNCCD</i>	Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi
<i>WMO</i>	Dünya Meteoroloji Örgütü
<i>ZIND</i>	Palmer Nem Anomali İndisi

1.GİRİŞ

Kuraklık, hem doğal kaynaklarda hem de insan yaşamı, ekonomik, sosyal, politik, çevre ve kültürel sistemler üzerinde ciddi bir şekilde etki eden en tehlikeli doğal afetlerden birisidir. Başka bir deyişle kuraklık, bir bölgenin nem miktarındaki geçici dengesizliği, yüzey buharlaşması ve bitkilerin buharlaşması, belirli bir dönemde normalden daha yüksek olduğunda meydana gelmektedir. Kuraklığın başlangıcı ve bitişi belli olmayan yavaş bir şekilde artması aynı zamanda birçok kaynağı birden fazla zarar vermesi onu diğer doğal afetlerden ayıran en önemli özellikleridir.

Kuraklık sadece fiziksel bir olay ya da doğal bir olay değildir. Yüzey suyuna bağımlılık nedeniyle, insan faaliyetlerinin yeraltı suyu kaynakları toplum üzerinde farklı etkilere neden olabilmektedir. Uzun süreli nem azlığı yaratarak bitki, orman ve yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgâr gibi diğer değişkenler birçok bölgede kuraklıktan etkilenebilir. Genellikle kuraklık yavaş gelişir ama uzun bir süreklilik göstermesi suretiyle yeraltı, yerüstü suların azalması nedeniyle sonuçları çok tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedir. Kuraklık için farklı tanımlar sağlanmakla birlikte, sürekli yağış kaybı aylık, yıllık ve genellikle mevsimlik olarak ortaya çıkmaktadır. Bu eksiklik bazı faaliyetleri, gruplar veya çevre sektörü için su noksanlığına yol açmaktadır.

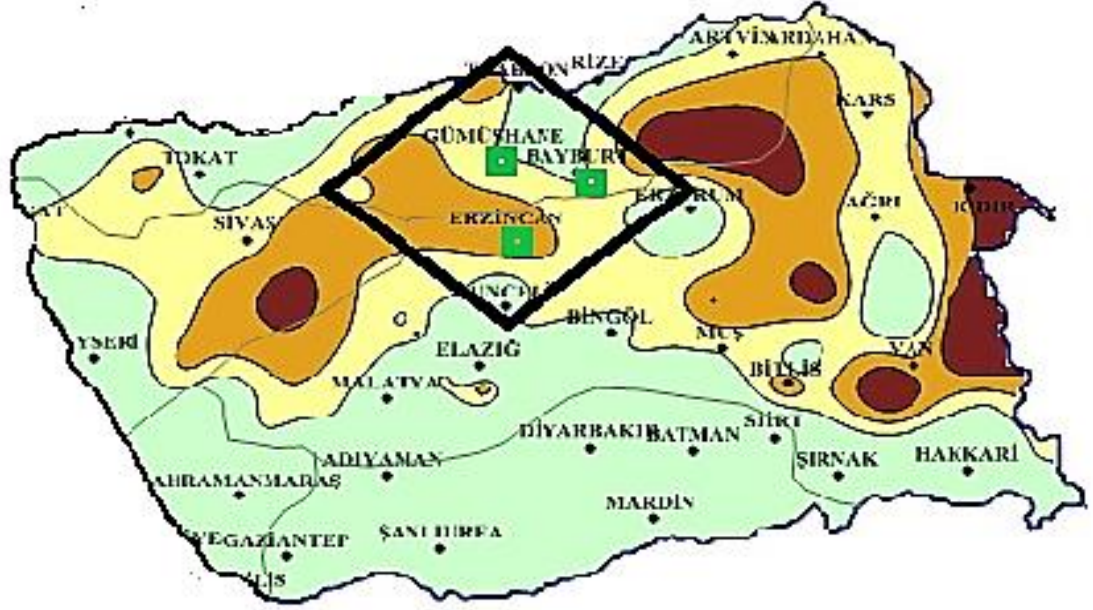
Kuraklık, orta-uzun vadeli yağış miktarı ve evapotranspirasyon arasındaki denge koşullarıyla ilişkili olarak düşünülmekte olup genellikle her bir bölgede belirli bir koşul "normal" olarak tanımlanır. Yüksek sıcaklıklar, yüksek rüzgârlar ve daha düşük bağıl nem gibi diğer iklimsel faktörler, genellikle dünyanın birçok yerinde bu hadise ile ilişkili kuraklığın şiddetini ve büyüklüğünü önemli ölçüde artırabilir. İnsanlar, kuraklığın etkileri nedeniyle sıklıkla su kıtlığına ve zararlarıyla karşı karşıya kalmıştır. Kuraklık genellikle uzun bir süre boyunca yokluğu veya düşük yağışlarıyla hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde, tüm toplumların kuraklığa karşı savunmasız, ekonomik sonuçlara, çevresel etkilere ve kişisel zorluklara yol açmıştır. Bu su dengesizliklerin sonucu olarak su kıtlığı, mahsul arızası, su akışını, yüzey suyu derinliği ve toprak nemi, toprak erozyonunun vasıtası olabilmektedir(Razavi vd.,2012). Son yıllarda tüm dünyada birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de su krizi meydana gelmiştir. Dünya kuru kuşağındaki su sıkıntısıyla karşı karşıya kalmaktadır. Türkiye,

kuraklık ve etkilerine sıkça maruz kalmış olup bu afetlerin sonucunda geçmiş dönemlerde ciddi su sorunları yaşamıştır. Bununla beraber 1804, 1876 ve 1928 yıllarında aşırı kurak dönemler, su azlığından dolayı ülkenin farklı bölgelerinde bulunan çiftçilere yeterli miktarda su sağlayamadıkları için tarım ürünlerinin, hayvanların kaybına ve birçok çiftçinin göç etmesine neden olmuştur. Aynı zamanda 1928, 1973, 1989, 1990, 1993, 1998 - 2001, 2008 yılları arasında Cumhuriyet Döneminde yaygın olarak kuraklıklar yaşanmıştır. Bunlardan 1876 yılındaki kuraklığın su azlığına ve hastalıklara yol açmasıyla birlikte yaklaşık 200.000 insanın ölümüne sebep olmuştur(Yağcı, 2007).

Literatürde kuraklık için birçok farklı sınıflandırma sistemleri vardır. Fakat kuraklığın tanımlayan dört belirgin çeşidi bulunmakta ve bunlar meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve Sosyoekonomik olarak kuraklık için yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır (MGM). Bu çalışmanın ana konusu hidrolojik, meteorolojik kuraklık ve standartlaştırılmış indisleri ve analiz yöntemleridir. Bu kuraklık indisiler vasıtasıyla kuraklığın durumu, süresi, şiddeti, başlangıcı ve bitişini belirttikten sonra yukarıda belirtildiği gibi standartlaştırılmış indisiler yardımıyla bölgenin kuraklık durumu ve yaşamış hidrolojik kurak dönemleri detaylı bir şekilde değerlendirerek tartışılmıştır. Bu çalışma Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde Erzincan, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Gümüşhane ve Doğu Anadolu Bölgesi ile Karadeniz arasında yer alan Bayburt üç şehrin merkezlerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma yapılan şehirlerde meteoroloji istasyonu ve 38 yıllık yağış verileri mevcuttur (Tablo 1.1). Bölgeleri ifade eden harita, detaylar ve çalışma alanları Şekil 1.1 'de sunulmuştur.

Tablo 1.1. Çalışmada Kullanılan İstasyonlara Ait Bilgiler

No	İstasyon adı	Yükseklik	Enlem	Boylam	Veri Aralığı
1	Erzincan	1216	39,7523	39,4868	1978-2015
2	Bayburt	1584	40,2547	40,2207	1978-2015
3	Gümüşhane	1216	40,4598	39,4653	1978-2015



Şekil 1.1. Çalışma Alanını ve Meteoroloji İstasyonlarını Göstermektedir (MGM, 2019)

Çalışmanın amacı, su kaynaklarının yetersizliğini etkileyen sosyal faktörleri ve çalışma alanındaki kuraklığın etkisini belirlemektir. Mevcut ve incelenmekte olan alanın ve istasyonların özellikleri şöyle açıklanmaktadır. Erzincan'da 17094, Bayburt'ta 17089 ve Gümüşhane'de 17088 numaralı istasyonları ele alınmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'n ve Devlet Su İşleri'nden alınan istasyonların (1978 - 2015) yıl bazında yağış, sıcaklık ve akış değerleri, bölgenin kuraklık analizinin hesabında kullanılarak faktör analizi ve güvenilirlik yöntemi sonuçları, varsayılan modelin verilerle tutarlı olup olmadığı test edilmiştir.

Bölgelerin kuraklıktan etkilenebilirliğini değerlendirerek kurak dönemlerin su kaynakları, tarım, çevre dâhil olmak üzere farklı alanlarda hangi etkilerin mevcut olduğunu belirlemektir. Buna göre kuraklık etkilerini en aza indirmek için izleme sistemleri, kuraklık yönetimi ve yönetim planlaması büyük önem taşımaktadır.

Konunun önemini göz önüne alındığında, bu çalışma Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane bölgelerindeki kuraklığın etkisini araştırmak ve açıklamak için yapılmıştır. Bu araştırma, araştırma derecesi açısından deneysel bir çalışma değildir, veri toplama araçlarıyla yapılmıştır.

Bu çalışma, faktör analizi kullanılarak kuraklık etki ölçeğinin geçerlilik ve güvenilirlik değerlendirilmesidir. Test öncesi araştırma aracının geçerlilik ve güvenilirliğini belirlemek için, ana veri ölçeklerinin her biri için hesaplanan Cronbach alfa, KMO ve Bartlett uygunluk testleri yapılmıştır. Test edilmiş veri değerlerinin uygunluğu görülmüştür. Veriler SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistikler (güvenirlik ve faktör analiz) kullanılmış, bölgedeki kuraklık durumunu değerlendirmek için SPI, SDI, PNI, RDI ve AI standartlaştırılmış yağış ve akış indisleri kullanılmıştır. Çalışma alanındaki kuraklık oluşum indislerine dayanan sonuçlar, çalışma alanının çoğunlukla orta kuraklık durumuyla normal kuraklık durumunda olduğunu göstermiştir.

Yağış, sıcaklık ve akış verilerin 1978-2015'a kadar Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) ve Devlet Su İşleri'nden (DSİ) alınmıştır. Akış, yağış ve sıcaklık verilerini değerlendirmek için beş farklı standartlaştırılmış indisler yaklaşımı ile analiz yapılarak faktör analizi ve güvenilirlik katsayısı kontrolü edilmiştir. Bu tez çalışmasının analizinde daha çok hidrolojik kuraklık ve meteorolojik kuraklık indislerini taban alarak Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI), Normalin Yüzdesi İndisi (PNI), Yüzey Akışı Kuraklık İndisi (SDI), Keşif Kuraklık İndisi (RDI) ve Aridite İndisi (AI) metotları kullanılmış olup, ölçeğin geçerlik ve güvenilirliği faktör analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bulgular, kavramsal araştırma modeli altında her iki faktörün öneminin verilerle doğrulandığını ve hidrolojik ve meteorolojik olan bu faktörlerin, incelenen ana yapı yani kuraklık etkileri ile anlamlı bir ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bu analizleri yapmak için kullanılan ana girdi, meteorolojik ve hidrolojik verilerdir. Veriler faktör analiz testleri kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırmanın geçerliliğini ve güvenilirliğini değerlendirmek için SPSS programı ile faktör analizi yapılmıştır. Faktör analizi sonuçları, varsayılan modelin verilerle tutarlı olduğunu göstermiştir. Çalışmada kullanılan istasyonların 1978 – 2015 yılları arasındaki bütün yıllar için SPI, SDI, PNI, RDI ve AI değerleri hesaplanmış olup, faktör analizinin geçerliliği ve güvenilirliği testleri ile analiz edilmiştir ve birbiriyle mukayese edilmiştir. Farklı uyum indisleri arasında, belirtilen indislerin üç ila dört indisinin uygun aralıkta olması durumunda, modelin uygunluğu belirtilmiştir.

Araştırmanın ana soruları şunlardır:

- ❖ Geliştirilen veri ölçeğinin kuraklığın etkilerini ölçmek için yeterince geçerli ve toleranslı olup olmadığı.
- ❖ Kuraklık etkilerini değerlendirmek için araç ölçeği güvenilir mi?
- ❖ Toplanan veriler kavramsal olarak formüle edilmiş bir modeli ne ölçüde desteklemektedir?

1.1.Kuraklık

Yapılan çalışmalarda birçok kuraklık tanımından söz edilmiştir. Kuraklık, genellikle bölgenin su kaynaklarında mevcut olan su miktarının önemli ölçüde azaltılmasını ve tükenmesini (birkaç aydan birkaç yıla kadar) içermektedir. Başka bir deyişle "Kuraklık, mahsullerde ciddi hasara neden olabilecek ve bunun sonucunda da mahsullerin kalitesini ve miktarını azaltabilecek uzun bir yağış kıtlığı dönemidir".

Kuraklık "Drought" kelimesinin bir çevirisidir ve iklim dalgalanmalarından kaynaklanan yağış ve yeraltı suyunun normalden daha az erişilebilir olduğu koşulların ortaya çıkmasıdır.

Kuraklığın tanımlarından biri, "kuraklık, tarımsal ürünlere ciddi zarar veren ve sonuç olarak ürünlerin kalitesini ve miktarını azaltan uzun bir yağışsızlık dönemidir."

Meteoroloji bilim adamlarına göre kuraklık, dünyanın farklı bölgelerinde yağışların azalması sonucu birkaç yılda bir meydana gelen bir olgudur.

Yağışların kaydedilen normal seviyelerin -önemli miktarda- altına düşmesi sonucunda arazi, su kaynakları ve üretim sistemlerini olumsuz etkileyen ve ciddi hidrolojik dengede bozulmalarına neden olan doğa olayıdır(UNCCD, 1994).

Meteorologlara göre kuraklık, su kaynaklarına erişimin ortalamanın altında olduğu ciddi bir bölgesel ve sürdürülebilir olaydır.

Kuraklığın uzun bir süre boyunca yağış eksikliği olduğu, toprakta nem eksikliğine ve akan suyun azalmasına neden olduğu ve böylece insan faaliyetleri yoluyla doğal bitki örtüsünü ve hayvancılığı bozduğu düşünülmektedir.

Kuraklığın, mahsullerde ciddi hasara neden olan ve bunun sonucunda da mahsullerin kalitesini ve miktarını azaltan uzun bir yağış eksikliği şeklindedir. Bu tanımlar kuraklığın tanımı ile ilgili bilgi ve bilgilerimizi geliştirmek için faydalıdır, ancak kuraklığın ne zaman başlayacağını belirlemek için yeterli netlik sağlamamaktadır. Pratik tanımlar, kuraklığın başlangıcı, devamı ve sona ermesi için özellikleri ve eşikleri tanımlayarak aynı zamanda hızlı ve etkili bir uyarı sisteminin temelidir. Bu tanımlara dayanarak, kuraklıkta meteorolojik değişkenler, toprak nemi ve mahsul koşulları kullanılarak kuraklıkların uygulanabilirliğini ve etkilerini değerlendirmek ve son olarak da bu koşulların nihai ürün verimi üzerindeki potansiyel etkilerini sürekli olarak değerlendirmek için kullanılabilir.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), kuraklığın tanımlanmasıyla birlikte öncelik verilebileceği değişkenleri sıralanmıştır.

- Yağış miktarı,
- Yağış ve ortalama sıcaklık,
- Toprak nemi ve ürün oranı değişkenleri,
- İklim göstergeleri ve evapotranspirasyon tahminleri,

Yukarıdaki değişkenler arasında yağış kuraklık tanımında kullanılan en önemli değişkenlerden birisidir.

Richard (2002) göre kuraklık, birkaç yılda bir çok hasara neden olan meteorolojik olaylar dahil yerel bir olaydır. Yerel olmanın yanı sıra, görülmesi diğer iklim olaylarına kıyasla tekrarlanmasıdır. Etkileri kurak ve yarı kurak bölgelerle sınırlı değil, hem kurak hem de nemli bölgelerdeki kuraklıklarla sınırlı olup su kıtlığına neden olmaktadır. Ancak kuraklık sıklığı, ciddiyeti ve süresi gibi kuraklığın özellikleri bölgeden bölgeye değişmektedir. Kuraklık sürünen bir olay olması, ekonomik zararlar çok büyük çevresel ve sosyal zararlara neden olsa da, tanımlaması ve izlemesi zor olduğu için diğer meteorolojik olaylardan daha az dikkate alınmaktadır. Meteoroloji bilim adamları, her biri meteorolojik değişkenlerin ve farklı hesaplama yöntemlerinin kullanımına dayalı olarak tasarlanan kuraklıkları değerlendirmek ve izlemek için çeşitli göstergeler geliştirilmiştir.

Kuraklığa, genellikle bir sezon veya daha uzun süren etkilenen bölgede doğal bir yağış sıkıntısı neden olmaktadır. Kasırgalar, sel, deprem, volkanlar vb. gibi diğer doğal afetlerin aksine kuraklık yaygındır ve neredeyse tüm iklim rejimlerinde meydana gelmektedir. Yağış azalmasının; nehir akışı, yeraltı suyu, doğal ve insan ekosistemleri gibi farklı hidrolojik döngü bileşenleri üzerinde farklı etkilere sebep olmaktadır.

Kuraklığın şiddeti, süresi, can kaybı, ekonomik hasarı ve etki açısından en yüksek oranlara sahiptir. Kuraklık, afetin ciddiyeti bakımından doğal afetlere kıyasla en yüksek ekonomik zararı ve uzun vadeli etkileri olan doğal afetlerden biridir. Son yıllarda, insan yaşamını en çok etkilediği doğal afetlerden biri olmuştur. 1966 - 1988 yılları arasındaki toplam kuraklığa bağlı zayıyat sayısının, tüm doğal afetlerin yüzde 52'sini oluşturan -bir buçuk milyar- olduğu tahmin edilmektedir.

Kuraklık, dünya çapında bilim adamlarının ilgilendiği olaylardan biridir. Dünyadaki çalışmalar kuraklığın frekans ve özellikler açısından diğer doğal afetlerden daha yaygın ve daha tehlikeli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle politik karar vermede daha fazla dikkat gösterilmesi gerekmektedir.

Birleşmiş Milletler, dünya şu andan itibaren su tüketmeye devam ederse, 2025 yılına kadar iki milyar ve 700 milyondan fazla insanın su kıtlığı yaşayacağı konusunda uyarmıştır. Dünya Su Günü'nde yayınlanan bir raporda 2,5 milyar insanın temiz suyun bulunmasının zor olacağı yerlerde yaşayacağını belirtilmiştir. BM raporuna göre yakında 31 ülke su kıtlığıyla karşı karşıya kalacaktır. 2025 yılına kadar, dünya nüfusunun üçten ikisinde ciddi su sıkıntısı yaşanacaktır. Birçok ülkede; Çin, Afrika, Hindistan, Tayland, Meksika, Mısır ve İran'da su krizleri çoktan başlamıştır. Kuraklık görünmez ve gürültüsüz bir olgudur ve bu nedenle sürünge felaketi denilmektedir. Kuraklığın gerçekten algılanması haftalar veya aylar sürebilmektedir.

Kuraklık derecesi konusundaki çalışmaları açısından, Yevjevich (1975) araştırmasına göre kuraklığın bölgesel özelliklerini şöyle sıralamaktadır.

- Orta kıta koşullarına sahip bir alanın 5 ile 15 milyon kilometrekare arasında olması.
- Büyük kuraklıkların şiddeti bölgesel kapsamın ötesine uzanmaktadır.
- Kuraklıktan etkilenen alanın şeklinin daha çok eşkenar dörtgen gibi olması beklenmektedir.

Yevzevich (1975) tarafından kuraklıkla ilgili terimleri bu şekilde sınıflandırılır.

- Toprak, bölgenin kalıcı şartları ve istikrarlı iklim bileşimidir.
- Kuraklık, geçici ve öngörülemeyen iklim değişikliğini ifade eder.
- Çölleşme, ekolojik değişim sürecinin bir parçası olup, genellikle kuraklık veya kuraklıkla ilişkilidir, ancak çevrede birçok değişikliğe neden olan insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır.

Kuraklıklar, çok sayıda ekonomik, çevresel ve sosyal hasara neden olmasına rağmen, diğer meteorolojik olaylara göre daha az dikkat çekmiştir, çünkü tanımlamaları, izlemeleri zordur.

- Kuraklık, sürünen bir olayı olarak bilinir, çünkü etkisi genellikle belli bir zaman diliminde gelişmiş olup, yavaşça ortaya çıkmaktadır. Ayrıca kuraklığın başlangıç ve bitiş koşullarını belirlemek zor olmasıyla birlikte kuraklığın neden olduğu hasarları önlemesi ve planlaması fakat iyi bir kuraklık yönetimi ile sağlanabilir. Kuraklık yönetiminin gerektiği gibi anlaşabilmesi için kuraklık tanımları iyi bilinmesi ve analiz yardımıyla değerlendirmesi gerekmektedir (Doğan, 2013).
- Genel bir kuraklık tanımının olmayışı, kuraklığın şiddeti, süresi ve kapsamı dikkate alınarak bu olguyu diğer doğal afetlerden ayırmaktadır.
- Kuraklığın neden olduğu hasarın yapısı yoktur ve etkilenen alanların kapsamı diğer doğal afetlerden daha büyüktür. Ayrıca sosyal, ekonomik ve çevresel etkileri kuraklığın sona ermesinden sonra uzun süre kalacaktır. Kuraklığın önemi, etkilerinde yatmakta olup bu etkiler farklı bölgelerde farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle kuraklığın tanımı makul biçimde ifade edilmelidir.

Genel olarak, kuraklığın doğru bir tanımını sağlamak için üç önemli nokta dikkate alınmaktadır.

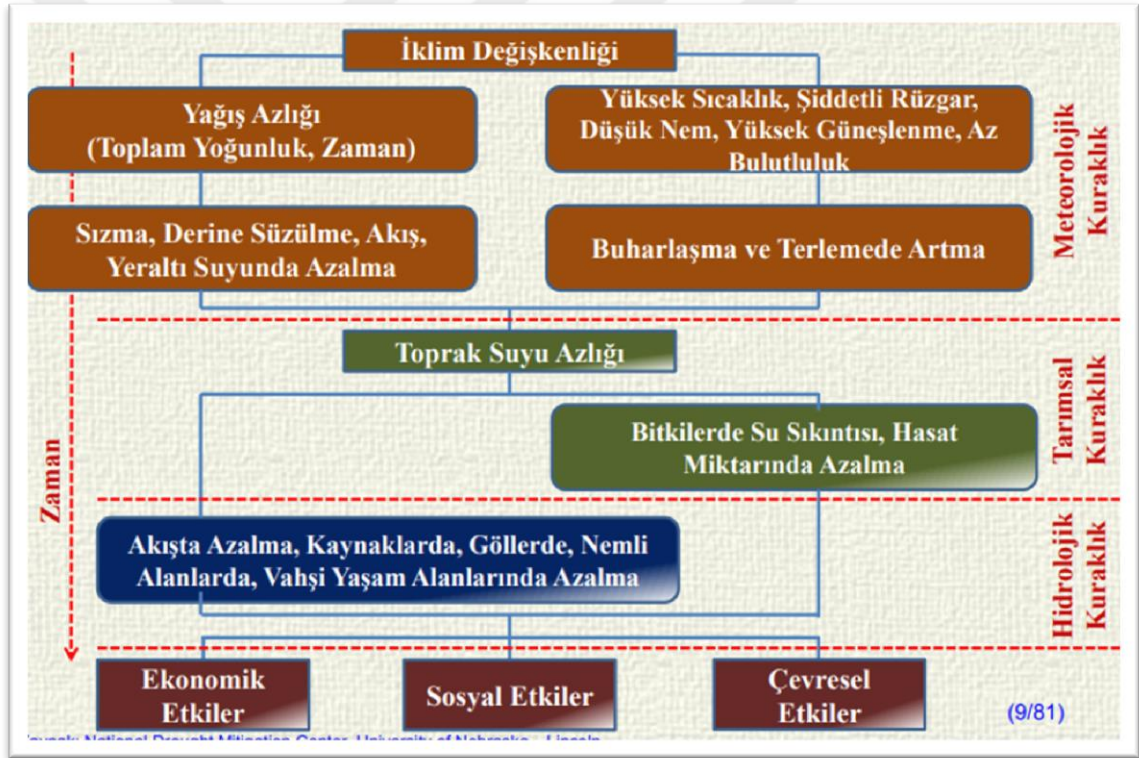
1. Yağış miktarını ve yoğunluğunu belirlenmesi.
2. Kuraklık derecesi, kuraklığın süresi ve şiddeti arasında olan ilişkiyi zamana göre belirlenmesi.
3. Kuraklığın başlangıcını belirlemek için referans noktası olarak bir eşik belirlenmesi .

1.2. Kuraklığın Özellikleri

Kuraklık parametreleri; süreyi, ciddiyeti ve kuraklığın büyüklüğünü içermektedir. kuraklığın kalıcılığı ve şiddeti, birbirleriyle doğrudan ilişkili olan kuraklığın iki temel özelliğidir. Kuraklık büyüklüğü, kuraklığın kalıcılığına ve ciddiyetine bağlı olan ikincil bir parametredir. Kuraklığın kalıcılığı, su miktarının sürekli olarak belirli bir eşğin altında olduğu bir dönemdir. Eşik seviyesi (Truncation Level), bir değişkenin değerinin ölçüldüğü bir kriterdir. Bu eşik uzun vadeli ortalama veya çalışılan zaman serisi olabilir.

- Kuraklığın şiddeti ve büyüklüğü, Kuraklık döneminin her aşamasında eşik değerine göre su kıtlığı miktarına Kuraklığın şiddeti denir. Bir kuraklık periyodunun art arda aşamalarındaki yoğunlukların toplamına, kuraklığın büyüklüğü denir.
- Kuraklığın sıklığı, farklı zaman ölçeklerinde (örneğin yıllık, aylık ve mevsimsel) hesaplanabilen bir bölgedeki kuraklık çalışmasının önemli bir özelliğidir.
- Kuraklığın aralığı, kuraklık olaylarının kapsamı şiddeti ve büyüklüğü ile değişmektedir. Kuraklığın nedenlerine bağlı olarak kaplanan alan değişecektir. Bazı kuraklıklar geniş alanlarda, bazıları sınırlı alanlarda faaliyet göstermektedir. Kıtasal kuraklıklar, özellikle kurak bölgelerde yüzlerce veya binlerce kilometrekarelik alanı kapsamaktadır.
- Periyodik kuraklık olayları, düzenli olarak ortaya çıkan kuraklık ve diğer doğal olayların olasılığına dair birçok araştırmacının konusu olmuştur. Bu alanda yapılan müthiş çalışmalar göz önüne alındığında, tam olarak kabul edilen bilimsel meşruiyet henüz kurulmamıştır. Günümüzde kuraklık özelliklerini belirlemek için çeşitli teknikler araştırmacılar tarafından araştırılmaktadır.

Tanımlara göre, kuraklıklar meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyoekonomik kuraklıklar olarak sınıflandırılabilir. Şekil 1.2'de farklı kuraklık türleri ile oluşumları arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Tüm kuraklık türleri zaman içinde yağış olmamasından (meteorolojik kuraklık) kaynaklanmaktadır. Ancak diğer kuraklık türleri, hidrolojik bir sistemin bileşenlerinin bulunmamasından (toprak nemi ve yeraltı suyu seviyelerini düşürmesi gibi) oratya çıkmaktadır. Şekil 1.2'den tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik kuraklıkların meteorolojik kuraklıktan kaynaklandığı görülmektedir. Hidrolojik kuraklık meteorolojik kuraklıktan daha uzun sürmekte, tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklıktan daha uzundur. Aslında meteorolojik kuraklık diğer kuraklıkların kısa bir süre sonra sona ermesine neden olurken, tarımsal ve hidrolojik kuraklıklar daha uzun bir süre devam edecektir.



Şekil 1.2. Kuraklık Sınıflama Tipi (Güler, 2017)

1.3. Kuraklık Çeşitleri

1.3.1. Meteorolojik kuraklık

Kuraklığın derecesine ve kurak mevsimin uzunluğuna bağlıdır. Kuraklık genellikle kuraklığın derecesi (normal veya ortalama) değerlerle karşılaştırıldığında, kuraklık süresinin uzunluğu ile tanımlanmaktadır. Meteorolojik kuraklıklar duruma göre değerlendirilmelidir; çünkü yağışları büyük ölçüde azaltan atmosferik koşullar bölgeden bölgeye büyük ölçüde değişmektedir. Kuraklığın tanımı, farklı ülkelerde ve farklı zamanlarda meteorolojik bakış açısından değişmektedir. Dolayısıyla bu açıdan, dünyanın bazı bölgelerinde yaygın olan bir kuraklık tanımını uygulamak başka bir yerde uygun değildir. Örneğin 1942'de Amerika Birleşik Devletleri'nde yağış 48 saatte 2,5 mm'den az iken, 1936'da İngiltere'de on beş gün üst üste toplam yağış miktarı 25 mm'ye ulaşmaktadır. Libya'da 1964 yılında yıllık yağış miktarı 180 mm'den düşmüştür. Ek olarak, meteorolojik bakış açısı meteorolojik ölçümlerin kuraklığın ilk işareti olduğu yönündedir. Uzun süre yağış olmayan bölgelerde, belirli bir eşiğin altında kalan yağış günlerinin sayısına göre tanım gerçekçi değildir. İklim açısından bakıldığında, aylık, mevsimsel veya yıllık ortalamalara göre gerçek yağış sapma miktarına ilişkindir.

İklimbilimcilerin bakış açısına göre kuraklık, kendiliğinden oluşan atmosferik sahanakların azalması, devamının ekolojik ve hidrolojik dengesizliklere neden olması nedeniyle iklim düzenindeki değişikliklerin neden olduğu doğal bir olgudur. Öte yandan, kuraklığın kavramsal tanımı coğrafi olarak ilişkili olduğu için her bir yerdeki kuraklığın yoğunluğu aynı bölgedeki yağış değişkenliği katsayısının bir işlevidir; dolayısıyla kuraklık ve kuraklık derecesi olacak şekilde iklimsel olarak belirlenebilmektedir.

1.3.2. Tarımsal kuraklık

Tarımsal açıdan, toprak nemi gerçek mahsul gereksiniminden düşük olduğunda ve mahsulün zarar görmesine neden olduğunda kuraklık meydana gelmektedir. Çünkü bitkilerin su ihtiyacını hesaplarken, su ihtiyacının farklı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle kuraklık kavramı, farklı ürünler için tarımsal bir bakış açısıyla aynı değildir. Tarımsal kuraklık genellikle hidrolojik kuraklıktan önce ve meteorolojik kuraklıktan

sonra meydana gelmektedir. Tarım genellikle kuraklıktan etkilenen ilk ekonomik sektördür. Tarım kuraklıkları (yağış eksikliği, gerçek evapotranspirasyon ve potansiyel arasındaki fark, toprak nemi eksikliği, yeraltı suyu veya rezervuar kaybı vb.) gibi çeşitli meteorolojik veya hidrolojik özelliklerin etkileri ile ilgilidir. Bitkinin su ihtiyacı, geçerli atmosfer koşullarına, bitkinin kendine has özelliklerine, büyüme aşamasına ve toprağın fiziksel ve biyolojik özelliklerine bağlıdır.

1.3.3. Hidrolojik kuraklık

Hidrolojik kuraklık, düşük yağış dönemlerinin (kar dâhil) yer altı ve yer üstü su kaynakları (nehirler, rezervuarlar, göller ve yer altı suyu) üzerindeki etkileriyle ortaya çıkmaktadır.

Hidrologların bakış açısına göre kuraklık, yüzey ve yeraltı suyu rezervlerinin seviyesi normalden daha düşük olduğunda meydana gelmektedir. Hidrolojik kuraklıklar genellikle kış mevsiminde yağış olmamasından dolayı meydana çıkmaktadır. Yüksek sıcaklıklar, kuvvetli rüzgârlar ve düşük bağıl nem gibi diğer iklim faktörlerinin çökmesinin yanı sıra hidrolojik kuraklık üzerinde önemli bir etkisi vardır. Hidrolojik açıdan akarsu, nehir, göl ve yer altı sularının miktarının ölçülmesi kuraklık ölçütüdür. Yağış eksikliği, girişlerde akan su eksikliği göl ve yeraltı suları arasında bir temel süre mevcuttur. Bu nedenle, hidrolojik ölçüt kuraklığın ilk göstergesi olamaz çünkü; yağış sıkıntısı meydana geldikten bir süre sonra yüzey sularına ve yer altı sularına yansımaktır.

Hidrolojik kuraklıkların sıklığı ve ciddiyeti genellikle bir havza veya nehir havzası cinsinden ifade edilmektedir. Her ne kadar kuraklık sıkıntısından kaynaklansa da, hidrologlar bu eksikliğin hidrolojik sistemde nasıl görüldüğü konusunda çalışmalarını daha da artırmıştır. Hidrolojik kuraklıklar genellikle meteorolojik veya tarımsal kuraklıklardan daha yavaş gelişmektedir. Yağış eksikliğinin toprak nemi, nehir akışı, rezervuar ve yeraltı suyu seviyeleri gibi hidrolojik sistem bileşenleri üzerindeki etkilerini yansıtması daha uzun sürecektir. Sonuç olarak; bu etkilerin zamanlaması ekonominin diğer sektörleriyle aynı değildir, çünkü farklı sektörler ihtiyaç duydukları suyu sağlamak için bu kaynaklara güvenmektedir. Ek olarak hidrolojik depolama sistemlerinde (örneğin rezervuarlar, nehirler) bulunan su genellikle çeşitli amaçlar için

(sel kontrolü, sulama, yaban hayatı habitatı gibi) kullanılmaktadır. Bu depolama sistemlerinde, su üzerinde rekabet, kuraklık sırasında yoğunlaşmakta ve su kullanıcıları arasındaki anlaşmazlıklar önemli ölçüde artmaktadır. İklim, hidrolojik kuraklığın ana nedeni olmasına rağmen, arazi kullanımı değişiklikleri (ormansızlaşma gibi), arazi bozulması ve baraj inşaatı gibi diğer faktörlerin tümü bölgenin hidrolojik özelliklerini etkilemektedir. Hidrolojik sistemler ile bağlı çeşitli bölgeler, hidrolojik kuraklığın etkisi, yağış kıtlığı bölgesinin ötesine uzanmaktadır. Arazi kullanımındaki değişiklikler, su akışı, değişkenlik ve hidrolojik kuraklık olaylarının şiddetini gibi özelliklerine daha az muhtemel olmasını sağlayabilmektedir.

1.3.4. Sosyo-ekonomik kuraklık

Sosyo-ekonomik kuraklıklar genellikle kıtlık, ölüm ve toplu göçlere neden olan çok uzun bir meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık döneminden sonra ortaya çıkmaktadır. Bu durum zamansal, mekânsal süreçlere ve kuraklıkların tanımlanması veya teşhisine yönelik talebe bağlı olması nedeniyle yukarıda belirtilen diğerlerinden farklıdır. Su, yem, tahıl, balık ve hidroelektrik enerjisi gibi birçok ekonomik ürünün ihracatı iklime bağlıdır. Sosyal ve ekonomik açıdan kuraklık, insan ihtiyaçları için su kıtlığının sosyal ve ekonomik anormalliklere neden olduğu durumdur. İklimin doğal değişkenliği nedeniyle, su temini bazı yıllarda yeterli olmakla birlikte, diğer yıllarda insan ve çevre ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli değildir. Sosyo-ekonomik kuraklıklar, yağış eksikliğinden kaynaklanan su eksikliği nedeniyle ekonomik talebinin artması durumunda ortaya çıkmaktadır. Kuraklığı en aza indirmek için kriz yönetimini risk yönetimine transfer etmenin kaçınılmaz olduğu açık olmakla birlikte kuraklığın izlenmesi ve değerlendirilmesi için kuraklık indisleri özel bir öneme sahiptir.

Kuraklığın son yıllarda insan hayatını etkileyen doğal afetler arasındaki etkilerinin kuraklık olaylarının ciddiyet, süre, kapsanan toplam alan, zayıtlar, ekonomik kayıplar ve toplumdaki uzun vadeli sosyal etkiler açısından sıklığı diğer tüm doğal felaketlerden daha fazla olmuştur.

2.LİTERATÜR ÖZETİ

Sıcaklık uzun süredir araştırmacılar tarafından su kaynakları sistemleri ile ilgili süreçlerde ana itici güçlerden biri olarak görülmektedir. Çalışmalar, meteorolojik ve hidrolojik kuraklıklar arasında önemli bir ilişki olduğunu göstermiştir, böylece meteorolojik kuraklığın ortaya çıkması, sonraki yıllarda azalmaya devam eden yüzey akışı hacmini azaltmıştır.

Arslan (2013), tarafından yapılan bir araştırma, 1985-2006 yılları arasında kuru dönem olmadığını tespit etmiştir.

Bu araştırmada Kızılırmak Havzası'nda 1973-2013 yılları arasında yağış verilerine dayalı standartlaştırılmış yağış indisi(SPI) yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Havzada hafif, orta ve şiddetli kuraklık gözlenmiştir(Arslan vd., 2016).

Türkiye'de şiddetli kuraklıklar ve aşırı sıcaklıklar 2007- 2008'de gözlemlenmiş ve 2014 yılında ülke genelinde endüstriyel tesislere zarar vermiştir(Gürkan vd., 2017).

Maugeri ve Nanni 1998 İtalyan sıcaklıklarındaki değişiklikleri incelerken, son 20 yılda yıllık ve mevsimsel sıcaklıklarda bir artış olduğunu bildirdiler.

Anlı (2014), yılında Güneydoğu Anadolu bölgesi illerinde yapılan bir çalışma sonucunda bölgede şiddetli kuraklık ve hafif kuraklık yaşandığını ve değişim testleri incelendiğinde zaman içinde çarpıcı bir artış gözlemlendiğini göstermektedir.

Turkeş ve Sümer (2004) Türkiye'deki sıcaklık eğilimini incelemiş ve Türkiye'nin çoğu kentsel bölgesinde gece sıcaklıklarının arttığını göstermiştir. Yağışlardaki eğilimin, özellikle 1980'lerden beri incelenmesi, geniş ölçüde dikkate alınmıştır.

Zhang ve arkadaşları (2000) yirminci yüzyıl boyunca Kanada yağışlarının eğilimini incelemiştir.

Akbaş (2014) yılında yapılan bir araştırmanın sonuçlarına göre Türkiye genel klimatoloji ve yağış iklimine uyum sağlamaya yöneliktir. Güneydoğu Ana-dolu bölgesi kuraklıktan en fazla etkilenen bölgedir ve orta ila şiddetli kuraklığın bu koordinasyonu göstermesi muhtemeldir ve Türkiye'nin en yağışlı yeri Rize olduğunu belirtmiştir.

Partal vd.(2006) Türkiye'deki yıllık yağışların uzun vadeli eğilimini gösterilmiştir. Kâhya vd.(2004) Türkiye havzasındaki aylık suyollarının akışını incelemiş ve Türkiye'nin batı havzalarının Dubai'de düşüş eğiliminde olduğunu ve doğu havzalarında herhangi bir eğilim olmadığını bildirmiştir.

Mahshid Karimi ve meslektaşları tarafından İran'da 2015 yılında yapılan çalışmada, sonuçlar meteorolojik ve hidrolojik kuraklıklarda bir artış göstermiştir.

Şimşek ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma 2013-2014 tarım yılında Türkiye'de toplam yağış miktarı Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Nisan aylarında normalden düşük iken, diğer aylarda normalden yüksek olmuştur.

Bacanlı ve Saf Araştırmalardaki kullandığı yöntemlerin(Palmer Kuraklık Şiddet İndisi, Erinç İndisi, De Martonne Yöntemi ve Thornthwaite Yöntemi) incelerken şöyle bir sunuca ulaşmıştır. Yöntemlerin tümü 1950-1998 yılları arasında Antalya ilinde % 40-%46 oranında kuraklık, gözlemlenmiştir.

Türkiye'deki kuraklık ve çölleşme alanlarının türünü belirlemek için Aridite İndisi (AI) kullanılmaktadır. Bu indis basit bir denklemlerle hesaplanmaktadır (Türkeş, 2005).

Tekkanat (2014) yaptığı araştırmanın sonuçlarına göre, çalışma alanındaki hidrolojik kuraklığı göstermektedir. Özellikle 1980'lerden beri bölgede önemli bir kuraklık görülmüştür.

Analiz sonucunda; 1954 ile 2005 arasındaki dönem, ayrıca 2000 yılının başlangıcı, kuraklığın en şiddetli yılı olmuştur. Aynı zamanda, kuraklıktaki geçici değişim değerlendirildiğinde, son yıllarda kuraklık sayısının arttığı görülmektedir (Gümüş, 2017).

Qaisuri vd.(2017) Meteorolojik ve hidrolojik kuraklık dönemlerinin SPI ve SDI indislerine göre karşılaştırılmış olup, hidrolojik kuraklıkların yaklaşık% 55'inin meteorolojik kuraklıktan kaynaklandığını belirtmiştir.

Kayseri ilinde incelenen RDI indisine göre, en fazla hafif kuraklıklar gözlenmiştir, ancak az olmasına rağmen orta şiddetli, şiddetli ve aşırı kuraklıklar gözlenmiştir(Nlükara vd., 2010).

Analiz sonucunda; Özellikle son 30 yılda kuraklık yoğunluğu artmış ve aşırı kuraklıklar sayısı önceki dönemlere göre çok daha fazla olmuştur(Gümüş vd., 2016).

Saccharis ve Wanglis (2005) tarafından Akdeniz bölgeleri için RDI indisini önerilmiştir. RDI, yakın zamanda kuraklık dönemindeki kuraklıkların şiddetini belirlemesi, kuraklık döneminin başlangıcını ve sonunu belirtmek için bir araç olarak geliştirilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde RDI indisin ortaya çıkması, kuraklık etkilerini dengelemesi ve azaltması için devletlerin yeniden yapılanma ofisinden mali yardım almalarını sağlayan kuraklık yaşayan devletlere mali yardım nedeniyle olmuştur.

Standart Yağış İndisi (SPI), Colorado'daki kuraklık durumunu izlemek için 1993 yılında McKee ve meslektaşları tarafından geliştirilmiş ve SPI değerleri için belirli bir sınıflandırma sistemi uygulamıştır.

Tahran ilinde meteorolojik ve hidrolojik kuraklık arasındaki zamansal ve mekânsal ilişkinin incelenmesine göre çalışma alanındaki meteorolojik ve hidrolojik kuraklık arasında% 99 oranında anlamlı bir ilişki olduğunu ve ilin farklı bölgelerinde kuraklık eğiliminin zamanla arttığını göstermiştir(Eskandari vd., 2015).

Genel Olarak Literatür çalışmasının sonucu olarak;

- ❖ Türkiye'de meteorolojik kuraklık ve çölleşme ile ilgili çok fazla çalışma yapılmakta olup hidrolojik kuraklık konusunda yeterli araştırma yapılmaması,
- ❖ Türkiye'de kuraklık üzerine birçok yeni araştırmanın yapıldığı,
- ❖ Hidrolojik çevrimi aşamalı olarak yansıtabilecek ve ihtiyaç duyulan bir sınıflandırma sistemi olması,

Meteorolojik ve hidrolojik değişkenlerin değerlendirilmesinde, sıcaklık ve yağış daha çok iki ana iklim uyarıcısı olarak, daha sonra nehir deşarjı, buharlaşma ve terleme olarak kullanılmıştır. Çalışmaların ölçeği de bölgesel ve ulusaldır. Bu çalışmaların çoğunun sonuçları, sıcaklıkta artış ve akışta düşüş olduğunu göstermektedir aynı zaman yağışlarda hem artan hem de azalan eğilimler bildirilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Gerekli Veriler

Kuraklık olaylarının su kaynakları ve çevre üzerinde önemli olumsuz etkileri vardır. Buna bağlı bazı yıllarda, onarılamaz bir hasara neden olabilmektedir. Bu zararlar kurak bölgelerde daha kırılgan bir ekonomik görünüme sahip olarak daha belirgin ve birçok yönden olumsuz etkileri vardır. Bu nedenle, bu görüngünün mekânsal oluşumu göz önüne alındığında, bölgesel araştırmalar tespit ve öngörmede çok önemlidir.

Bu çalışmanın ana konusu hidrolojik, meteorolojik kuraklık ve standartlaştırılmış indisleri ile analiz yöntemleridir. Bu çalışma Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde Erzincan, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Gümüşhane ve Doğu Anadolu Bölgesi ile Karadeniz arasında yer alan Bayburt üç şehrin merkezlerinde gerçekleştirilmiştir. Yağış akış ve sıcaklık verilerin 1978 - 2015'a kadar Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) ve Devlet Su İşleri'nden (DSİ) alınmıştır. Akış ve yağış verilerini değerlendirmek için beş farklı standartlaştırılmış indisler yaklaşımı ile analiz yapılarak faktör analizi ve güvenilirlik katsayıları kontrolü edilmiştir. Bu tez çalışmasının analizinde daha çok hidrolojik kuraklık ve meteorolojik kuraklık indislerine taban olarak standartlaştırılmış yağış indisi (SPI), Normalin Yüzdesi İndisi (PNI), Yüzey Akışı Kuraklık İndisi (SDI), Keşif Kuraklık İndisi (RDI) ve Aridite İndisi (AI) metotları kullanılmış olup, ölçeğin geçerlik ve güvenilirliği faktör analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bulgular, kavramsal araştırma modeli altında her iki faktörün öneminin verilerle doğrulandığını ve hidrolojik ve meteorolojik olan bu faktörlerin, incelenen ana yapı yani kuraklık etkileri ile anlamlı bir ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bu analizleri yapmak için kullanılan ana girdi, meteorolojik ve hidrolojik verilerdir. Veriler faktör analiz testleri kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırmanın geçerliliğini ve güvenilirliğini değerlendirmek için SPSS yazılımı ile faktör analizi yapılmıştır. Faktör analizi sonuçları, varsayılan modelin verilerle tutarlı olduğunu göstermiştir. Çalışmada kullanılan istasyonların 1978 – 2015 yılları arasındaki bütün yıllar için SPI, SDI, PNI, RDI ve AI değerleri hesaplanmış olup, faktör analizinin geçerliliği ve güvenilirliği testleri ile analiz edilmiştir. Farklı uyum indisleri arasında,

belirtilen indislerin üç ile dört indisinin uygun aralıkta olması durumunda, modelin uygun olacağı belirtilmelidir.

Devlet Su İşlerin ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan, istasyonların (1978 - 2015) yıl bazında yağış, sıcaklık ve akış değerleri, bölgenin kuraklık analizinin hesabında kullanılmıştır. Çalışmanın sırasında kuraklığın etkisini ve şiddetini belirlemek için kurumlar ve kuruluşlar tarafından yayımlanan yıllık raporlar ve çeşitli veriler kullanılmıştır. Dolayısıyla çalışma alanlarının ve istasyonların genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.1. Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane'nin (MGİ) ve (AGİ) Genel Bilgileri

No	İstasyon Adı	Yükseklik	Enlem	Boylam	Veri Aralığı
1	Erzincan	1216	39,7523	39,4868	1978-2015
2	Bayburt	1584	40,2547	40,2207	1978-2015
3	Gümüşhane	1216	40,4598	39,4653	1978-2015

Bu çalışma doğa açısından niceliksel bir araştırma, kontrol derecesi ve deneysel olmayan ve veri toplama açısından teorik bir araştırmadır. Verilerin geçerliliğini belirlemek için her bölüm için hesaplanan faktör analizi ve güvenilirlik değerinin uygun olduğuna dair bir ön test yapılmıştır. İstatistiksel analiz için doğrulayıcı veriler göz önünde bulundurulmuş ve tamamlandıktan sonra veriler SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir.

3.1.1. Meteorolojik veriler

Türkiye'de 2016 itibariyle MGM tarafından işletilmekte olan Meteoroloji İstasyonu'ndan MGİ istasyonları işletilmektedir. Bu tez çalışmasında yapılan SPI, PNI, RDI ve AI analizinde Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane MGİ yağış ve sıcaklık verilerini içermektedir.

3.1.2. Akış verileri

Kuraklık analizinde mevcut izleme istasyonu verilerinin değerlendirilmesi için iki önemli yöntem vardır. Bu veriler kesintisiz yıllarca elde edilip, doğal akışa aittir. Kuraklık analizlerinin büyük ölçüde yerel değişkenlere bağlı olduğundan, eksik verileri istatistiksel yöntemler kullanarak tamamlaması ve bunları analizlerde kullanması yanlış sonuçlara sebep olabilmektedir (Güler, 2017).

Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane’de bulunmakta olan akım gözlem istasyonlarının verileri kullanılmıştır. Mevcut üç izleme istasyonunun tümü için, veri kullanılabilirliğinden bağımsız olarak SDI analiz çalışmaları yapılmıştır. Bununla birlikte, diğer indisler ile değerlendirerek karşılaştırılmıştır.

Yağışlar, doğrudan toprak nemi, yüzey ve yeraltı akımlarına yansıyan kurak ve yarı kurak bölgelerde en istikrarsız iklim değişikliğinden biridir. Bu nedenle yağış kuraklık anketinde göz önünde bulundurulabilecek ilk faktördür. Her bölgedeki kuraklık çalışmalarında önemli ve temel faktörler, kuraklığın sürekliliğini ve şiddetini ölçebilecek kuraklık indisler mevcuttur. Kuraklığı belirlemek için birçok meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik indisleri geliştirilmiştir. Kuraklık indisleri, bölgedeki nem bilgisini ve koşullarını göstermek için kuraklık bilgilerini periyodik olarak özetleyen bir araçtır. Kuraklık indisleri matematiksel sayılarla kullanılmaktadır. Kuraklık indisleri geçmişe kıyasla belirli bir dönemin yağış miktarını temsil ederek ve her indis kendi amacı için kullanılmaktadır. Tablo 3.2’de kuraklık analizlerin sınıflandırılması gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Kuraklık İndisleri (Güler, 2017)

Meteorolojik Kuraklık İndisleri		Tarımsal Kuraklık İndisleri			Hidrolojik Kuraklık İndisleri		
Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI)		Standartlaştırılmış İndisi (SPI)	Yağış		Standartlaştırılmış İndisi (SPI)	Yağış	
Aridite Anomali İndisi (AAI)		Palmer Nem Anomali İndisi (ZIND)			Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (PHDI)		
Ondalıklar İndisi (Dİ)		Toprak Nemi Anomalisi İndisi (SMA),			Standartlaştırılmış Depolama İndisi (SRSI)	Hacmi	
Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNI)		Terleme Açığı İndisi (ETDI)			Yüzey Akışı Kuraklık İndisi (SDI)		
Aridite İndisi (AI)		Toprak Nemi Açığı İndisi (SMDI)			Efektif Kuraklık İndisi (EDI)		
Palmer Şiddeti İndisi (PDSI)	Kuraklık	Toprak Suyu Depolaması İndisi (SWS)			Baz Akım İndisi (BFI)		
Palmer-Z İndisi					Yeraltı suyu Kaynakları İndisi (GRI)		
					Islah-Geri Kullanım İndisi (RDI)		

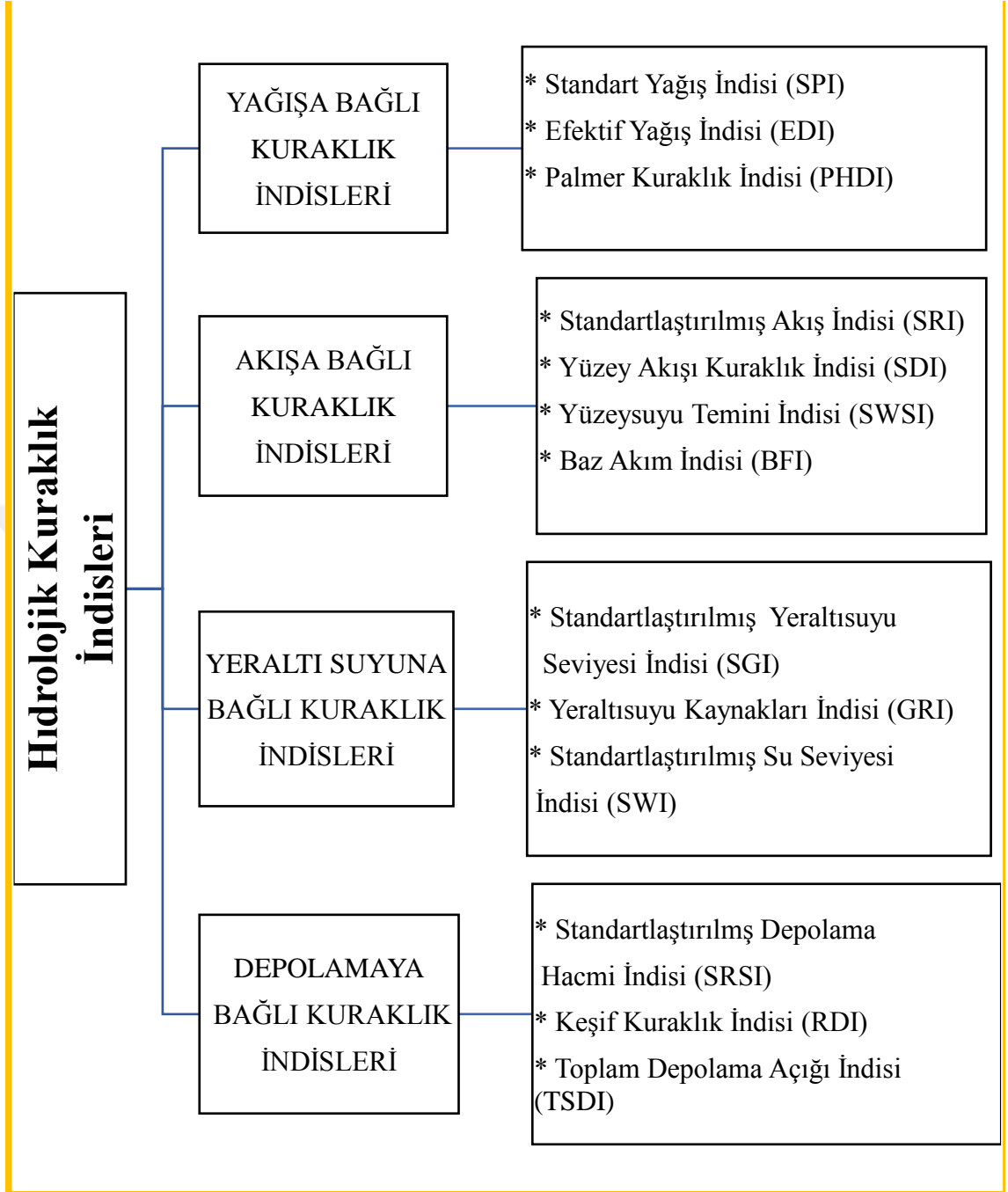
Bu tezin ana konusu; hidrolojik ve meteorolojik kuraklıkların ve analiz metotlarıdır. Böylece hidrolojik ve meteorolojik indislere daha fazla odaklanıp ve daha ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Çalışmada yaygın olarak kullanılan en önemli hidrolojik ve meteorolojik indis türlerinden detaylı olarak tartışılmaktadır.

3.2. Hidrolojik Kuraklık Analizi

- Hidrolojik kuraklıklar, yeraltı sularının veya yüzey su kaynaklarının atmosferik hafifletme (kar yağışları dâhil nehirler, göller ve yeraltı suları) sürelerinin etkileri ile ilişkilidir. Hidrolojik kuraklıklar genellikle meteorolojik veya tarımsal kuraklıklardan daha sonra görülmektedir.
- Hidrolojlara göre, yüzey ve yeraltı su rezervlerinin seviyesi normal seviyeden daha düşük olduğunda kuraklık meydana gelmektedir.

- Hidrolojik kuraklıkların sıklığı, şiddeti bir havza veya nehir havzasının ölçeğinde ifade edilmektedir.
- İklim, hidrolojik kuraklığın ortaya çıkmasında birincil etken olmasına rağmen, arazi kullanım değişikliği (ormansızlaşma gibi) arazi bozulması ve barajların inşası ve diğer faktörler, hidrolojik özelliklerini etkilemektedir.

Hidrolojide, genellikle ölçüm istasyonlarından gelen akış verilerinin debi süreklilik eğrileri gibi karmaşık yöntemlerle analiz yapılmaktadır. Bu yaklaşımı takip eden Stahl bölgedeki kuraklık olaylarını tanımlamak için 2001'de Keşif Kuraklık İndisi'ni (RDI) geliştirmiştir. Su döngüsüne bağlı olarak; su yönetimi, su bütçesi, hidrolojik alan ve kuraklık indislerinin karmaşıklığını tanımlamak için çeşitli seçenekleri belirlemiştir. Hidrolojik kuraklık, uzun süreli meteorolojik kuraklıkların sonucudur; depolama, göller, nehirler, nehirlerin kurummasına ve yeraltı suyu seviyelerine indirgenmesine neden olmaktadır (Rathore, 2004). Bu nedenle, Türkiye ve dünyadaki hidrolojik kuraklığı belirleyen göstergeler yağış, akış, depolama ve yeraltı suyu dâhil olmak üzere dört ana kategoriye ayrılmıştır. Hidrolojik kuraklık indisleri literatür çalışmalarında ana hatlarıyla belirtilmiş ve sistemdeki hidrolojik kuraklığın türünü belirlemek için kullanılan indislerin dahil edilmesine özel olarak dikkat gösterilmiştir. Çiğdem Güler (2017) tarafından yapılan çalışmada hidrolojik kuraklık indislerinde kullanılan veriler ve literatür çalışmaları içindeki hesaplama sistemlerindeki farklılıklar analiz edilmiş ve aşağıdaki kategorilere ayrılmıştır. Tüm hidrolojik döngüsünü yansıtabilmek için dört ana başlıkta yağış, akış, yeraltı suyu ve depolama şeklinde incelenmiştir (Şekil 3. 1).



Şekil 3.1. Hidrolojik Kuraklık İndisleri Biçimlendirmesi (Güler, 2017)

Bu tezin ana konusu meteorolojik kuraklık analiz yöntemleri ve hidrolojik kuraklık analizleri olup, hidrolojik kuraklık analizinde kullanılan indisler yukarıdaki sınıflandırma sistemine bağlı olarak yağış, akış, yeraltı suyu ve depolama kategorileri altında detaylı olarak açıklanmaktadır.

3.2.1. Yağışa bağlı kuraklık indisleri

3.2.1.1. Standartlaştırılmış yağış indisleri (SPI)

Standart Yağış İndisi (SPI), Colorado'daki kuraklık durumunu izlemek için 1993 yılında McKee ve meslektaşları tarafından geliştirilmiştir. McKee ve meslektaşları, her istasyonda kuru ve ıslak koşulları belirlemek için SPI değerleri için belirli bir sınıflandırma sistemi uygulamıştır. SPI indisinin bir diğer özelliği de kuraklık eşik değerlerinin kullanılmasıdır. Böylece standart yağış indisine dayanarak; kuraklığın şiddeti ve kuraklığın süresi de tespit edilebilmektedir. Standart Yağış İndisi, her zaman aralığı için yağış olasılığına dayanmaktadır. Bu gösterge 3, 6, 9, 12, 24, 48 ve 72 aylık aralıklar için hesaplanarak kuraklık şiddetinin erken uyarılması ve izlenmesi için önemlidir. Bu farklı zaman ölçekleri, kuraklığın farklı su kaynaklarının mevcudiyeti üzerindeki özgü etkilerini ifade etmektedir. Her bölge için SPI indisi, uzun vadeli yağış kaydına göre hesaplanmaktadır. İlk olarak uygun istatistiksel dağılım, uzun vadeli yağış istatistiklerine uymaktadır. Bu indis, çok sayıda zaman aralığında yağış eksikliğini azaltmak için tasarlanmıştır. Farklı zaman ölçekleri, kuraklığın farklı su kaynaklarına ulaşmadaki özel etkilerini ifade etmektedir. Örneğin; toprak nemi koşulları kısa süreli yağış aykırılık cevap verirken, yüzey ve yeraltı suları uzun süreli aykırılıktan etkilenmektedir.

SPI indisinin hesaplaması için sadece yağış verisine ihtiyaç vardır. Genellikle aylık yağış verileri kullanılarak hesaplanmasına rağmen, günlük veya haftalık yağış verileriyle SPI değerleri üretilebilmektedir. Yağış değerlerinin sunulduğu zaman -aralığı ne olursa olsun- SPI hesaplama yöntemi tüm zaman aralıklarında aynıdır. Standart Yağış İndisi (SPI), hesaplamasında kullanılan zaman serisi verileri belirli bir uzunluk gerektirmez. Bununla birlikte, örnekleme hatalarını azaltmak için veri setinin en az 30 yıl olması gerekmektedir. Standart normal değişkenin zaman serilerinde Gama katlanmış olasılık hesaplandıktan sonra sıfır ortalaması ile yıllık yağış için standart sapması bir olacak şekilde hesaplanmaktadır.

Standart Yağış İndisini (SPI) hesaplamak için aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

- Ham yağış verisinin Gama olasılık dağılım fonksiyonuna dönüştürülmesi.
- Gama olasılık dağılım fonksiyonlarından elde edilen yağış olasılığı için standart ters normal dağılım fonksiyonunu kullanarak, yani SPI değerlerinin hesaplanmasından standart yağış dizisini elde edilmesi.
- Pozitif SPI değerleri ortalama (ıslak dönem) daha fazla yağış gösterirken, negatif SPI değerleri düşük değerleri (kurak dönem) gösterir.
- SPI normaliz edildiğinden, ıslak ve kuru hava benzer şekilde ifade edilebilmesi.

SPI indisi aşağıdaki ilişkiden elde edilmiştir.

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

X_i^{orta} = İstatistiksel Dönem Boyunca Ortalama Yağış,

X_i = Her Ay veya Yıl Yağış,

σ = Standart Sapma,

Tablo 3. 3. SPI İndisinin Sınıflandırması (Mckee, 1993)

(SPI)	Kuraklık Durumu
2 ve üzeri	Aşırı nemli
1.5 – 1.99	Çok nemli
1 – 1.49	Orta düzeyde nemli
0.5 – 0.99	Normale yakın nemli
-0.499 – 0.499	Normal
-0.5 – -0.99	Normale yakın kurak
-1 – -1.49	Orta düzeyde kurak
-1.5 – -1.99	Şiddetli kurak
-2 ve altı	Aşırı kurak

Bu hesaplamanın sonuçlarını yorumlamak ve değerlendirmek istersek, pozitif değerler yüksek yağış, negatif değerler düşük (kuru) yağış dönemini göstermektedir.

3.2.1.2. Efektif kuraklık indisi hesaplama yöntemi

Byun ve Wilhit (1999) kuraklığın başlangıç, gelişme ve bitme miktarını belirlemek için Efektif Kuraklık İndisini (EDI) geliştirmiştir. Efektif Kuraklık İndisinin bilinen diğer indislere göre en büyük avantajı, günlük zaman ölçeğine sahip olmasıdır. Bu indis için gerekli olan bilgiler sadece yağış olmasını belirterek, ancak toprak nemi ve buharlaşma ile ilgili araştırmalar yapılmamaktadır. Mevcut su kaynağı seviyeleri de dâhil olmak üzere günlük kuraklığın şiddetini, hız tespitini ve kısa vadeli kuraklıkların doğru ölçümünü hesaplayabilmektedir. EDI, başlangıçta geliştirildiği gibi birçok kuraklık indisinin aksine günlük olarak hesaplanmaktadır. Ancak aylık yağış verilerini kullanmak için özelleştirilebilmektedir. EDI hesaplaması aşağıdaki ilişkilerle kullanılarak yapılmaktadır.

Günlük etkili yağışları hesaplaması (EPI)

EDI'deki en önemli kavram, yeni etkili yağış kavramıdır (EP). EP, zamana bağlı bir azaltma işlevine sahip günlük yağış değerlerinin toplamı anlamına gelmektedir. EP'nin hesaplanması aşağıdaki denklem kullanılarak gerçekleştirilir.

$$EPI = \sum_{n=1}^i [(\sum_{m=1}^n Ym)/n] \quad (3.2)$$

EP, Günlük Etkili Yağış i, Varsayımsal süreklilik ve Ym, önceki gün yağış miktarı Örneğin, 3 gün ise, aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$EP3 = (Y^1) /^1 + (Y^1 + Y2)/2 + (Y^1 + Y2 + Y3)/3 \quad (3.3)$$

Bu ilişki, son yağışların daha önceki yağışlara göre etkisini ve istatistiksel dönem boyunca her gün EP alacağını göstermektedir.

Ortalama günlük etkin yağış miktarını hesaplaması (MEP)

Aslında MEP, belirli bir zamanda ve yerde iklim özelliklerini gösteren her gün takvimi için normal bir EP'dir. MEP'i hesaplamak için aynı günün EP'lerinin belirli bir süre

boyunca toplaması ve ortalamasını alınmaktadır. EP'den sapmanın tahmin edilmesi, istatistiksel dönemin bütün günleri için (DEP) hesaplanacaktır.

$$DEP = EP - MEP \quad (3.4)$$

DEP'nin pozitif değeri, suyun depolanma tarihini ve yerini göstermekte ve negatif değer ise bunun tersini belirtir.

SEP'nin standartlaştırılmış değerinin hesaplaması

İklim koşullarından bağımsız olarak farklı bölgeler arasında karşılaştırılabilmesi için önceki aşamadan elde edilen rakamlar aşağıdaki denklem kullanılarak standartlaştırılmıştır.

$$SEP = \frac{DEP}{ST(EP)} \quad (3.5)$$

Yukarıdaki ilişkide ST (EP), EP'nin standart sapması, belirli bir gün için EP'lerin ortalaması olan MEP gibi her takvim günü içindir. DEP ve SEP negatif değerleri normalaltı yağışları gösterdiğinden, kuru dönemler bu parametrelerin ardışık negatif değerleri olan süreler olarak kabul edilmektedir.

Normal günlük koşullara dönmek için gereken yağış miktarının (PRN) hesaplaması

Bu bölümün hesaplanması, üst aşamadaki süreklilik süresine ilişkin önceki adımları tekrarlayarak başlamaktadır. DEP'i hesapladıktan sonra, günlük olarak, ilgili PRN'nin gerçek sürekliliğine göre aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$PRN = \frac{SEP}{\sum 1/N} \quad (3.6)$$

Bu bağlamda, PRN gerçekte eksik durumdan normale dönmek için gereken yağış miktarını göstermektedir. Yağış eksikliği kuraklığın ciddiyetini gösterdiğinden, kuraklığın ciddiyeti PRN ile tahmin edilmektedir. Ancak PRN iklime bağlı ve SEP gibi standartlaştırılması gerekmektedir.

Efektif kuraklık indisi (EDI)

EDI aslında PRN'nin standart bir şeklidir ve aşağıdaki gibi tahmin edilir.

$$EDI = \frac{PRN}{ST(PRN)} \quad (3.7)$$

Yukarıdaki ilişkide PRN (ST), SEP için sunulan mantığa uygun olarak PRN'nin standart sapmasını temsil etmektedir (İtyarikhaje ve Dinpujo, 2011). Sonuç olarak, bu indis iklim koşullarından bağımsız olarak tanımlandıkları sınıflandırmaya dayanarak farklı bölgelerdeki kuraklık koşullarını hesaplanarak karşılaştırabilmektedir.

Tablo 3.4. EDI ve Önem Derecesine Göre Kuraklık Türü

Efektif Kuraklık İndisi (EDI)	Kuraklık türü
EDI ≤ -2	Çok şiddetli
-2 > EDI ≤ -1.5	Şiddetli
-1.5 > EDI ≤ -1	Normale yakın
-1 > EDI ≤ 1	Yağış açısından normal

3.2.1.3. Palmer hidrolojik kuraklık indisi (PHDI)

Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (PHDI), Amerika Birleşik Devletleri'nde 1965 yılında geliştirilmiştir. Palmer Kuraklık Şiddeti (PDSI), Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (PHDI) ve Palmer Z-İndis için üç gösterge bulunmaktadır. Palmer İndisi, homojen bölgeler için hesaplanan bir toprak nemi algoritmasıdır. Bu indis en gelişmiş, en karmaşık uyarı ve kuraklık farkındalık sistemlerinden biridir. Bu kapsamlı kuraklık indisi, aylarca uzun vadeli kuraklığın belirlenmesinde en etkili yöntemlerden biridir. Ancak, günlük veya haftalık gibi kısa vadeli kuraklığın belirlenmesi için uygun değildir. Palmer İndisi, tipik olarak aylık verilere dayanılarak hesaplanmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde iklim bölümleri için PHDI aylık verilerinin uzun bir arşivi bulunmaktadır. Palmer İndisini popüler kılan üç olumlu özelliği şunlardır.

1. Palmer İndisi, planlamacılara bir alandaki iklimsel anormallikleri ölçme ve ölçmeye dayanan karar verme gücü sağlamaktadır.

2. Palmer İndisi, mekânsal koşulları tarihe bakış açısından tanımak için bir fırsat sunmaktadır.
3. Palmer İndisi, tarihi kuraklıkların mekânsal ve zamansal bir resmini sunar.

Palmer İndisinin sınırlamaları ve sakıncaları şunlardır:

1. Palmer İndisi, toprak nemi koşullarına karşı hassastır. Bu nedenle bunu iklim planlayıcılarına uygulamak çok yaygın olabilir.
2. Bu indiste kar yağışı, kar örtüsü ve buz örtüsü hariç tutulmakta, tüm yağışların yağış olarak varsayılmaktadır. Bu nedenle, PDSI veya PHDI zamanlama değerleri, kar yağışı gerçekleştiği kış aylarında doğru olmayabilir.
3. Yağış süresi ile ortaya çıkan akış arasındaki doğal mesafe dikkate alınmamıştır. Ayrıca, yüzeysel toprak katmanlarının yüzeysel su kapasitesinin yerine geçmesi beklenen akıntı olarak tahmin edilen bir su akışı da dâhil edilmemiştir.
4. Bu indiste potansiyel evapotranspirasyon Torrenwith metodu ile değerlendirilmiştir.

Tablo 3.5. Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (PHDI) Sınıflandırma Türü

Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (PHDI)	Kuraklık Durumu
3 – 3.99	Aşırı nemli
2 – 2.99	Çok nemli
1 – 1.99	Orta nemli
0.50 – 0.99	Az nemli
0.49 – -0.49	Nem başlangıcı
-0.5 – -0.99	Normal
-1 – -1.99	Kuru başlangıcı
-2 – -2.99	Hafif kurak
-3 – -3.99	Orta kurak
-4 ve altı	Şiddetli kurak

3.2.2. Akışa bağlı kuraklık indisleri

3.2.2.1. Standartlaştırılmış akış indisi (SRI)

Standartlaştırılmış Akış İndisi, kuraklığın akarsu üzerindeki etkisini belirlemek için 2008 yılında SPI'ye dayanan Shukla ve Wood tarafından üretilmiştir (McKee, 1993). SRI hesaplama sistemi SPI'ye eşit olsa da, aylık yağış verileri yerine SRI hesaplamalarında girdi parametresi olarak aylık akış verileri kullanılmaktadır. SRI indisi aşağıdaki şekilde elde edilmektedir.

$$SRI = \frac{P - P^-}{\sigma} \quad (3.8)$$

Yukarıdaki ilişkide, P yıllık akış, P^- ortalama yıllık akışı ve σ standart sapmasıdır. Standartlaştırılmış akış indisine karşılık gelen hidrolojik durum Yüzey Akışı Kuraklık İndisi (SDI) olduğu için aşağıda aynı tabloda sunulmuştur.

3.2.2.2. Yüzey akışı kuraklık indisi (SDI)

SDI indisi, Nalbantis (2008) tarafından sunularak 2009 yılında Nalbantis ve arkadaşları tarafından hidrolojik kuraklığı tanımlamak için kullanılmıştır. Bu yöntem, aylık yüzey akış hacimlerinin zaman serilerinin Q_{ij} 'de olduğunu varsaymaktadır. Burada i hidrolojik yıl ve j hidrolojik yıla karşılık gelen aydır. Bu seriye dayanarak, kümülatif yüzey akış hacmi aşağıdaki gibi olacaktır.

$$Q_{ij} = \sum_{j=1}^{3k} q_{ij} \quad i=1, 2, \dots \quad j=1, 2, \dots, 12 \quad k=1, 2, 3, 4 \quad (3.9)$$

$$Q_{ij} = \frac{V_{ik} - V_k}{\sigma} \quad i=1, 2, \dots \quad K=1, 2, 3, 4, 5, 6 \quad (3.10)$$

K, referans periyodu ifade etmekte; σ ve V_k , sırasıyla taban dönemi (k) için standart sapma ve ortalama akış verileridir. SDI pozitif değerleri ıslak koşulları ve negatif değerleri hidrolojik kuraklık dönemi göstermektedir. SDI'ya dayanarak, Tablo 3. 6'de tanımlandığı gibi on özelliğe sahip olabilmektedir (İqtadari vd., 2015).

Tablo 3.6. SDI İndisi Kullanılarak Hidrolojik Kuraklık Koşullarının Belirlenmesi

SDI Değeri	Sınıflandırma
$SDI \leq -2$	Aşırı kurak
$-2 < SDI \leq -1.5$	Şiddetli kurak
$-1.5 < SDI \leq -1$	Orta kurak
$-1 < SDI \leq 0$	Hafif kurak
$0 < SDI \leq 1$	Hafif nemli
$1 < SDI \leq 1.5$	Orta nemli
$1.5 < SDI \leq 2$	Şiddetli nemli
$SDI > 2$	Aşırı nemli

Kaynağı

Nalbantis ve Tsakiris tarafından SPI metodolojisi ve çalışmalarının temeli olarak hesaplamalar kullanılarak yapılmıştır.

Özellikleri

Akış verilerine dayanarak yüzey akış kuraklık indisi oluşturmak için aylık akış değerleri ve SPI ile ilgili normalizasyon yöntemlerini kullanmaktadır. Aynı SPI çıkışıyla ıslak ve kuru dönemler izlenebilir ve kuraklık durumu ve şiddeti araştırılabilmektedir.

Giriş parametreleri

Aylık debi değerleri ve debimetre için geçmiş zaman serileri.

Güçlü yönleri

Bu uygulama yaygın olarak bulunur ve kullanımı kolaydır. Akış verilerin ne kadar uzun olursa sonuçlar o kadar doğru olmaktadır. SPI'de olduğu gibi, çeşitli zaman çizelgeleri incelenebilmektedir.

Zayıf Yönleri

Tek bir girdi (akış) yönetim kararlarını dikkate alınması akış dışı süreler sonuçları azaltabilmektedir.

3.2.2.3. Yüzey suyu temini indisi (SWSI)

Yüzey suyu Temini İndisi, Shafer ve Dezman tarafından 1982 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Colorado bölgesindeki Palmer indisini tamamlamak üzere tasarlanmıştır. Dağlarda şiddetli kar yağışı, yüzey suyu depolarında önemli bir faktör olduğu için, bu gösterge kar yoğunluğu, akıntı, yağış ve rezervuar alanının yoğunluğuna bağlı olarak hesaplanmaktadır. Palmer İndisi temel olarak neredeyse homojen alanlarda toprak nemi için ayarlanmış bir algoritma olup, çok çeşitli topoğrafi alanlara sahip alanlar için tasarlanmamıştır. Ayrıca, ardışık kar kütlelerini ve buna bağlı olarak oluşan akış miktarını da dikkate alınmamıştır. Bu nedenle Shafer ve Dezman, yüzey suyu koşullarını temsil eden bir Yüzey Suyu Temin İndisi geliştirmiş olup ve bu indisi kar yağışının önemli bir bileşeni olduğu, dağlık bölgelerde dağ suyuna bağlı bir indis olarak tanımlamıştır.

Yüzey suyu Temini İndisinin amacı, mevcut hidrolojik özellikleri birleştirmek ve bunu, Colorado Havzası'ndaki büyük nehirlerdeki Palmer İndisinin değerlerine ve benzer bir birim indis yapmaktır. Bu rakamlar havzalar arasında kıyaslanarak standartlaştırılmıştır. Yüzey suyu Temini İndisi için dört giriş gereklidir; kar örtüsü, kar yağışı, yağış ve diğer su depolama kaynaklarıdır. Bu indis mevsime bağlı olduğundan, Yüzey suyu Temini İndisi sadece kar örtüsü, yağış ve diğer kış depolama kaynakları ile hesaplanarak yaz aylarında yüzey suyu akışları, Yüzey suyu Temini İndisinin genel bir sınırlaması olan kar örtüsü ile değiştirilmektedir. Belirli bir alan için Yüzey suyu Temini İndisini belirleme yöntemi aşağıdaki gibidir.

Aylık tüm yağış verileri, kar örtüsü ve yüzey akışı, istasyonlarında toplanmaktadır. Daha sonra toplanan her bölüm analiz ile belirlenen uzunlamasına bir veri kullanılarak normalleştirilmektedir. Bu nedenle, her bölüm için herhangi bir hatanın olasılığı, farklı bölümler arasındaki olasılıkların karşılaştırılmasını sağlayan frekans analizi kullanılarak belirlenmektedir. SWSI indisi sıfırda konsantre olup $-4/2$ ila $+4/2$ arasında

değişmektedir. Yüzeysel suyu Temini İndisi sadece Palmer İndisini (PHDI) dikkate alarak Colorado kuraklık programında aktif hale getirilmiştir. SWSI indisinin avantajlarından biri de hesaplamasının kolay olmasıdır. SWSI indisinin hesaplanması bir etki alanı için yeni bir algoritma gerektirir. Ancak SWSI in olumlu noktalarından biri, her bir havza için kendine özgü koşullar getirmesi, diğer yandan, bu olumlu özelliğin de olumsuz bir özelliğe yol açtığı ve havzalar arasında bu indisle karşılaştırmanın mümkün olmadığı belirtilmektedir. Aşağıdaki ilişki SWSI indisini göstermektedir (Shafer ve Dezman, 1982).

$$SWSI = \frac{aP_{snow} + bP_{prec} + cP_{strm} + dP_{resv} - 50}{12} \quad (3.11)$$

Denklemda a, b, c, d sırasıyla kar, yağmur, akım ve depolamayı göstermektedir. P, su döngüsünün her bileşeni için aşılma olasılığı; snow - kar örtüsü, Prec - yağış, strm - akış ve Resv - toprak nemini belirtmektedir. Başlıca kavramı, kar suyuna vurgu yapılması dışında, Palmer indisinin konseptidir. Ek olarak her havza için SWSI indisinin hesaplanması, o havzanın özelliklerine dayanmaktadır.

3.2.2.4. Baz akım indisi (BFI)

1980 yılında Hidroloji Enstitüsü tarafından önerilen BFI, İngiltere'de incelenmiştir ve günlük olarak hesaplanmaktadır. Bu gösterge için, temel akım toplam akımdan çıkarılması gerekmektedir. BFI dünya çapında kuraklık analizi için pek kullanışlı değildir. Baz Akım İndisi, diğer hidrolojik kuraklık indislerine çok benzerdir ve bu nedenle genellikle kuraklığı tahmin etmek için ek bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Güler, 2014).

$$BFI = \frac{\sum_i b_i}{\sum_i d_i} \quad (3.12)$$

b_i , sezona ait baz akım değerleri, d_i , seçilen sezona ait yüzeysel akış değerlerini ifade etmektedir.

3.2.3. Yeraltı suyuna bağlı kuraklık indisleri

3.2.3.1. Standartlaştırılmış su seviyesi indisi (SWI)

SWI indisi, yeraltı suyu seviyesi ve yeraltı suyu dalgalanmalarını izlemek için 2004 yılında Bhuiyan tarafından tasarlanmıştır. SWI indisi mevsimsel yeraltı suyu seviyesinin normalleştirilmesi ve mevsimsel su seviyesi arasındaki farkın uzun vadeli mevsimsel ortalamanın, standart sapmaya bölünmesiyle elde edilmektedir. SWI indisi için genel formül aşağıdaki gibidir(Bhuiyan vd., 2004).

$$SWI = \frac{W_{ij} - W_{im}}{\sigma} \quad W_{ij}: \text{Mevcut Yaş Seviyesi}, \quad (3.13)$$

W_{im} : Ortalama Yaş Seviyesi,

σ : Standart Sapma,

SWI, akifer ve beslenmenin azalmasını dolaylı olarak ölçen bir göstergedir. SWI indisi kuraklığın şiddetini yedi sınıfa ayırmaktadır; pozitif SWI değerleri kuraklığı, negatif değerleri ise nemli veya normal koşulları göstermektedir.

Tablo 3.7. SWI Dayalı Kuraklık Şiddeti Sınıflandırması

(SWI) İndisi	Kuraklık Sınıfları
2 ve üzer	Aşırı kurak
1.5 —1.99	Şiddetli kurak
1 —1.49	Orta kurak
-0.99 —099	Normal
-1 — -1.49	Orta nemli
-1.5 — -1.99	Çok nemli
-2ve altı	Aşırı nemli

3.2.3.2. Yeraltı suyu kaynakları indisi (GRI)

GRI indisi Mendesino ve arkadaşları tarafından 2008 yılında Akdeniz'deki kuraklık durumunun modellenmesi, izlenmesi ve tahmin edilmesi için güvenilir bir gösterge olarak önerilmiştir. Bu indiste zeminin farklı litolojik durumu yaz aylarında kış yağışlarına havzanın yeraltı suyu tepkisi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Genel olarak, bu indisin değerleri mekânsal değişkenliğe ve çalışma alanının litolojik

özelliklerine karşı da çok duyarlıdır. GRI indisin en önemli özelliği, bazı nehir havzalarında yaz kuraklıklarını tahmin etmedeki ortalama akış ile yüksek korelasyonudur. Bu indisi hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır (Mendicino vd., 2008).

$$GRI_{y.m} = \frac{D_{y.m} - \mu_{D.m}}{\sigma_{D.m}} \quad M: \text{ay} \quad Y: \text{yıl} \quad (3.14)$$

GRI: İndis Değeri,

$D_{y.m}$: Yüzey Su Seviyesi,

$\mu_{D.m}$: Ortalama Su Seviyesi,

$\sigma_{D.m}$: Statik Seviye Verilerinin Standart Sapması,

GRI indisindeki kuraklık sınıfları, SWI indisine benzerdir; fakat değerlerin tersinde değişmektedir (Tablo 3.7).

3.2.3.3. Standartlaştırılmış yeraltı suyu indisi (SGI)

Meteorolojik kuraklıklarla başlayan kuraklık olayları, yeraltı suyu tükenmesinin yanı sıra yüzey suyunun tükenmesine de yol açabilmektedir. Meteorolojik kuraklıkları ölçmek için SPI yöntemi, nehirlerdeki hidrolojik kuraklıkları ölçmek için SRI yöntemi ve Standartlaştırılmış Yeraltı Suyu İndisini (SGI) kullanılarak kuraklığın yeraltı suyu üzerindeki etkisini ölçebilmektedir (Bloomfield ve Marchant, 2013).

SGI sınıflandırma ve hesaplama sistemi tam olarak SPI'ye benzer ve Tablo 3.3'te gösterilmektedir. SWI'den tek farkı; yeraltı suyu seviyesinin aylık olarak kullanılmasıdır. Standartlaştırılmış Yeraltı Suyu İndisi (SGI), yeraltı su seviyesi ortalaması farkının standart sapma ile belirli bir zaman dilimine bölünmesiyle elde edilmektedir. Negatif değerler yeraltı suyu seviyesinin kuraklığın altında olduğunu ve pozitif değerler yeraltı suyu seviyesinin düşmediğini ve kuraklığın olmadığını göstermektedir.

$$SGI = \frac{X - \bar{X}}{\sigma} \quad (3.15)$$

X: Aylık Yaş Seviyesi,

X i: Ortalama Aylık Yaş Seviyesi,

σ : Standart Sapma,

3.2.4. Depolamaya bağlı kuraklık indisleri

3.2.4.1. Standartlaştırılmış depolama hacmi indisi (SRSI)

Japonya'da Gusyev tarafından kuraklık depolama verilerinin daha düzenli analizi için geliştirilmiştir (Gusyev vd., 2015). Sistemik hesaplama SPI ile birebir aynı olup aylık ortalama hacim depolama verileri standart olasılık dağılımına dayanmaktadır. Sınıflandırma sistemi SPI ile aynı olup Tablo 3. 3'te gösterilmektedir. SRSI hesaplama sistemi kolayca SPI olmasına rağmen, buharlaşmayı dikkate alma avantajına sahiptir. Yağışın ortalamandan farkının standart sapma ile belirli bir zaman dilimine bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$SRSI = \frac{Xi - Xj}{\sigma} \quad (3.16)$$

Xi: Aylık Depolama Hacmi,

Xj: Ortalama Aylık Depolama Hacmi,

σ : Standart Sapma,

3.2.4.2. Keşif kuraklık indisi (RDI)

Saccharis ve Wanglis (2005) tarafından Akdeniz bölgeleri için RDI indisini önerilmiştir. RDI, yakın zamanda kuraklık dönemindeki kuraklıkların şiddetini belirlemesi, kuraklık döneminin başlangıcını ve sonunu belirtmek için bir araç olarak geliştirilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde RDI indisinin ortaya çıkması, kuraklık etkilerini dengelemesi ve azaltması için devletlerin yeniden yapılanma ofisinden mali yardım almalarını sağlayan kuraklık yaşayan devletlere mali yardım nedeniyle olmuştur. RDI kuraklık indisi bir nehrin havzasında hesaplanmaktadır. Yağış, kar örtüsü, yüzey akışları ve su depolama tankları gibi değerleri içermektedir. Bu indis, Palmer Kuraklık Şiddet

İndisi'nden farklıdır; çünkü yapısı sıcaklığa dayanmaktadır. RDI kuraklık indisi herhangi bir alana uygulanabilir, hem su depolamayı hem de iklim faktörlerini dikkate alabilmektedir. Bu indisin dezavantajlarından biri, havzalar arasında karşılaştırma yapmanın mümkün olmamasıdır; çünkü her bir nehir havzasına özgüdür. İlk hesaplama için, yağış miktarının (P) evapotranspirasyon potansiyeline (PET) oranı kullanılarak, herhangi bir rastgele zaman aralığı veya farklı yıllar için $a_0^{(i)}$ 'nin başlangıç değerleri aşağıdaki denkleme göre hesaplanmaktadır.

$$a_0^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} ET_{ij}} \quad i=1,2,\dots,N, \quad j=1,2,\dots,12 \quad (3.17)$$

Eşitlikte P, ET_{ij}, J ve i sırasıyla yağış, Evapotranspirasyon potansiyeli, ay ve yılı temsil etmektedir. Evapotranspirasyon hesaplamak için önerilen yöntem Torrent White yöntemidir(Saccharis ve Wanglis, 2005).

Bu indisin hesaplanmasında ikinci terim, önceki adımda farklı yıllar için $a_0^{(i)}$ 'nin değerleri kullanılarak hesaplanan normalleştirilmiş (RDIn) değerleri, aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$RDIn^{(i)} = \frac{a_0^{(i)}}{\bar{a}_0} - 1 \quad \bar{a}_0 = \text{her yıl } a_0 \text{ hesaplarının ortalamasıdır,}$$

Bu bağlamda, \bar{a}_0 , çalışılan yıllar için $a_0^{(i)}$ değerlerinin aritmetik ortalaması olup, bu Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım örgütü (FAO) tarafından sağlanan kuraklık indisinin oranına eşittir (Saccharis vd., 2007). Bu indisin hesaplanmasındaki üçüncü terim, değerlerin aşağıdaki denkleme göre farklı yılların değerlerini kullanarak normal log dağılımını takip ettiği varsayılarak standartlaştırılmış değerlerdir (RDİst). Aşağıdaki denkleme göre hesaplanır.

$$RDİ_a^{(i)} = \frac{y_k^{(i)} - \bar{y}_k}{\sigma_{yk}} \quad (3.18)$$

Bu bakımdan, $y_k^{(i)}$, $\ln a_0^{(i)}$ 'ya eşit olup \bar{y}_k ve σ_{yk} , sırasıyla y_i 'nin aritmetik ortalaması ve standart sapmasıdır(Nezhad vd., 2016).

Tablo 3.8. RDI ve Önem Derecesine Göre Kuraklık Türü

RDI Değeri	Kuraklık Durumu
2.00 <	Aşırı nemli
1.50 – 1.99	Çok nemli
1.00 – 1.49	Orta düzeyde nemli
-0.99 – 0.99	Normal
-1.00 – -1.49	Orta düzeyde kurak
-1.50 – -1.99	Şiddetli kurak
> -2.00	Aşırı kurak

3.2.4.3. Toplam depolama açığı indisi (TSDI)

Yirdaw (2008) tarafından Kanada'daki kuraklığı karakterize etmek için geliştirilmiştir. Yirdaw, çalışmasında GRACE uydu ölçümlerine dayanan gözlem ve güncel değerleri depolama anomalileri ile birleştirilir. Hesaplamalarda yağmur, terleme ve drenaj kullanılmaktadır. Depolanan su miktarındaki anormallikler, o bölgedeki kuraklığı göstermektedir. Kalkınma çabaları devam etmekte olup, TSDI dünya çapında kuraklık analizin için kullanılmamaktadır (Cao vd., 2015). TSDI indisin hesaplama sistemi kullanımı zor ve sıra dışıdır. TSDI indis hesaplama sistemi zorluğu nedeniyle sıklıkla kullanılmamaktadır. TSDI analizi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$TSDI = \frac{TSA_{ij} - MTSA_j}{TSA_{max} - TSA_{min}} \quad (3.19)$$

MTSA, TSA_{max} ve TSA_{min} sırasıyla uzun vadeli depolama açığı ortalaması, maksimum toplam depolama açığı, minimum toplam depolama açığı ve “i” yılları “j” ise ayları ifade etmektedir.

3.3. Meteorolojik Kuraklık Analizi

Yağış, değişiklikleri doğrudan toprak nemi, yüzey ve yeraltı su akışlarına yansıyan kurak ve yarı kurak bölgelerde en dengesiz iklim değişkenidir. Bu nedenle yağış, kuraklık değerlendirmesinde, özellikle meteorolojik kuraklık analizinde dikkate alınabilecek ilk faktördür. Dolayısıyla bu çalışmanın diğer amacı ise Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane'deki meteorolojik kuraklıkların izlenmesinde SPI, RDI, PNI, AI ve

SDI'nin özelliklerini birbirleriyle ilişkilerini incelenmesinde ve belirlenmesinde ikinci faktör olarak yer almıştır. Kuraklığı incelemek için bölgedeki durumunu belirlemek amacıyla bir dizi indisler kullanılmıştır. Bu indisler vasıtasıyla sıklık, şiddeti, büyüklüğü ve kuraklık süresi gibi önemli kuraklık özelliklerini etkileyen çeşitli parametreleri belirlenmiştir. Dolayısıyla bu tezin çalışmasında bazı meteorolojik kuraklık indisleri kısaca gözden geçirilmiştir.

3.3.1. Aridite anomali indisi (AAI)

Thornthwaite (1948) su dengesi tekniği genellikle bir bölgenin Aridite Anomali İndisinin hesaplanması için kullanılmıştır. Bu yöntem bitki nemi stresini göstermek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Thornthwaite, Aridite Anomali İndisini hesaplamak için aşağıdaki formülü ile sağlamıştır:

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

ET'in, su dengesi yönteminden hesaplanan gerçek buharlaşma transpirasyonu ve bitkinin su ihtiyacını temsil etmesi amaçlanan PE potansiyel buharlaşma transpirasyonu ve (PE-ET) su açığını belirtmektedir.

Bu yöntemle göre yağış ilk önce bitkilerde buharlaşma için kullanılmaktadır. Bitkilerin buharlaşan talepleri tamamen karşılandıktan sonra (PE tarafından verildiği gibi) fazla yağmur miktarı toprağa nüfuz ederek yeniden şarj edilmektedir. Bu toprak nemin şarjı, toprak alan kapasitesine ulaşana kadar devam edecektir. Aşırı yağış, buharlaşan talepler karşılandıktan sonra tamamen ortadan kalkacak ve tam olarak şarj edilmiş toprak bir su artışı olarak kabul edilecek ve yüzeysel akış veya derin drenaj olarak çalışacaktır. Yağış miktarı buharlaşma gereksinimlerinden düşük olduğunda, bitki toprağı neminden ayırmak için topraktan nem çekmektedir. Düşük yağış dönemlerinde toprak, deney yarasına göre nem kaybetmektedir(Thornthwaite, 1948).

AAI indisi haftalık / iki haftada olarak gerçekleştirilir. Bu anomalinin negatif veya sıfır değeri, bölgedeki kuraklığa ve kuraklığa normalden daha az eğilimli olduğunu göstermektedir. Pozitif bir değer, buranın normalden daha kuru ve kuru şartlar yaşadığını belirtilmektedir. Pozitif anomaliler üç farklı kategoride sınıflandırılır.

Tablo 3.9. Aridite Anomalinin Eşik Değerleri

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

Aridite anomalies haritası, bitki büyümesinin neden olduğu nem stresi hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu analiz, bitki büyümesinde niteleyici bir gecikme ve çok düşük verim olduğunu göstermektedir. Dolaylı olarak -aynı zamanda- bitkinin sulaması için gerekli olan miktar ve sürenin yeterli şekilde planlanmasına da yardımcı olabilmektedir. Bu, yetişen bitkinin mevcut nem eksikliği (hem yağış hem de toprak nemi) nedeniyle yaşadığı su stresidir. Sonuç olarak, doğal değere sahip bir anomali, uzun vadeli bir iklimden su sıkıntısı olduğunu gösterir.

Özellikleri

Su dengesinin göz önüne alındığı gerçek zamanlı bir Aridite Anomali İndisi (AAI), haftalık veya iki haftalık dönemler için hesaplanır. Her dönem için, gerçek kuraklık, o dönem için normal kuraklıkla karşılaştırılarak negatif değerler aşırı nemi gösterirken pozitif değerler nem stresini belirtmektedir.

Girdi Parametreleri

Gerçek evapotranspirasyon, rüzgâr sıcaklığı, güneş radyasyonu değerleri ve hesaplanmış potansiyel evapotranspirasyon gerektirmektedir.

Uygulamalar

Kuraklığın tarım üzerindeki etkileri, özellikle de yağışlı ve kurak mevsimlerin tanımlandığı tropik bölgelerde, iklim rejiminin bir parçasıdır. Bu yöntemle hem kış hem de yaz iki mevsimde değerlendirilmektedir.

Güçlü Yönleri

Tarıma özgü hesaplamalar basit olup, kuraklık açıklamaları (hafif, orta veya ağır) normalden ayrılmaya dayanmaktadır. Hesaplamaları haftalık zaman adımlarıyla hızlı bir şekilde yanıt vermektedir.

Zayıf Yönleri

Uzun veya çok mevsim etkinlikleri için geçerli değildir.

3.3.2. Ondalık İndisi (DI)

DI, 1967 yılında Gibbs ve Maher tarafından normal yöntem yüzdesindeki eksiklikleri önlemek için tanıtılmıştır. Bu yöntem, bir istasyonun kümülatif dağılımının uygulanmasına dayanarak Avustralyalı araştırmacılar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu indis uzun vadeli yağış oluşumunu normal dağılımın onda birine bölerek grupların her birini onluk olarak adlandırmaktadır. DI indisin hesaplanmasında etkili olan tek faktör yağış olup, indiste kullanılan zaman ölçeği aylık, mevsimsel ve yıllıktır. Ondalık İndisi hesaplamasının genel ilkeleri aşağıdaki gibidir. Öncelikle aylık veya yıllık yağış verileri düzenlenip, daha sonra yağış oluşma olasılığı aşağıdaki ilişkiden hesaplanmaktadır.

$$P_i = (i/N + 1) * 100 \quad (3.21)$$

N: Yağış Verilerinin Sayısıdır, P: Yağış Oluşma Olasılığı, i: Sıra Numarası,

P_i'yi hesapladıktan sonra, P_i'nin hangi mesafede ise, kuruluk derecelerinden birine atfedilmektedir. Bu durumda, P_i değerinin büyüklüğüne bağlı olarak kuruluk derecesi verilmektedir. Dolayısıyla ilk onluk, toplamın yüzde 10'unu aşmayan yağış miktarı, ikinci onluk ise toplamın yüzde 20'sini aşmayan yağış miktarıdır. Beşinci ya da ortadaki onluk, olayların % 50'sini geçmeyen yağış miktarıdır.

Ondalık değer özel yağış dağılımının ve doğal durumdan sapmalara dayalı özel bir bilgi toplamı sunan onluk sınırının tanınmasının çok önemli bir resmini sunmaktadır. Aşağıdaki tablo, yağış olaylarının sınıflandırılmasındaki onluk aralığını sınıflandırmaktadır.

Tablo 3.10. Ondalık Değer Sınıflandırması ve Kuraklık Tanımı

DI(%) olarak	Kuraklık Sınıfları
% 100'den büyük	Aşırı nemli
% 80 – % 90	Çok nemli
% 70 – % 80	Nemli
% 60 – % 70	Orta düzeyde nemli
% 50 – % 60	Normale yakın nemli
% 40 – % 50	Normal
% 30 – % 40	Normale yakın kurak
% 20 – % 30	Orta düzeyde kurak
% 10 – % 20	Şiddetli kurak
% 10 dan küçük	Aşırı kurak

3.3.3. Normalin yüzdesi indisi (PNI)

Bu indis Willeke vd. (1994) tarafından sağlanmıştır. Normalin Yüzde İndisi, toplumun algısı için en sık kullanılan normal bir indistir. Bu indis, bir bölge için yağış ölçmenin en basit yöntemlerinden birisidir. Normal bir yağış analizi indisinin kullanılması sadece bir bölge veya bir mevsim kullanıldığında faydalıdır; ancak normal yağış yüzdesinin kolayca yanıltıcı olduğu ve bölgeye bağlı olarak farklı koşullar sağladığı unutulmamaktadır.

Tipik olarak seçilen yağış miktarı, yere ve zamana bağlı olarak değiştiğinden, sapma sıklığını farklı konumlar için normal değerlerden karşılaştırmak mümkün değildir (Hays vd., 2011). Özellikle ıslak ve kuru mevsimsel özelliklere sahip farklı iklimler için karşılaştırması kolay değildir. Bu nedenle PNI tek başına, kuraklık riskinin azaltılması çalışmalarında anomalilere dayalı olarak yararlı bir karar alma aracı değildir.

Normal yağış kullanmanın dezavantajlarından biri, ortalama veya ortalama yağışın ortalama olmaması ve değerinin iklim raporlarında meydana gelen yağış miktarının % 50 oranında saptmasıdır. Bunun nedeni ise yağışın aylık ve yıllık ölçeklerde normal dağılıma sahip olmaması ve normal yağış yüzdelerinin kullanımının olmasıdır.

Normal dağılımın dolaylı olarak aynı ortalama ve medyan dağılımına sahip olduğu varsayılmaktadır. Bundan kaynaklanan bir örnek, ocak ayı uzun vadeli yağış raporunda gösterilebilmektedir. Ocak ayında ortalama yağış 360 mm, yani yılın en az 360 mm altında olduğu anlamına gelirken yılın diğer yarısında ise 360 mm'den fazla yağış olduğu bildirilmiştir. Değer yandan ocak ayındaki aylık yağış, toplam kuraklığın ortalamaları ile karşılaştırıldığında, toplam normal yağışın yaklaşık % 75'i olup ve bu oran genellikle tam kuraklık olarak adlandırılmaktadır. Kaydedilen yağışlardaki zamansal ve mekânsal değişimler nedeniyle, normalden sapma sıklığını belirlemenin ve farklı yerleri karşılaştırmanın bir yolu yoktur.

PNI, gerçek yağışın normal yağışa 100 ile çarpılmasıyla ve genellikle belirli bir mevsimi temsil eden bir ila birkaç ay gibi aylık zaman ölçeklerinde bölünerek hesaplanmaktadır(Salari, 2011).

$$PNI = (P/P_i) \times 100 \quad (3.22)$$

P: Aktüel Yağış Miktarı Milimetre,

P_i: Ortalama Yağış Miktarı Milimetre Cinsindedir,

Tablo 3.11. PNI İndisinin Farklı Sınıfları

Periyot	Normal ve Üzeri	Hafif Kurak	Orta Şiddetli Kurak	Şiddetli Kurak
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

3.3.4. Aridite indisi (AI)

Aridite İndisi, 1992 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından tanıtılmıştır. Aridite, sürekli yağış ve yağış koşulları ve fiziksel coğrafya denetçilerinin yarattığı nem veya iklim kuraklığının olmaması ve dünyanın herhangi bir yerinde hâkim olan atmosferik dolaşımın uzun vadeli mekanizmaları olarak tanımlanabilmektedir. Bu

koşulların bir yıl veya daha uzun süre boyunca uygulandığı alanlara kuru veya kuru alanlar adı verilir(Türkeş, 2012).

BM Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi'nde (UNCCD) kurak ve yarı kurak bölgeler, kutupsal ve yarı kutuplu bölgeler hariç, yıllık yağışın potansiyel evapotranspirasyon oranı 0,05 - 0,65 arasında yağış olasılığı olan kurak ve yarı kurak olarak tanımlanmaktadır. Türkiye'deki kuraklık ve çölleşme alanlarının türünü belirlemek için Aridite İndisi (AI) kullanılmaktadır. Bu indis basit bir denklemle hesaplanmaktadır (Türkeş, 2005). Aridite indisinde, tüm istasyonların yıllık yağışları potansiyel evapotranspirasyon bölünmektedir (UNCCD, 1995).

$$AI = \frac{P}{PET} \quad (3.23)$$

P, yıllık toplam yağış ve PET, yıllık değiştirilen potansiyel evapotranspirasyondur. AI değerleri, denklemde gösterildiği gibi yıllık zaman serilerini elde etmek için hesaplanabilir veya elde edilen yıllık AI zaman serisi değerlerinin uzun vadeli ortalaması dikkate alınarak iklimsel olarak hesaplanabilmektedir. Tablo 3.12'te Araştırmada kullanılan Aridite İndisin aralıkları ve kuraklık sınıfları gösterilmiştir (Türkeş, 2005).

Tablo 3. 12. Çalışmada Kullanılan İndis Aralıkları (Türkeş, 2005)

Aridite İndis 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	Nemlice-yarı nemli
0.80 – 0.99	Yarı nemli
1.00 – 1.99	Nemli
2.00 <	Çok nemli

3.3.5. Palmer-z indisi

Palmer Z İndisi, kısa vadeli koşullara PDSI koşullarından daha iyi yanıt verip, tipik olarak daha kısa sürede hesaplanması ve hızla gelişen kuraklık koşullarını tespit etmesini sağlamaktadır. Palmer tarafından 1960'ların başlarında yapılan ana çalışmanın bir parçası olarak, Palmer-Z İndisi genellikle PDSI çıktısı ile birlikte aylık olarak nem anomalisi olarak hesaplanmaktadır.

Z indisi meteorolojik kuraklığa ve kısa vadeli tarım kuraklığına karşılık gelmektedir. Z indisi son aydaki nem koşullarından etkilenmediğinden, değerleri aydan aya büyük ölçüde değişebilmektedir. Öte yandan, PDSI daha yavaş değişmektedir, çünkü önceki koşullar değerinin üçte ikisini tutmasına rağmen, fakat şiddetli yağış olayları PDSI değerlerini önemli ölçüde değiştirebilmektedir.

Özellikler

Bazen "nem anomalisi indisi" olarak adlandırılır ve türetilen değerler, o bölgenin tüm kayıtlarına kıyasla kuraklık ve nem için bir bölgenin göreceli anomalilerinin karşılaştırılmasını sağlamaktadır.

Uygulamalar

Mevcut dönemleri bilinen diğer kuraklık dönemleriyle karşılaştırmak için kullanışlıdır. Ayrıca, Palmer tarafından tanımlandığı gibi, normal seviyeye yakın bir seviyeye ulaşmak için gereken nem miktarını belirlemek için kullanıldığında, kuraklık süresinin sonunu belirlemek için de kullanılabilir.

Güçlü Yönleri

Bilimsel literatürde PDSI gibi Palmer Z İndisi ile ilgili birçok makale bulunmaktadır. Toprak verilerinin kullanımı ve genel su dengesi yöntemi, kuraklık tanımlaması için Palmer Z İndisini tamamen birleştirmektedir.

Zayıf Yönleri

PDSI gibi sorun çıkarması muhtemel tam seri veri gerektirmektedir. Hesaplamalarda toprak nemi bileşeninin basitleştirilmesine dayanan kuraklık koşullarının belirlenmesinde gecikmelere yol açan yaklaşık 9 aylık bir zaman aralığı vardır. Bu gecikme, kuraklık koşullarını belirlemeye çalışırken hızla ortaya çıkan bir sorun olan birkaç ay sürebilir. Palmer Z-İndisi donmuş yağışları veya donmuş toprakları işlememesi nedeniyle mevsimsel sorunlar da dâhildir.

3.3.6. Palmer kuraklık şiddeti (PDSI)

Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi, nispeten homojen alanlar için hesaplanan toprak nemin algoritmasıdır. Bu indis, en karmaşık ve en gelişmiş uyarı ve kuraklık farkındalık sistemlerinden biridir. PDSI, uzun vadeli kuraklıkların belirlenmesinde çok etkili olan, ancak haftalık kuraklık gibi kısa vadeli kuraklıklara uygun olmayan ilk kapsamlı kuraklık indisidir. PDSI, tarımda yaygın olarak kullanılmaktadır ancak yalnızca kuraklık bilinci için kullanılan mahsul nem indisi gibi sadece tarım için olmadığı, fakat Palmer indisinin geniş bir tarımsal kullanım alanına sahip olduğu belirtilmelidir(Palmer, 1965).

Palmer Kuraklık Şiddeti İndisinin değerleri yaklaşık +6 ve -6 arasında değişmektedir. Palmer keyfi olarak Iowa ve Kansas'taki ilk çalışma alanlarına dayanarak bir nem sınıflandırma ölçeğini seçilmiştir. Palmer İndisi aylık verilere göre hesaplanmaktadır. Palmer İndisi kapsamlı bir indis olup, Amerika Birleşik Devletleri'nde birçok uygulama ve kullanıma sahiptir. Örneğin; tarımda toprak nemi koşullarında en etkili göstergedir.

Ek olarak, bu gösterge kuraklığı belirtmek için bir araç olarak kullanışlıdır. Palmer indisinin dezavantajı, şiddetli kuraklıkların sınıflandırılmasının ülkenin bazı bölgelerinde diğer yerlerden daha sık meydana gelmesidir. Örneğin büyük ovalarda olduğu gibi, %10'dan fazla ciddi kuraklık meydana geldiğinde, bu iki bölge arasındaki kuraklık karşılaştırmasının doğruluğunu sınırlamaktadır. Palmer yönteminin bir diğer dezavantajı, kısa vadeli tahminler için kullanışlı olmaması ve hesaplamalarda karla ilişkili su miktarını hesaba katmaması ve ayrıca insanların sulama suyu üzerindeki etkilerini hesaba katmamasıdır. Palmer ile ilgili diğer bir problem ise az miktarda

kuraklığın ciddiyeti ve bilimsel olarak arzu edilmeyen bir seçim olan Palmer merkezi Iawo ve batı Kansas'ın araştırmasına dayanarak bir kuraklığın başlamasına veya sona ermesine neden olan bir kuraklık işareti, bilimsel olarak pek mantıklı değildir. Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi aşağıdaki şekilde hesaplanarak, Kuraklığın şiddeti tabloda gösterilen kategorilere göre sınıflandırılmaktadır (Tablo 3. 5).

$$X_i = X_{i-1} + \frac{Z_i}{3} - 0.103 * X_{i-1} \quad (3.24)$$

Bu denklemde X_i , i 'nci ay için hesaplanan PDSI değeridir (Türkeş vd., 2009).

Palmer yaklaşımına göre, kuru ve ıslak koşulları sınıflandırmak için yukarıda verilen genel Palmer denklemi, kuru ya da ıslak devrelerin başlangıç ve bitişini belirlemek için PDSI, PHDI ve Palmer-ZI kategorilere ayrılmıştır.

3.4.Faktör Analizi

Veri kümesindeki bilgileri analiz etmek için istatistiksel yöntemlerden biri faktör analizidir. Bu yöntem ilk olarak istihbarat ölçülürken Karl Pearson (1901) ve Charles Spearman (1904) tarafından önerilmiştir ve incelenen değişken sayısı büyük olduğunda ve aralarındaki ilişkiler bilinmediğinde en etkili değişkenleri belirlemek için kullanılmaktadır. Faktör analizi aslında temel bileşen analizinin bir uzantısıdır. Genel olarak faktör analizinin amacı aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- a) Bir dizi gözlemlenebilir nitelik arasındaki içsel korelasyonların varlığının, gözlemlenemeyen faktörler aracılığıyla yorumlanması,
- b) Farklı grupları çok sayıda değişkeni birleştirme ve özetleme yöntemi,
- c) Çeşitli değişkenler arasında en etkili olanlar daha sık tanımlanır ve gözden geçirilmesi,

Yukarıdaki sıralamasına göre, faktör analizi kullanmanın temel amacı, veri hacmini azaltmak ve faktör analizi oluşumunu etkileyen en önemli değişkenleri belirlemektir. Faktör analizi bir veri azaltma tekniğidir, çünkü çok sayıda çakışan değişkeni daha küçük bir faktör grubuna indirmek için kullanılmaktadır. Faktör analizinin önemi için ilk olarak, sınıflandırmada önemli olan diğer niteliklerle ilişkili nitelikleri ayırmaktadır. İkincisi, Değişken sayısı arttıkça, çok değişkenli regresyon denklemi artı ve kontrol

edilemez hale gelmekte ki bu durum faktör analizi yardımı ile azaltılabilmektedir. Faktör analizi, bağımsız ve bağımlı değişkenlerin dikkate alınmadığı çok değişkenli yöntemlerden biridir. Çünkü bu yöntem birbirine bağımlı teknikler olarak kabul edilir ve tüm değişkenler birbirine bağlıdır. Faktör analizi, mevcut değişkenleri veya aynı faktörleri gözlemlenen değişkenler aracılığıyla belirlemede çok önemli bir rol oynamaktadır. Faktör, gözlenen değişkenlerin temel değerlerinin doğrusal kombinasyonu ile tahmin edilen yeni bir değişkendir. Çalışmada indislerden tek bir indis hesaplanabilirliğin test edilmesi amacıyla Açıklayıcı Faktör Analizi, güvenilirlik düzeyinin belirlenmesi için Cronbach's Alfa Katsayısı hesaplanmıştır.

Thompson'a göre faktör analizi iki ana hedef için kullanılmaktadır.

- Puanların geçerliliğini ölçmek için faktör analizi kullanılmaktadır.
- Faktör analizi, sonraki analizde kullanılan faktörler(varyans, regresyon vb.) arasındaki ilişkileri özetlemek için kullanılır (Karaman, 2015).

Faktör analizi uygulamaları

- Faktör analizinin en kullanışlı uygulamalarından biri, test hazırlamadaki verileri azaltmaktır.
- Yapı algılama, temel yapı, belirli bir kavramsal alanda tanımlanan değişkenler kümesidir.
- Anketin veya ölçeğin geçerliliği önerilen maddelerin faktörlere uyup uymadığı.

Faktör analizi için, veriler özel gereksinimlere uygun olarak toplanmalıdır.

- Verilerin yanlış ölçümü,
- En azından veriler aralıklı bir ölçekte ölçülmesi,
- Veriler doğrusal koşulları karşılamalı,
- Değişkenler yüksek veya orta düzeyde ilişkili olmalı,

3.4.1. Faktör analizi yaklaşımları iki genel kategoriye ayrılabilir

3.4.1.1. Açımlayıcı faktör analiz

Bir değişken grubu için bir model veya işletim yapısı belirtmektedir (Bandalos, 1996). Adından da bilindiği gibi, AFA araştırmacıların j'den daha az sayıda değişkeni olan gizli faktörler K üretmek için kullandıkları bir yöntemidir. Her bir veri kümesi için açımlayıcı faktör analizi kullanılmaz. Bu nedenle, bir veri kümesine AFA uygulamak için bazı koşulların karşılanması gerekmektedir.

- Veriler en azından eşit mesafede ölçülmektedir.
- Veri matrisinin AFA kullanarak çok değişkenli normalliği göstermesi gerekmez. Bununla birlikte bu, kullanılan faktör belirleme yöntemine bağlı olarak değişebilir.

Jeong (2004) Açımlayıcı Faktör Analizi her veri grubu için geçerli değildir. Bir veri kümesinde bir faktör analizi kullanmak için, verilerin faktör analizi için yeterli ve örnek yeterli olmalıdır. Verilerin faktör analizine uygun olup olmadığını anlamak amacıyla KMO ve Bartlett testi yapılmıştır. KMO katsayısı örneklemin büyüklüğünü test etmek için hesaplanırken normal dağılım koşulu Bartlett testiyle incelenmektedir. Bu kapsamda KMO testi ölçüm sonucunun 0.50 ve daha üstü, Bartlett küresellik testi sonucunun da istatistiksel olarak anlamlı olması gerekmektedir. KMO test değeri 0.6'dan büyükse ve Bartlett istatistiği% 5 düzeyinde anlamlıysa, $P < 0.05$ ise, veriler analiz için uygundur. Verilerin yanlış olup olmadığını analiz etmek için KMO testi ve Bartlett istatistiği kullanılmıştır. Faktör analizi işleminde ölçek maddelerinin faktörlere atanması ya da ölçekten çıkarılması işlemlerinde faktör yükü değerlerine bakılmıştır. Faktör analizinde, kullanılan faktörler birkaç şekilde yapılır. Bu tezde Kaiser-Meyer-Olkin İndisi (KMO), Bartlett küresellik testi ve Cronbach Alfa (α) yöntemleri kullanılmıştır.

3.4.1.1.1. KMO indisi

Araştırma değişkenlerinin sayısını daha az faktöre indirmek ve her faktörün kuraklık yönetimine katkısını belirlemek için faktör analizi kullanılmıştır. Veri analizi için KMO katsayısı kullanılmıştır. Faktör analizi sonuçlarını değerlendirmek için KMO istatistikleri kullanılmıştır ve büyük değerler modelin doğruluğunu göstermektedir.

Kaiser-Meyer-Olkin İndisi (KMO) çıkarılan verilerin tutarlılığını ölçmektedir. KMO, sorular veya değişkenler arasındaki etkileşimleri incelemekte olup öyle ki KMO 0,5'ten az ise, faktör analizin uygun olmadığını göstermektedir. KMO değeri sıfır ila bir arasındadır. Dizin değeri bire yakınsa, istenen veriler faktör analizi için uygundur. Kaiser (1974) yılında KMO değerini en az 0.60 olarak belirtmiştir. KMO değeri 0.60'tan düşük ise sonuç geçerli değildir. Uygun faktör analizi modelini bulduktan sonra her bireyin faktör puanları tahmin edilebilir. KMO ilişkisi aşağıdaki gibidir.

$$KMO = \frac{\sum_{i=j} \sum r_{ij}^2}{\sum_{i=j} \sum r_{ij}^2 + \sum_{i=j} \sum a_{ij}^2} \quad (3.25)$$

R_{ij} , i ve j değişkenleri arasındaki basit korelasyon katsayısı, a_{ij} ise aralarındaki kısmi korelasyon katsayısıdır. Tüm değişken çiftleri arasındaki kısmi korelasyon katsayılarının toplamı, korelasyon katsayılarının karelerinin toplamından küçükse, KMO'nun büyüklüğü bire yakın olacaktır. Küçük KMO değerleri, değişken çifti arasındaki korelasyonun diğer değişkenler tarafından açıklanamayacağını gösterirse, bu durumda değişkenlerin faktör analizi uygulaması doğrulanamayabilir. KMO değeri 0,50'den düşükse, veriler faktör analizi için uygun olmayacaktır ve değer 0,50 - 0,69 arasındaysa faktör analizi dikkatle ele alınabilir.

Bu faktörün yaklaşım ile 0.90 değerleri çok iyi faktör analizi sonucunu, 0.80 uygun değeri, 0.70 dengeli, 0.60 orta ve 0.50'den az faktör analizi uygunsuz olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.13. Faktör Analizi İçin Belirlenen KMO Katsayısı

KMO Değeri	Faktör Analizi İçin Verilerin Düzeyi
0.90 veya daha büyük	Mükemmel
0.80-0.89	Çok iyi
0.70-0.79	İyi
0.60-0.69	Orta
0.59-0.5	Zayıf
0.50'den küçük	Kabul edilemez

3.4.1.1.2. Bartlett küresellik testi

İzlenmesi gereken ikinci test, Bartlett küresellik testidir. Bartlett'in küresellik testi korelasyon matrisinin birim matrisi olup olmadığını test etmektedir. Diğer taraftan, verilerin faktör analizi için uygun olduğundan emin olmak için kullanılmaktadır. Bir faktör modelinin yararlı ve anlamlı olması için değişkenlerin ilişkilendirilmesi gerektirmektedir. Bartlett testi, olasılığı 0.05'ten az olduğunda anlamlıdır. Faktör analizindeki temel varsayımlardan biri değişkenler arasında korelasyon olması gerektiğidir. Değişkenler birbirinden bağımsızsa faktör analizi modeli kullanmak uygun değildir. Birim matrisinin köşegen 1 ve diğer tüm sayılar sıfırdır. Sıfır hipotezi $H_0: \rho_{ij} = 0$ 'dir. Bartlett küresellik testi bu soruları değerlendirilmektedir.

- H_0 , Bartlett'in küresellik testin reddedilirse, yani ($p \leq \alpha$), olma suratiyle faktör analizi kabul edilebilir,
- H_0 , Bartlett'in küresellik testinde ($p > \alpha$) reddedilmezse, faktör analizi yapmak için bir neden yoktur.

α , genellikle 0.05 olarak kabul edilen hata seviyesidir.

Verilerin faktör analizi için uygun olduğundan emin olmak için, temeldeki analizin korelasyon matrisi popülasyonda sıfır değildir. Bartlett küresellik testini aşağıdaki formüle göre kullanmalıdır.

$$\chi^2 = -(n - 1 - \frac{2p+5}{6}) \ln|R| \quad (3.26)$$

N, deney sayısı, p değişken sayısı ve R, korelasyon matrisinin determinantlarının mutlak değeridir. Bu istatistik $0.5P (P-1)$ serbestlik derecesine sahip bir ki-kare dağılımına sahiptir. Gözlem sayısı ile değişken sayısı arasındaki ilişkiyi inceleyerek R'deki bilgi miktarını değerlendirir ve birim matristen fark olan sıfır hipotezini reddetme hata olasılığını araştırmaktadır. Birim matrisinin köşegenleri 1 ve diğer tüm sayılar sıfırdır. Bartlett testi, gözlemlenen korelasyon matrislerinin ilişkisiz değişkenleri olan bir topluluğa ait olduğu hipotezini test etmektedir. Bir faktör modelinin yararlı ve anlamlı olması için değişkenlerin ilişkilendirilmesi gerekir, aksi takdirde faktör modelini açıklamak için bir neden yoktur. "Değişkenler birbiriyle ilişkili değil" hipotezi reddedilmezse, faktör analizi uygulaması sorgulanacaktır, bu yüzden yeniden gözden geçirilmelidir. Ki-kare, faktör analizi yapmak için minimum gereksinimleri temsil etmektedir.

3.4.1.2. Doğrulayıcı faktör analizi (DFA)

Teoriyi üreten modelden daha fazla teori test eden bir modeldir. Doğrulayıcı faktör analizinde, araştırmacı analiz etmeden önce varsayım yapmaktadır. Bu varsayım veya model, hangi boyutların ve boyutların değişkenlerle ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, bu model teorik veya deneysel temellidir.

Açımlayıcı faktör analizi ile doğrulayıcı faktör analizi arasındaki fark

- Belirsizliği(hiçbir koşula tabi) olmayan ölçüm modelleri Açımlayıcı Faktör Analizi (AFA) ve Sınırlı ölçüm modelleri Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) kullanılarak analiz edilmektedir.
- AFA'da model tanıma aşaması yoktur. Başka bir deyişle, belirli bir model için benzersiz bir parametre tahminleri kümesi yoktur. Tersine, DFA modellerinde önceden belirlenmiş olmalıdır. Bu nedenle DFA'da rotasyon adımı yoktur.
- AFA, her bir dizinin varyansının diğer dizinin varyansı ile paylaşılmadığını varsayar. Buna karşılık, söz konusu modele bağlı olarak, DFA ilgili varyansın iki indis arasında paylaşılıp paylaşılmadığını değerlendirebilir.

3.5. Faktör Yüğü

Faktör yüğü, madde ve faktörler arasındaki ilişkiyi açıklayan faktördür. Faktör yüklerinin faktörleri açıklamada yüksek olması beklenmektedir. Bir malzemenin bir yapıyı veya faktörü iyi ölçmesi için bu faktör 0,30 veya daha yüksek olmalıdır. Faktör yüğü 0.30-0.60 olan bir malzeme için orta dereceli bir yapıyı ölçtüğü ve faktör yüğü 0.60'ın üzerinde (pozitif veya negatif) bir malzeme için yüksek derecede yapıyı sahip demektir (Karaman, 2015).

3.6. Geçerlilik ve Güvenilirlik Analizi

Geçerlilik, çalışmanın sonuçlarının doğruluğunun bir ölçüsüdür ve çalışmanın ölçmek istediklerini ne ölçüde doğru bir şekilde ölçtüğünü gösterir. Geçerlilik, diğer özellikleri karıştırmadan doğru bir şekilde ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Geçerlilik, bir ölçüm aracının kullanıldığı hedef için ne derece kullanıldığından, ölçümün geçerliliği, amaca ve hata ölçüldüğü istek ve gruba bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle, geçerliliği azaltan faktörler ölçek geliştirme ve uygulama süreci ile ilgilidir. Genel olarak, geçerlilik doğrudan ölçümlerde daha yüksek ve dolaylı ölçümlerde daha düşüktür.

Ölçeklerin geçerliliği, geçerlilik katsayısı hesaplanarak belirlenmektedir. Geçerlilik katsayısı, ölçekten elde edilen değerler ile ölçeğin kullanım amacına göre belirlenen ölçütler veya ölçütler kümesi arasındaki geçerlilik katsayısıdır ve -1 ile +1 arasında bir değer ayarlatmaktadır. Geçerlilik katsayısı ne kadar yüksek olursa, ölçek hedefe o kadar iyi yardımcı olmaktadır. Düşük geçerlilik katsayısı, sadece ölçekten elde edilen değerler ile ölçüt değerleri arasındaki ilişkideki zayıflıktan değil, aynı zamanda elde edilen değerlerin belirsizliğinden de kaynaklanmaktadır. Güvenilir bir ölçek her zaman geçerli olmayabilir. Bu nedenle geçerlilik ve güvenilirlik katsayıları birlikte düşünülmelidir (Karakoç ve Dönmez, 2014). Güvenilirlik, sonuçların zaman içindeki tutarlılığının ve tekrarlanabilir olmasının bir ölçüsüdür; bu, normal Cronbach Alfa yöntemine ek olarak diğer yöntemlerle ölçülebilir. Geçerlilik, sonuçların doğruluğunun bir ölçüsüdür ve çeşitli boyutlara sahiptir. Bu nedenle araştırmacıların ve uygulayıcıların doğru sonuçları ve istatistikleri sunma konusundaki güvenilir ölçümleri kullanılarak elde edilebilir.

3.6.1. Güvenilirlik analizi

Güvenilirlik, sonuçların tekrarlanabilirliği ve ölçülen aynı yöntemi kullanarak belirli bir süre boyunca ve aynı koşullar altında sonuçların homojenlik derecesidir. Başka bir deyişle, güvenilirliğin üç farklı bölümden oluştuğu söylenebilmektedir. Kararlılık, yani test tekrarlanırsa benzer veriler için aynı sonuçların elde edilmesi, denge, aynı test aynı sonuçları elde etmek için farklı araştırmacılar tarafından kullanıldığında elde edilmesi ve homojenlik, kullanılan testin tüm bölümlerinin iç tutarlılığa sahip olduğunun bir göstergesidir. Bu nedenle, homojenliği belirlemek için, veri toplama yönteminde veriler üzerinde belirli bir şekilde farklı kavramların bir dizi farklı tanımı test edilir ve sonuçlar güçlü bir şekilde ilişkilendirilmelidir.

Başka bir deyişle bir ölçüm cihazının güvenilirliği, cihazın istenen değişkenini sürekli olarak ölçme derecesidir veya ölçüm sonuçları hatasızdır. Bu, ölçüm cihazına benzer koşullar altında tekrarlanan ölçümlerde ölçülen değerlerin sürdürülebilirliği göstermektedir. Güvenilirlik yalnız ölçüm cihazının özelliği değil, aynı zamanda ölçüm cihazının özgüllüğü ve cihazın sonuçlarına ilişkindir. Bu nedenle, bir test veya ölçüm cihazının güvenilirliği uygun olmayan bir tanımlamadır ve ölçüm güvenilirliği olarak adlandırmak daha uygundur (Karakoç ve Dönmez, 2014). Bu tezde kullanılan bir diğer yaklaşım, güvenilirlik problemini çözmek için kullanılan Cronbach Alfa katsayısıdır. Bu yöntem, çoğu çalışmada kullanılan en yaygın iç tutarlılık güvenilirlik katsayısıdır. İç tutarlılığın kararlılığını belirlemek için alfa katsayısının hesaplanması gereklidir. Genel olarak, bir araçla ilgili sorular doğru ve yanlış olarak derecelendirildiğinde Cronbach Alfa Katsayısı yararlıdır.

3.6.2. Geçerlilik ve güvenilirlik ilişkisi

Ölçümlerin geçerliliği ve güvenilirliği, ölçümlerin doğruluğunu belirlemede temel ölçütlerdir. Güvenilirlik rastgele hata ile ilişkilidir ve geçerlilik düzenli hata ile ilişkilidir. Bu nedenle numune boyutu arttıkça rastgele hatayı azaltabilir ve cihazın güvenilirliğini artırabilir ve böylece ölçüm doğruluğunu etkileyebilir. Ancak, geçerliliğin artırılmasının araç kullanımını gerektirdiğine dikkat edilmelidir. Başka bir deyişle, geçerlilik ölçümün doğruluğunu göstermektedir. Güvenilirliğin geçerlilik için bir ön koşul olduğunu unutulmamalıdır. Yani, eğer bir önlem güvenilir değilse, bir

olayının gerçek değerini temsil edemeyecektir. Bu nedenle, araçları doğrularken güvenilirlik doğrulandıktan sonra geçerlilik değerlendirilmelidir. Bir testin geçerlilik koşulu onun güvenilirliğidir fakat yeterli değildir ve bir testin geçerli olması için güvenirlik olmalıdır. Ancak genel olarak, geçerlilik ve güvenilirlik ayrılmazdır. Güvenilirlik artarsa doğal olarak geçerlilik de aratmaktadır(Beigi vd., 2014).

- ❖ Geçerlilik, güvenilirlik için yeterli bir koşuldur(geçerli olan her Şey güvenilir olmalıdır),
- ❖ Geçerlilik için güvenilirlik bir ön koşuldur (dolayısıyla güvenilir bir boyut geçerli olmayabilir),

Güvenilirlik kavramı Őeyle zetlenir

- Tutarlılık, bir ölüm cihazındaki soruların tüm testle uyumluluğu,
- Kararlılık, aynı sonuçları aynı ölüm aracını farklı zamanlarda aynı sonuçların tekrar elde edilmesi,
- Hassasiyet, sonuçların byklğu veya birimiyle ilgilidir. Birim aralığı kkse, ölüm daha hassastır (Ercan ve Kan, 2004).

3.6.3.Cronbach alfa katsayısı

Cronbach Alfa, ilk olarak Amerikalı psikolog Lee Cronbach tarafından 1951 yılında sıfır ve bir arasında değerler alarak eğitim ve psikolojik testlerin güvenilirliğini belirlemek için geliştirilmiştir. Güvenilirlik analizi için kullanılan temel analiz Cronbach alfa (α) katsayısıdır. Cronbach alfa katsayısını kullanma yöntemi, iç tutarlılığa vurgu yaparak bir anketin veya testin güvenilirliğini belirlemek için kullanılabilir. Bir verinin kullanılabilmesi için önce iç tutarlılığı belirtilmelidir. Bu yöntemde, test güvenilirliğini ölçmek için veri bileşenleri veya segmentleri kullanılmaktadır. Dolayısıyla verilerin güvenilirliğini değerlendirmek için Cronbach alfa testi uygulanmıştır. Güvenirlik, bir aracın sürekli ölüm yapma yeteneğini ifade etmektedir. Tüm sorular için elde edilen α değeri, anketin toplam güvenilirliğini gösterir ve 0,6'dan büyük olması beklenir; daha düşük α değerleri güvenilirliğin zayıf olduğunu göstermektedir. Bu araştırmada verilerin güvenilirliğini belirlemek için ön test yapılmış ve hesaplanan Cronbach Alfa değerleri veriler için uygun bulunmuştur. Veriler SPSS

programını kullanarak analiz edilmiştir. Verilerin analizinde Cronbach Alfa kullanılmıştır. Cronbach Alfa Katsayısı ölçeğin güvenilirlik düzeyini vermektedir. Alfa katsayısı 0 ile 1 arasında değişmektedir. Alfa (α) katsayısına bağlı olarak ölçeğin güvenilirliği şu şekilde yorumlanmaktadır (Nunnally, 1967).

- $0.00 \leq \alpha < 0.40$ güvenilirmez,
- $0.40 \leq \alpha < 0.60$ ise güvenilirliği düşüktür,
- $0.60 \leq \alpha < 0.80$ Ölçek oldukça güvenilir,
- $0.80 \leq \alpha < 1.00$ çok güvenilirdir,

Cronbach Alfa hesaplanmasında farklı yöntemler vardır:

- ❖ Varyans yöntemi,
- ❖ Tüm madde ve maddeleri bulma yaklaşımı,
- ❖ Maddeler arasındaki kovaryans değerleri ve korelasyon katsayıları elde etme yöntemi.

Alfa katsayısı farklı formüllerden hesaplanabilse de, Cronbach tarafından kullanılan en genel formül ilk olarak aşağıdaki gibi sunulmuştur.

$$\alpha = \left(\frac{1}{k-1} \right) \left(\frac{S_{toplamlam}^2 - \sum_{i=1}^k S_i^2}{S_{toplamlam}^2} \right) \quad (3.27)$$

k: madde sayısı, S_i^2 : her bir madde varyansı, $S_{toplamlam}^2$: bütün maddelerin toplam varyansı (Yıldız ve Uzunsakal, 2018).

3.7.İndisler Arasındaki Korelasyon Katsayısı

Korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki ilişkisini belirlemek için kullanılan kriterlerden biridir. Korelasyon katsayısı ilişkinin şiddetini ve ilişki türünü (doğrudan veya ters) göstermektedir. Kuraklık indisleri arasındaki ilişkiyi araştırmak için korelasyon katsayısı kullanılmıştır. X ve y indisleri arasındaki korelasyon katsayısı (r), Excel bilgisayar programı tarafından aşağıdaki ilişkiden hesaplanmıştır.

$$R = \frac{\sum(X-x_i)(Y-y_i)}{\sqrt{\sum(X-x_i)^2 \sum(Y-y_i)^2}} \quad (3.28)$$

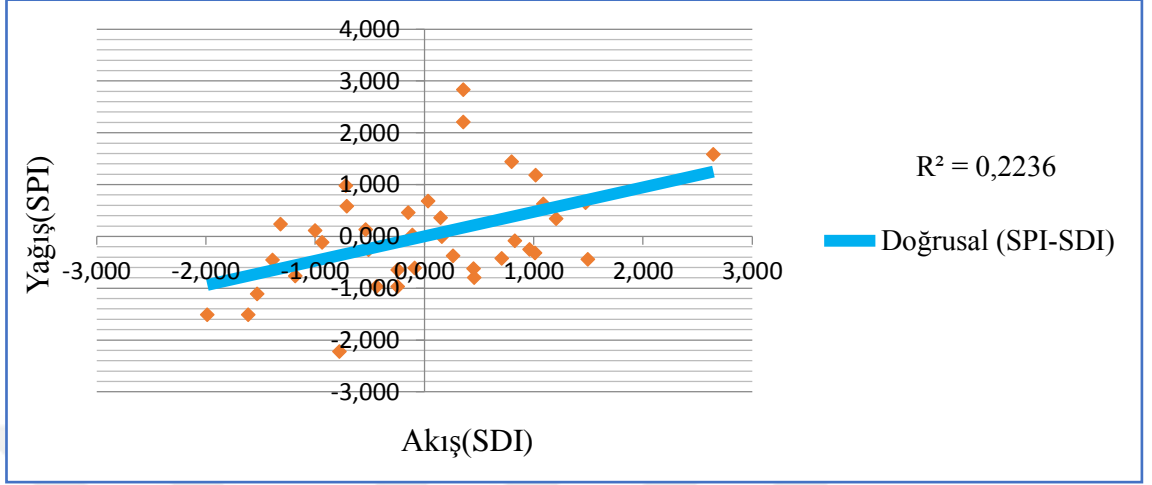
Korelasyon katsayısının değeri +1 ile -1 arasında değişmektedir. Bu çalışmada, korelasyon metodunu kullanarak sistemlerin birbirine bağımlı olup olmadığını analiz etmek için SPI, PNI, SDI, RDI ve AI yöntemleri kullanılmıştır.

Tablo 3.14. Erzincan İstasyonunda Meteorolojik ve Hidrolojik Kuraklık Ölçümleri İçin R Katsayıları Sonuçları

İstasyon Adı	Erzincan'da (r) Değeri	Bayburt'ta (r) Değeri	Gümüşhane'de (r) Değeri
SPI-PNI	1.000	1.000	1.000
SPI-SDI	0.473	0.612	0.571
PNI-SDI	0.473	0.612	0.571
SPI-RDI	0.943	0.941	0.952
SPI-AI	0.952	0.940	0.958
SDI-RDI	0.484	0.697	0.625
SDI-AI	0.467	0.696	0.633
PNI-RDI	0.942	0.941	0.951
PNI-AI	0.952	0.943	0.958
RDI-AI	0.989	0.994	0.987

Elde edilen sonuçları göre, SPI-RDI, SPI-AI, PNI-RDI, PNI-AI, RDI-AI ve SPI-PNI'nin çalışılan tüm istasyonlarda birbirleriyle oldukça korele olduğunu göstermektedir (Tablo 3.14). Fakat yukarıdaki korelasyon katsayılarına göre yağış ve akış indilerinin arasında orta veya zayıf düzeyde korelasyon görülmüştür. Örneğin: Erzincan istasyonunda indis çiftlerinin (SPI-SDI, PNI-SDI, RDI-SDI ve SDI-AI) arasında zayıf bir korelasyon görülmektedir. Bayburt istasyonunda, ise SPI-SDI, PNI-SDI, SDI-RDI ve SDI-AI sistemler arasında orta seviyede bir ilişki görülmüştür. Aynı şekil Gümüşhane istasyonuna bakıldığı zaman SPI-SDI, PNI-SDI, SDI-RDI ve SDI-AI arasında orta düzey korelasyona sahiptir. Tipik olarak, Erzincan istasyonundaki meteorolojik ve hidrolojik kuraklık indisleri için istatistiksel korelasyon katsayılarının sonuçları Tablo 3.14'de sunulmaktadır. Ayrıca, tipik olarak, iki indis SPI ve SDI'nin korelasyonu Şekil

3.2'de gösterilmektedir. Çok sayıda Şekil ve rakam nedeniyle, değer indislerin ilişkisi ve şekilleri Ek-2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Erzincan İstasyondaki İstatistiksel Dönemde Standart Yağış İndisinin (SPI) ve Standart Akış İndis (SDI) ile Doğrusal Korelasyonu

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Standartlaştırılmış İndis Metotları ile Hidrolojik ve Meteorolojik Kuraklık Analiz Yöntemleri

Bu çalışmanın ana konusu hidrolojik, meteorolojik kuraklık ve standartlaştırılmış indisleri ile analiz yöntemleridir. Bu çalışma Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde Erzincan, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Gümüşhane ve Doğu Anadolu Bölgesi ile Karadeniz arasında yer alan Bayburt merkezlerinde gerçekleştirilmiştir. Yağış ve akış verilerin 1978 - 2015'e kadar Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) ve Devlet Su İşleri'nden (DSİ) alınmıştır. Bu yağış ve akış verilerini değerlendirmek için beş farklı standartlaştırılmış (SPI, PNI, SDI, RDI ve AI) indisler yaklaşımı ile analiz yapılmıştır. Yıllık yağış, sıcaklık ve akış verilerini kullanarak, sulak alanları, kuraklıkları ve su yıllarını değerlendirmek için farklı indisler kullanılmıştır.

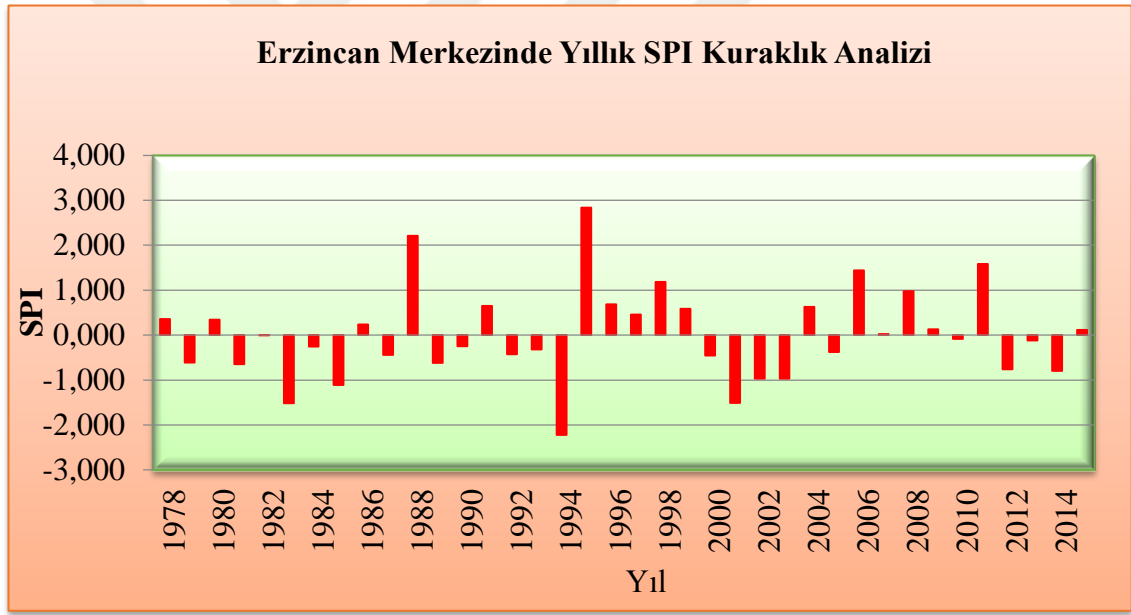
Bu tez çalışmasının analizinde meteorolojik ve hidrolojik kuraklık indislerine taban olarak Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI), Normalin Yüzdesi İndisi (PNI), Yüzey Akışı Kuraklık İndisi (SDI), Keşif Kuraklık İndisi (RDI) ve Aridite İndisi (AI) yöntemleri kullanılmış olup değerlendirilmiştir. Bu analiz için kullanılan ana girdi meteorolojik verilerdir. Çalışmada kullanılan istasyonların 1978 – 2015 yılları arasındaki bütün yıllar için SPI, PNI, SDI, RDI ve AI değerleri hesaplanmıştır.

Bu tezin ana konusu hidrolojik kuraklık, meteorolojik kuraklık ve analiz yöntemleridir. Literatüre müteakip çalışma alanı olarak Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane seçilmiştir. Hidrolojik ve meteorolojik kuraklık indislerinin sınıflandırılmasından sonra çalışma alanı, çalışma maksadına ve verilere göre hidrolojik ve meteorolojik kuraklık analizinde kullanılmak üzere hidrolojik ve meteorolojik kuraklık indisleri (SPI, PNI, SDI, RDI ve AI) ile belirlenerek tarafımdan analiz yapılmıştır.

4.2. Erzincan İl Merkezinde SPI ile Kuraklık Değerlendirmesi

Erzincan il merkezinde SPI indisi değerlendirildiği zaman en uzun süreli kesintisiz negatif değer (kuraklık), 2001 - 2003 (3yıl), yılları arasında toplam 3 yıl art arda kurak dönem yaşanmıştır.

Normal ve civarı geçen yıl sayısı SPI’de 27 yıl olarak gerçekleşmiştir. SPI sisteminde olağanüstü nemli geçen yıl sayısı (iki yıl) 1988’da 1995’te olağanüstü nemli yaşanmış olup, “olağanüstü kurak” sınıfı ise (bir yıl) 1984’te gerçekleşmiştir. En çok tekrar eden sınıfı (SPI) sisteminde normal civarı olarak görülmektedir. İkinci oluşum numarası en yüksek olan sınıfı ise SPI sisteminde hafif kurak sınıfı gerçekleşmiş olup, tam olarak 5 yıl kurak dönem yaşanmıştır. Sistemde üçüncü tekerrür sayısı en yüksek olan SPI’de orta kurak sınıfı 3 yıl sürülmüştür. Bölgede şiddetli kurak sınıfı 2 yıl gerçekleşmiş olup, çok şiddetli kurak sınıfı ise hiç görülmemiştir. SPI’de 4 yıl hafif nemli sınıfı gerçekleşirken aynı zamanda 2yıl orta nemli sınıfı yaşanmıştır. Çok nemli sınıfı ise SPI’de 2 yıl yaşanmış olmuştur. SPI’de aşırı nemli sınıfı, gerçekleşmemiştir. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI), kuraklık indisinin genel özellikleri aşağıdaki şekilde analiz edilmiştir.

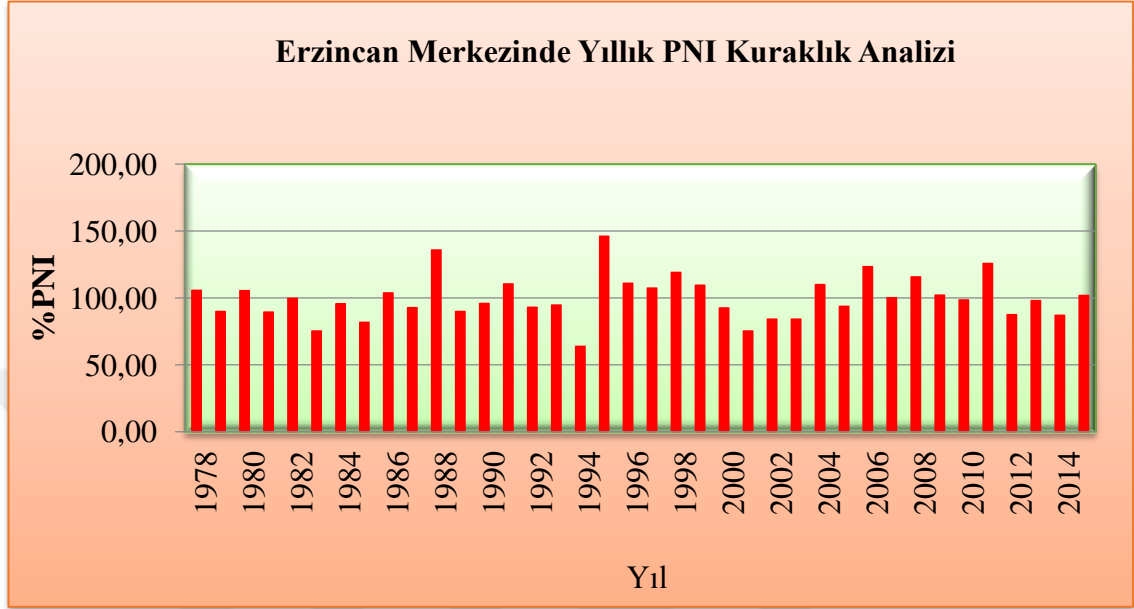


Şekil 4.1. Erzincan Merkezinde Yıllık SPI Kuraklık Analizi

4.3. Erzincan İl Merkezinde PNI ile Kuraklık Değerlendirmesi

Erzincan il merkezinde PNI indisi değerlendirildiği zaman en uzun süreli kesintisiz negatif değer (kuraklık) dönem görülmemiştir. Normal ve üzeri geçen yıl sayısı PNI’de 32 yıl olarak gerçekleşmiştir. PNI sisteminde olağanüstü nemli geçen yıl sayısı (bir yıl) 1995’te olağanüstü nemli yaşanmış olup, “olağanüstü kurak” sınıfı ise hiç gerçekleşmemiştir. En çok tekrar eden sınıfı (PNI) sisteminde normal ve üzeri olarak

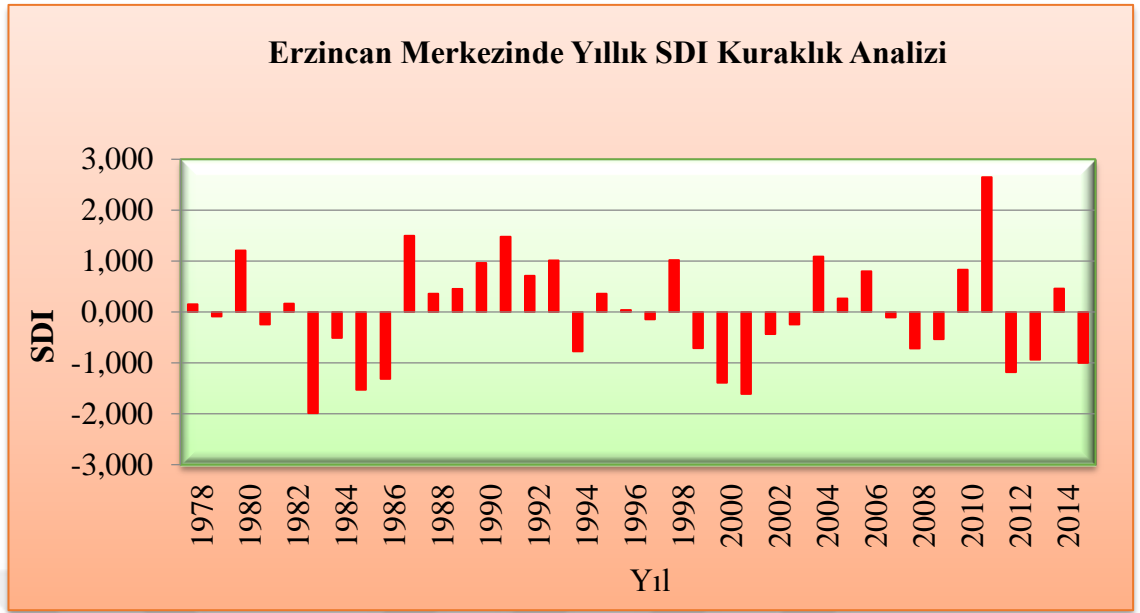
görülmektedir. İkinci oluşum numarası en yüksek olan sınıfı ise PNI sisteminde, 5 yıl hafif kurak sınıfı yaşanmıştır. Sistemde orta şiddette kurak hiç görülmemiştir. Bölgede PNI sisteminde 1 yıl şiddetli kurak sınıfı gerçekleşmiştir.



Şekil 4.2. Erzincan Merkezinde Yıllık PNI Kuraklık Analizi

4.4. Erzincan İl Merkezinde SDI ile Kuraklık Değerlendirmesi

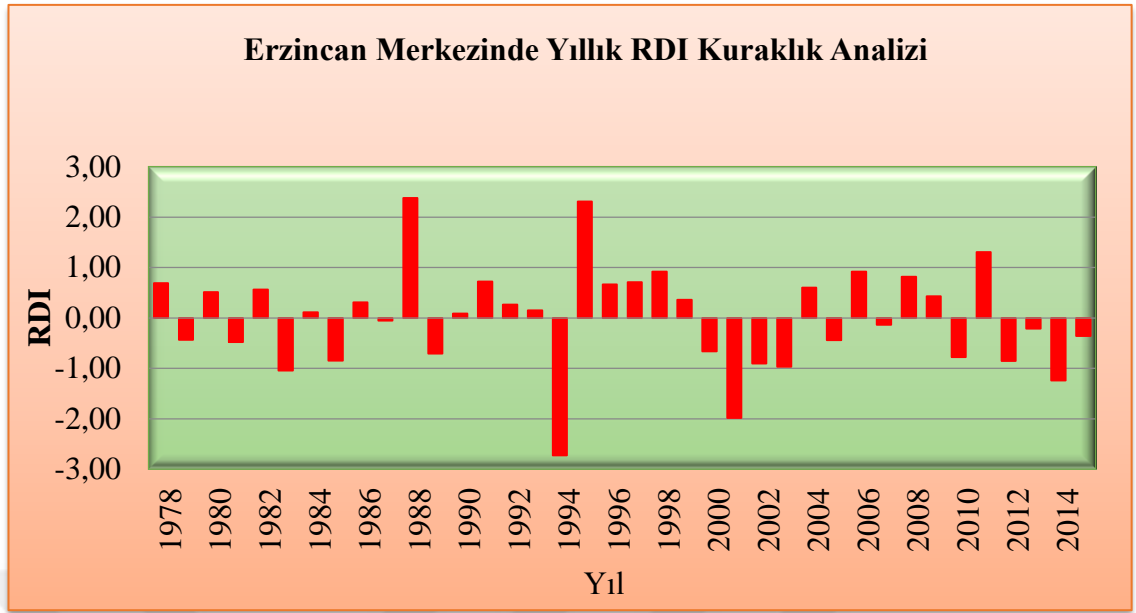
Erzincan il merkezinde SDI indisi değerlendirmesinde en uzun süreli, kesintisiz negatif değer (kuraklık), 1983 – 1986 (4yıl), 1999 – 2003 (5yıl) ve 2007 – 2009 (3yıl) yılları arasında toplam 12 yıl kurak dönemi görülmüştür. SDI sisteminde normal ve civarı geçen yıl sayısı 19 yıl olarak görülmüştür. SDI sisteminde aşırı nemli geçen yıl sayısı (bir yıl) 2011’de gerçekleşmiştir. En çok tekrar eden sınıfı SDI sisteminde eşit şekilde normal civarı ve kurak olarak tekerrür etmiştir. İkinci oluşum numarası en yüksek olan sınıfı ise hafif kurak- hafif nemli sınıfı gerçekleşmiş olup, 12 yıl kurak dönem yaşanmıştır. Sistemde üçüncü tekerrür sayısı en yüksek olan SDI’de orta nemli sınıfı 6 yıl, sürülmüştür. Bölgede, SDI sisteminde 3 yıl şiddetli kurak yaşanmıştır. Aşırı kurak sınıfı ise hiç görülmemiştir. SDI’de orta kurak sınıfı ise 3 yıl olmuştur. Aynı zamanda SDI’de 6 yıl orta nemli gerçekleşmiştir. Şiddetli nemli sınıfı ise SDI’de hiç yaşanmamıştır. SDI’de bir yıl yaşanan sınıfı aşırı nemli sınıfı, gerçekleşmiştir.



Şekil 4.3. Erzincan Merkezinde Yıllık SDI Kuraklık Analizi

4.5. Erzincan İl Merkezinde RDI ile Kuraklık Değerlendirmesi

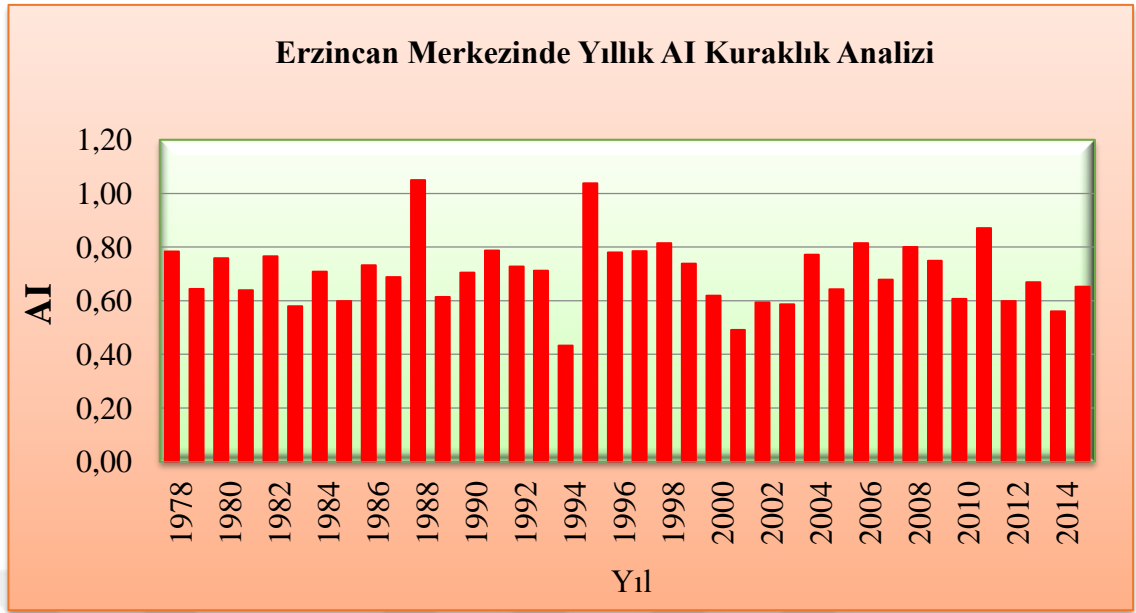
Erzincan il merkezinde RDI indisi değerlendirmesinde en uzun süreli, kesintisiz negatif değer (kuraklık), art arda kurak dönem görülmemiştir. RDI sisteminde normal ve civarı geçen yıl sayısı 34 yıl olarak görülmüştür. RDI sisteminde aşırı nemli geçen yıl sayısı 2 yıl, 1985 - 1986 ve 1988 - 1989 arasında gerçekleşmiştir. En çok tekrar eden sınıfı RDI sisteminde normal civarı olarak tekerrür etmiştir. İkinci oluşum numarası en yüksek olan sınıfı ise hafif kurak sınıfı gerçekleşmiş olup, 2 yıl yaşanmıştır. Sistemde birer yıl şiddetli kurak ve aşırı kurak sınıfı yaşanmıştır.



Şekil 4.4. Erzincan Merkezinde Yıllık RDI Kuraklık Analizi

4.6. Erzincan İl Merkezinde AI ile Kuraklık Değerlendirmesi

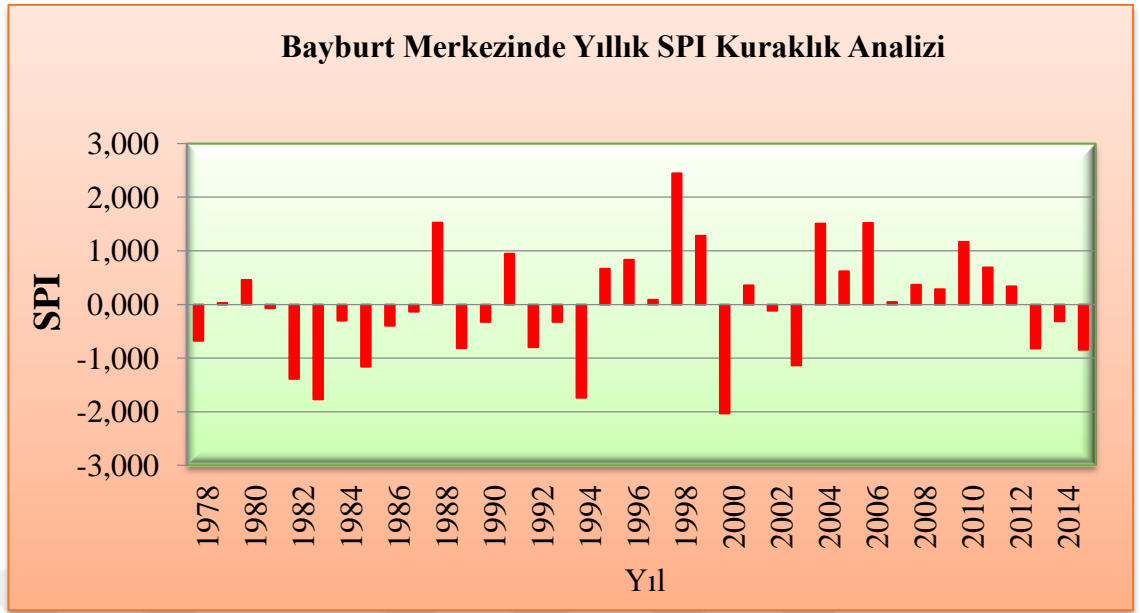
Erzincan il merkezinde AI indisi değerlendirmesinde en uzun süreli, kesintisiz negatif değer (kuraklık), 2000 – 2003 (4yıl) yılları arasında kurak dönemi görülmüştür. AI sisteminde normal ve civarı geçen yıl sayısı 24 yıl olarak görülmüştür. AI sisteminde aşırı nemli geçen yıl sayısı gerçekleşmemiştir. En çok tekrar eden sınıfı AI sisteminde nemlice yarı nemli ve kurakça yarı nemli 18 ve 12 yıl olarak tekerrür etmiştir. İkinci oluşum numarası en yüksek olan sınıfı ise yarı nemli sınıfı gerçekleşmiş olup, 4 yıl nemli dönem yaşanmıştır. Sistemde üçüncü tekerrür sayısı ise (nemli ve çok nemli) ve yarı kurak sınıfı ikişer yıl sürmüştür.



Şekil 4.5. Erzincan Merkezinde Yıllık AI Kuraklık Analizi

4.7. Bayburt İl Merkezinde SPI ile Kuraklık Değerlendirmesi

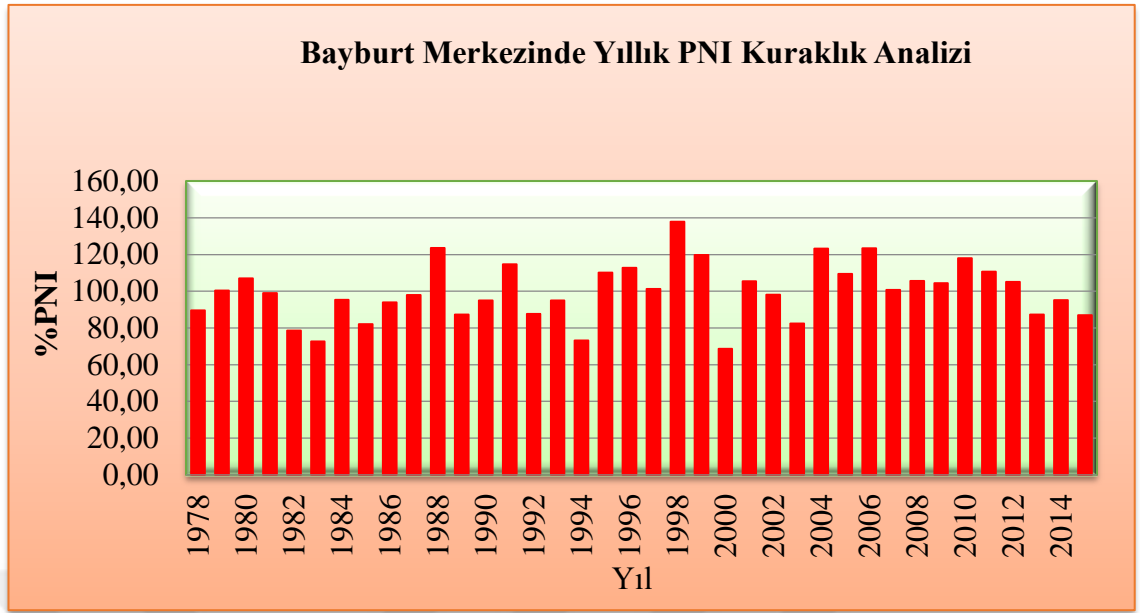
Bayburt'ta SPI indisi karşılaştırıldığı zaman en uzun ve sürekli negatif değer (kuraklık), 1982 - 1983 yılları arasında SPI sisteminde 2 yıl art arda kurak dönemi yaşanmıştır. Analiz edilen 1978 - 2015 döneminde görülen en yüksek değer SPI'de 1998 yılında 2.445 olup, en düşük değerler ise 2000 yılında SPI'de -2.030 olarak tespit edilmiştir. Normal ve civarı geçen yıl sayısı SPI'da 27 yıl olarak gerçekleşmiştir. En çok tekrarlayan sınıf normal civarı olarak görülmektedir. İkinci oluşum numarası en yüksek olan sınıfı SPI'de 5 yıl 'orta kurak' sürmüştür. Bayburt'ta SPI sisteminde olağanüstü nemli ve olağanüstü kurak birer yıl 1998'da ve 2000'da gerçekleşmiştir. En düşük kuraklık derecesi bir yıl boyunca SPI'de şiddetli kurak gerçekleşmiştir. SPI'da 2 yıl hafif kurak, 2 yıl çok şiddetli kurak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.6. Bayburt Merkezinde Yıllık SPI Kuraklık Analizi

4.8. Bayburt İl Merkezinde PNI ile Kuraklık Değerlendirmesi

Bayburt'ta PNI indisleri karşılaştırıldığı zaman en uzun süreli kesintisiz negatif değer (kuraklık), kurak dönem görülmemiştir. Analiz edilen PNI sisteminde en yüksek değer 1998 yılında 137,90 olup, en düşük değerler ise 2000 yılında 68.63 olarak tespit edilmiştir. En tekrarlayan sınıf normal ve üzeri olarak görülmektedir. İkinci en yüksek tekrarlanma oranına sahip olan PNI'de 3 yıl hafif kurak sürülmüştür. En düşük kuraklık sınıfı ise orta şiddetli kurak 2 yıl gerçekleşmiştir. PNI'da şiddetli kurak yaşanmamıştır.

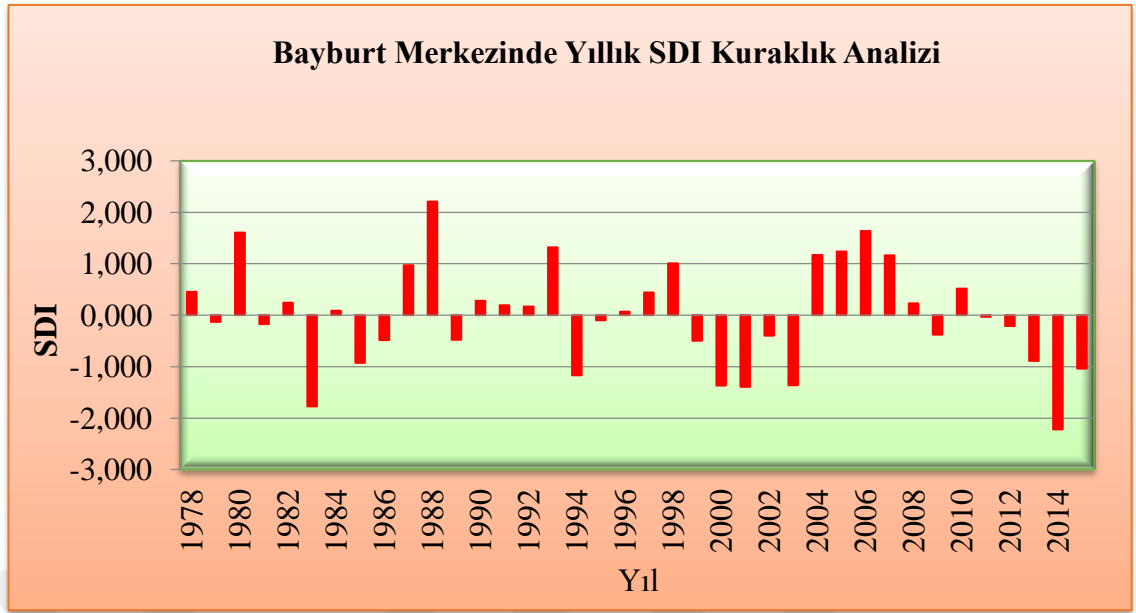


Şekil 4.7. Bayburt Merkezinde Yıllık PNI Kuraklık Analizi

4.9. Bayburt İl Merkezinde SDI ile Kuraklık Değerlendirmesi

Bayburt'ta SDI indisi karşılaştırıldığı zaman en uzun süreli kesintisiz negatif değer (kuraklık), 1999 - 2003 (5yıl) ve 2011 – 2015 (5yıl) yılları arasında toplam 10 yıl kurak dönemi görülmüştür.

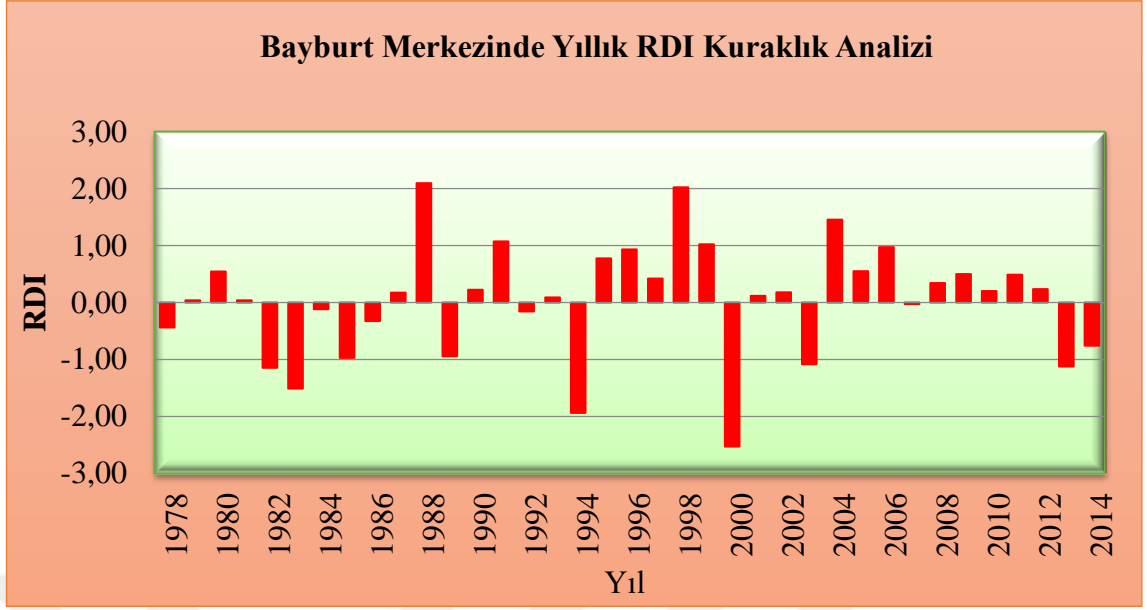
Analiz edilen 1978 - 2015 döneminde görülen en yüksek değer SDI'de 1988 yılında 2.211 olup, en düşük değerler ise 2014 yılında -2.222 olarak tespit edilmiştir. Normal ve civarı geçen yıl sayısı SDI'da 19 yıl olarak gerçekleşmiştir En çok tekrarlayan sınıf normal civarı olarak görülmektedir. SDI'daki ikinci tekrar sayısı 12 yıl boyunca hafif kurak bir sınıfı olmuştur. Bayburt'ta SDI sisteminin bir yılı aşırı nemli ve bir yıl aşırı kurak dönem geçmiştir. En düşük kuraklık sınıfı ise SDI'de şiddetli kurak ve aşırı kurak birer yıl gerçekleşmiştir. Orta kurak sınıfı ise 5 yıl sürülmüştür.



Şekil 4.8. Bayburt Merkezinde Yıllık SDI Kuraklık Analizi

4.10. Bayburt İl Merkezinde RDI ile Kuraklık Değerlendirmesi

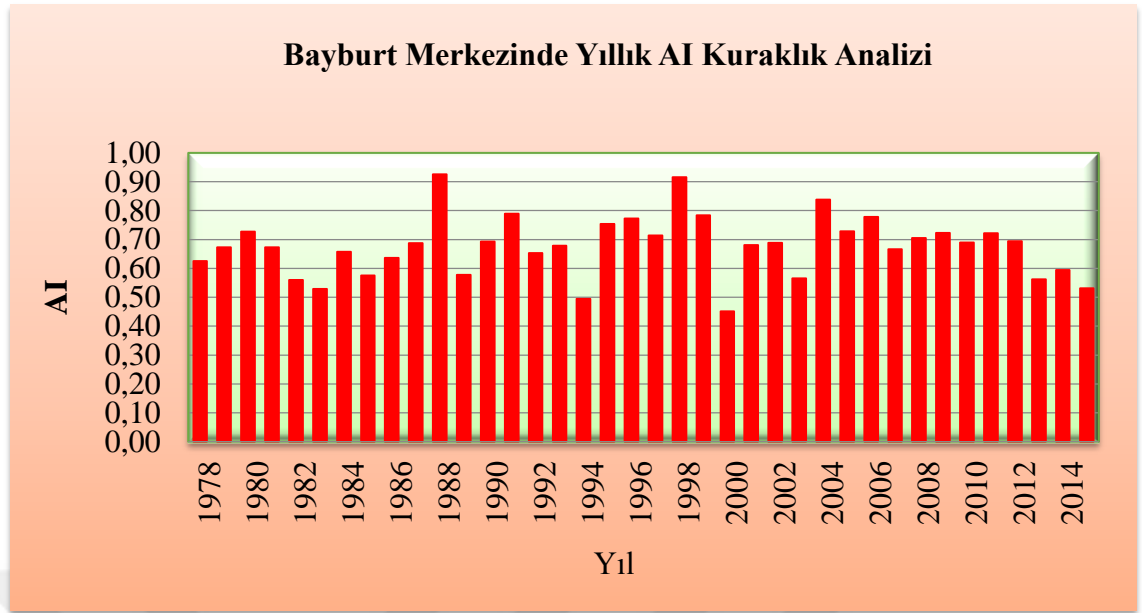
Bayburt il merkezinde RDI indisi değerlendirmesinde en uzun süreli, kesintisiz negatif değer (kuraklık), 1982 -1983 (2yıl) yılları arasında toplam 2 yıl kurak dönemi görülmüştür. RDI sisteminde normal ve civarı geçen yıl sayısı 31 yıl olarak görülmüştür. RDI sisteminde aşırı nemli geçen yıl sayısı (2yıl) 1988 - 1989 ve 1998 - 1999 arasında gerçekleşmiştir. En çok tekrar eden sınıfı RDI sisteminde normal civarı olarak tekerrür etmiştir. İkinci oluşum numarası en yüksek olan sınıfı ise hafif kurak-hafif nemli sınıfı gerçekleşmiş olup, 4 ve 3 yıl olarak yaşanmıştır. Sistemde ikişer yıl şiddetli kurak ve aşırı nemli yaşanırken bir yılaşırı kurak sınıfı görülmüştür.



Şekil 4.9. Bayburt Merkezinde Yıllık RDI Kuraklık Analizi

4.11. Bayburt İl Merkezinde AI ile Kuraklık Değerlendirmesi

Bayburt il merkezinde AI indisi değerlendirmesinde en uzun süreli, kesintisiz negatif değer (kuraklık), 2013 – 2015 (3yıl) yılları arasında kurak dönemi görülmüştür. AI sisteminde normal ve civarı geçen yıl sayısı 26 yıl olarak görülmüştür. AI sisteminde aşırı nemli ve (nemli ve çok nemli) geçen yıl sayısı gerçekleşmemiştir. En çok tekrar eden sınıfı AI sisteminde nemlice yarı nemli ve kurakça yarı nemli 23 ve 10 yıl olarak tekerrür etmiştir. İkinci oluşum numarası en yüksek olan sınıfı ise yarı nemli sınıfı gerçekleşmiş olup, 3 yıl nemli dönem yaşanmıştır. Sistemde üçüncü tekerrür sayısı ise yarı kurak sınıfı, 2 yıl sürülmüştür.

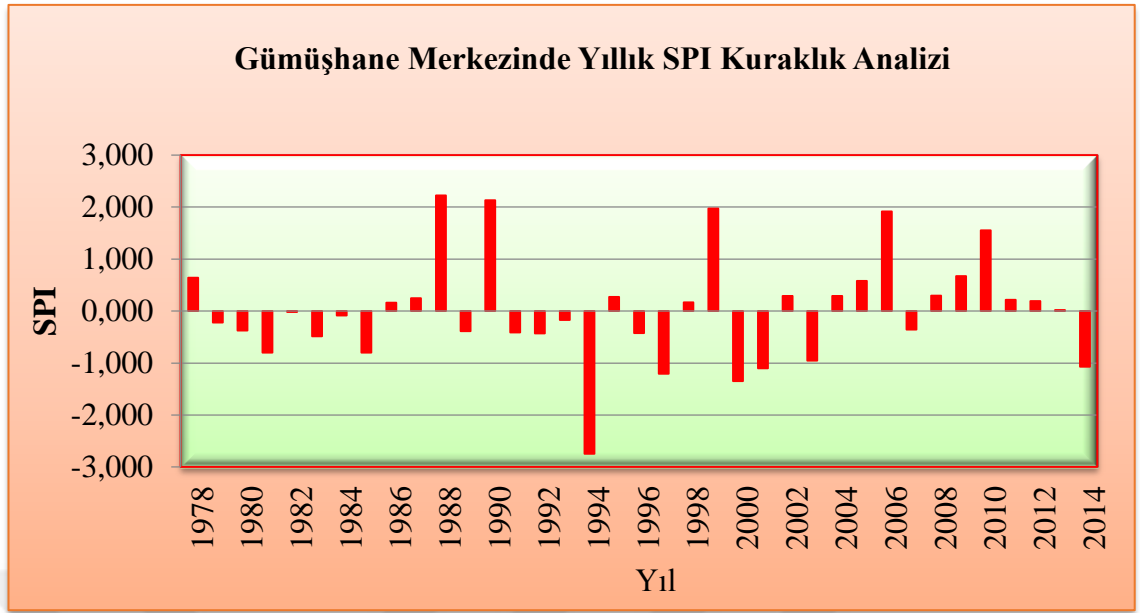


Şekil 4.10. Bayburt Merkezinde Yıllık AI Kuraklık Analizi

4.12. Gümüşhane İl Merkezinde SPI ile Kuraklık Analizi ve Değerlendirmesi

Gümüşhane’de SPI, indisi incelendiği zaman en uzun sürekli negatif değer (kuraklık), 2000 - 2001 yılları arasında toplam 2 yıl art arda kurak dönemi görülmüştür.

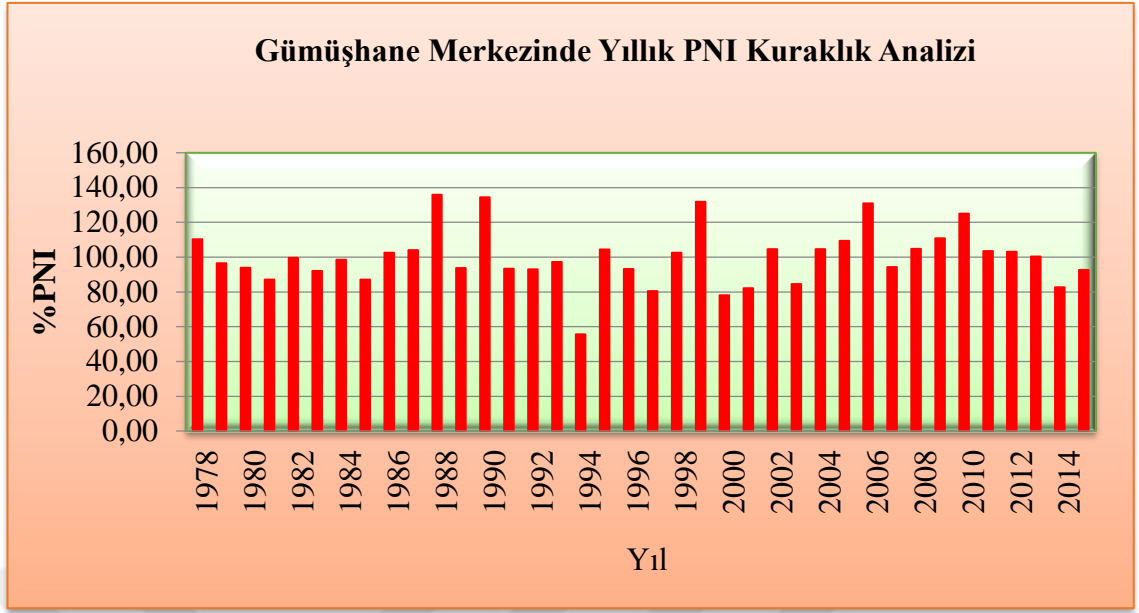
Analiz edilen 1978 - 2015 döneminde görülen en yüksek değer SPI’de 1988 yılında 2.226 olup, en düşük değer ise 1994 yılında SPI’de -2.744 olarak tespit edilmiştir. SPI sisteminde en sık görülen sınıf normal ve üzeri gözlenmiştir. İkinci oluşum numarası en yüksek olan sınıfı SPI’de orta kurak olmuştur. En düşük görülen kuraklık sınıfı ise olağanüstü kurak, şiddetli kurak ve çok nemli sınıfı olup, birer yıl olarak gerçekleşmiştir. İl genelinde olağanüstü kurak geçen yıl 1994’te bir yıl olmuştur. Orta kurak sınıfı ise SPI’da 4 yıl ve hafif kurak 2 yıl görülmüştür. Çok şiddetli kurak ve orta nemli dönem hiç yaşanmamıştır.



Şekil 4.11. Gümüşhane Merkezinde Yıllık SPI Kuraklık Analizi

4.13. Gümüşhane İl Merkezinde PNI ile Kuraklık Analizi ve Değerlendirmesi

Gümüşhane’de PNI indisi karşılaştırıldığı zaman en uzun süreli kesintisiz negatif değer (kuraklık) dönem görülmemiştir. Analiz edilen 1978 - 2015 döneminde görülen en yüksek değer 1988 yılında 135.98 olup, en düşük değerler ise PNI’de 1994’te 55.64 olarak tespit edilmiştir. PNI sisteminde en tekrarlayan sınıf normal civarı olarak görülmektedir. İkinci oluşum numarası en yüksek olan sınıfı PNI’de 5 yıl hafif Kurak dönem sürülmüştür. En düşük kuraklık seviyesi şiddetli kurak sınıfı olup PNI’de bir yıl 1994’te gerçekleşmiştir. İl bazında olağanüstü kurak geçen yıl olmamıştır. Orta şiddet kurak sınıfı ise PNI’da hiç görülmemiştir.

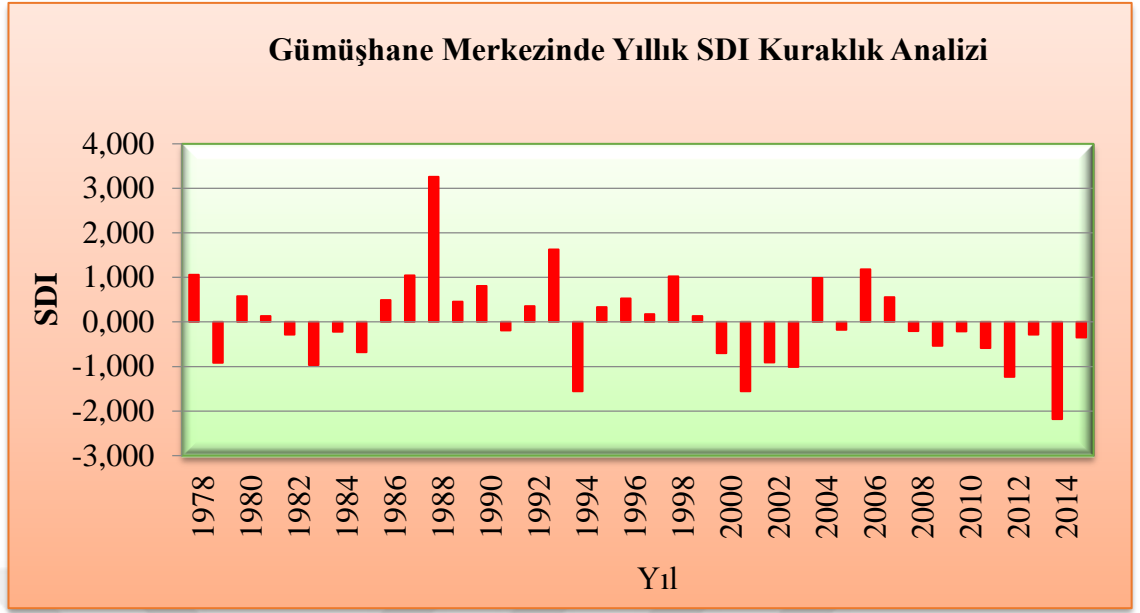


Şekil 4.12. Gümüşhane Merkezinde Yıllık PNI Kuraklık Analizi

4.14. Gümüşhane İl Merkezinde SDI ile Kuraklık Analizi ve Değerlendirmesi

Gümüşhane’de SDI indisi incelendiği zaman en uzun süreli kesintisiz negatif değer (kuraklık), SDI’de 1982 – 1985 (4 yıl), 2000 - 2003 (4 yıl) ve 2008 - 2015 (8 yıl) yılları arasında toplam 16 yıl kurak dönem görülmüştür. Analiz edilen 1978 - 2015 döneminde görülen en yüksek değer SDI’de 1988 yılında 3.260 olup, en düşük değerler ise SDI’de 2014 yılında -2.179 olarak tespit edilmiştir. Normal ve civarı geçen yıl sayısı en az SDI’de 18 yıl olarak gerçekleşmiştir. En çok tekrarlayan sınıfı ise SDI’de kurak olarak görülmektedir. İkinci tekrar sayısı en yüksek sayıya sahip olan sınıfı SDI’de ‘hafif nemli’ 12 yıl sürülmüştür. En düşük görülen kuraklık sınıfı ise aşırı nemli ve aşırı kurak sınıfıdır, SDI’de birer yıl gerçekleşmiştir.

İl bazın ’da olağanüstü kurak geçen yıl olmamıştır. Orta kurak sınıfı ise SDI’de 2 yıl, şiddetli kurak 2 yıl görülmüştür. Şiddetli kurak sınıfı ise 2 yıl gerçekleşmiştir.

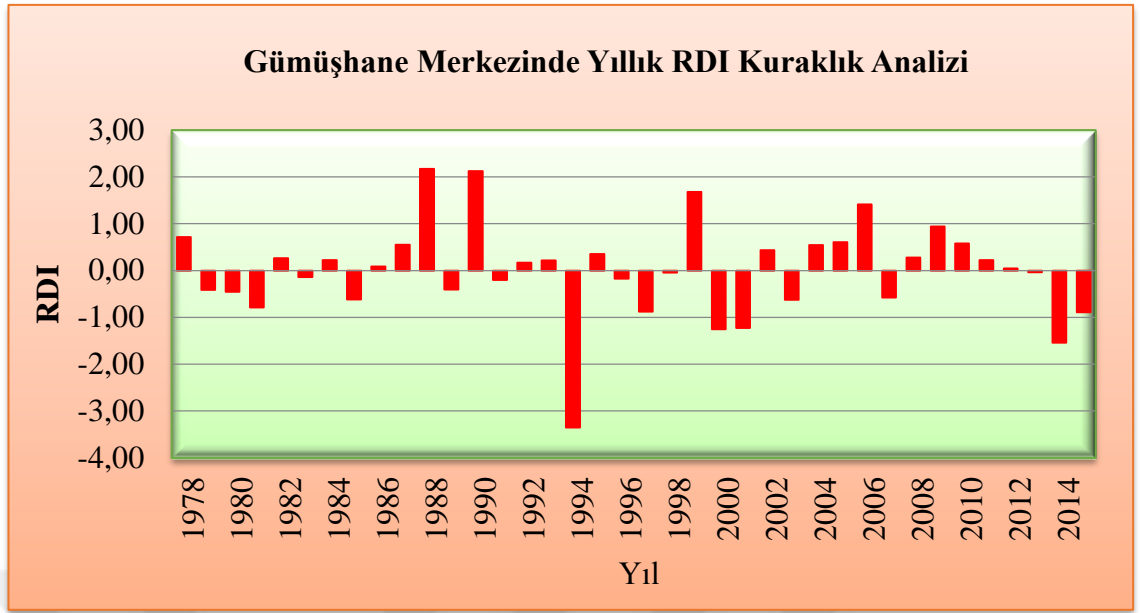


Şekil 4.13. Gümüşhane Merkezinde Yıllık SDI Kuraklık Analizi

4.15. Gümüşhane İl Merkezinde RDI ile Kuraklık Değerlendirmesi

Gümüşhane’de RDI indisi incelendiği zaman en uzun süreli kesintisiz negatif değer (kuraklık), RDI’de 2000 - 2001 (2 yıl) yılları arasında toplam 2 yıl kurak dönem görülmüştür. Analiz edilen 1978 - 2015 döneminde görülen en yüksek değer RDI’de 1988 yılında 2.17 olup, en düşük değerler ise RDI’de 1994 yılında -3.35 olarak tespit edilmiştir. Normal ve civarı geçen yıl sayısı RDI’de 34 yıl olarak gerçekleşmiştir. En çok tekrarlayan sınıfı ise RDI’de normal ve civarı olarak görülmektedir. İkinci tekrar sayısı en yüksek sayıya sahip olan sınıfı RDI’de hafif kurak 2 yıl sürülmüştür.

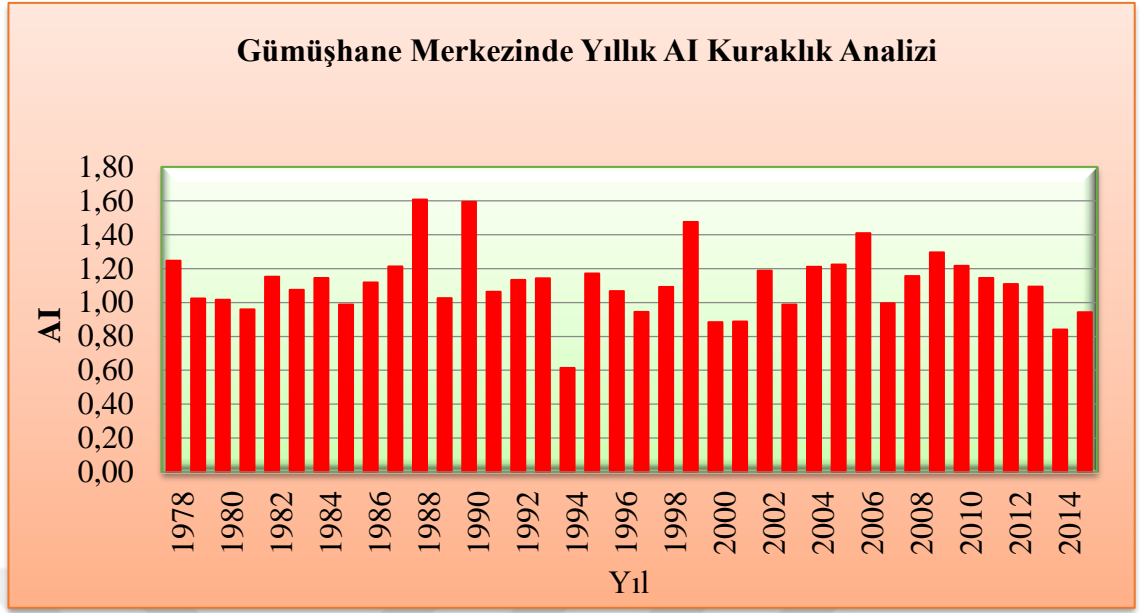
İl bazında RDI’de sisteminde çok nemli, hafif nemli, şiddetli kurak ve hafif kurak birer yıl görülmüştür. Aşırı nemli sınıfı ise 2 yıl gerçekleşmiştir.



Şekil 4.14. Gümüşhane Merkezinde Yıllık RDI Kuraklık Analizi

4.16. Gümüşhane İl Merkezinde AI ile Kuraklık Değerlendirmesi

Gümüşhane’de AI indisi karşılaştırıldığı zaman en uzun süreli kesintisiz negatif değer (kuraklık), dönem, görülmemiştir. Analiz edilen 1978 - 2015 döneminde görülen en yüksek değer 1988 yılında 1.61 olup, en düşük değerler ise AI’de 1994’te 0.61 olarak tespit edilmiştir. AI sisteminde en tekrarlayan sınıf normal civarı olarak görülmektedir. İl bazında AI’de sisteminde aşırı nemli, nemlice yarı nemli ve yarı kurak sınıfları görülmüştür. Kurakça yarı nemli sınıfı ise bir yıl gerçekleşmiştir.



Şekil 4.15. Gümüşhane Merkezinde Yıllık AI Kuraklık Analizi

4.17. Kuraklık İndislerinin Karşılaştırılması

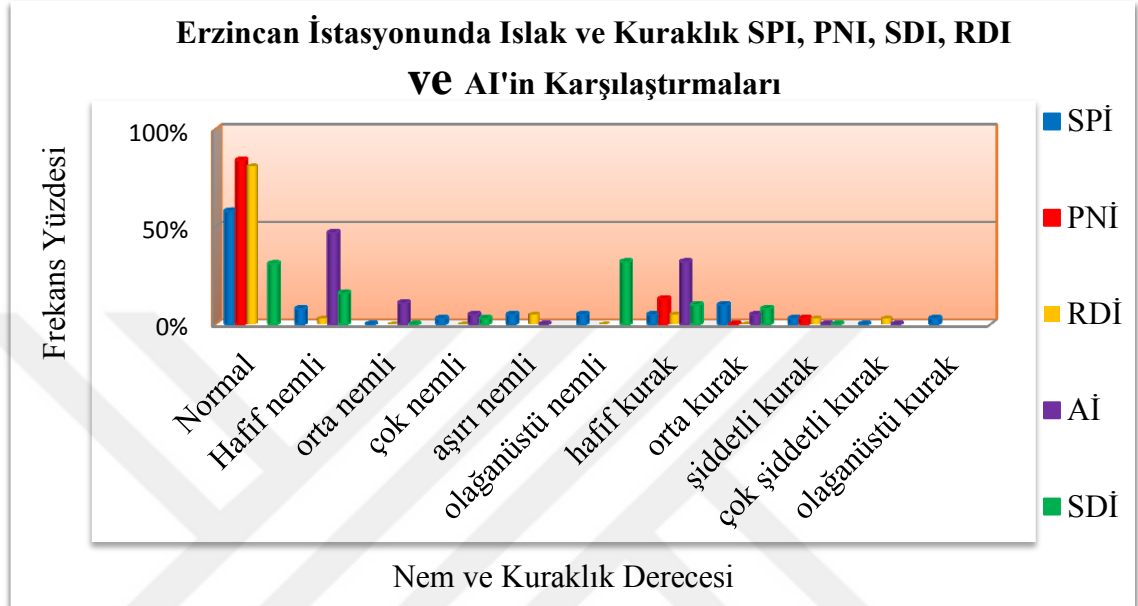
Bu tez kapsamında Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane istasyonlarındaki hidrolojik ve meteorolojik kuru dönemler SPI, PNI, RDI, SDI ve AI indisleri ile belirlenmiştir. SPI, PNI, RDI, AI yağış ve SDI akışı göstermektedir. Çalışmada, indislerin her biri hesaplanarak elde edilen değerlere göre gözlemlenen kuraklık indisleri hesaplandıktan sonra, indislerin farklı kuraklık sınıfları tablolarına göre, mevcut istatistik döneminin tüm yıllar için kuraklık durumunu Çalışılan tüm istasyonlar için belirlemeye çalışmıştır. Daha sonra, zaman ölçeklerindeki istasyonların her biri için belirlenen kuraklık durumuna bağlı olarak, indislerin her biri karşılaştırılmış ve dört indisin her biri için yüzde farklılıkları ve benzerlikleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre aşağıdakiler açıklanabilir.

4.17.1. Erzincan ilinde kuraklık indislerinin karşılaştırılması

Kuraklık analizi, 1978 - 2015 yılları arasında Erzincan illinde SPI, SDI, PNI, RDI ve AI yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda hangi bölgede hangi kuraklık türünden etkilendiği ve ne kadar sürdüğü tespit edilerek karşılaştırılmıştır.

Yöntemde ilk önce SPI, PNI, SDI RDI ve AI indisleri kullanılarak her istasyon için eşik, kuraklık, normal yağış ve akış değerleri hesaplanmıştır. Eşik sayıları belirledikten

sonra yıl dağılımı ıslak ve kuru ve istatistiksel özellikleri belirlenmiştir (Tablo 4.1). Daha önce de belirtildiği gibi, kuraklık sırasındaki kuraklık sırasının benzerliğini karşılaştırmak için faktör analiz ve güvenilirlik yöntemleri kullanılmıştır. Bu analizin sonuçları, özetlenen çok şiddetli, orta ve düşük kurak şeklinde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.16. SPI, PNI, SDI, RDI ve AI Yöntemlerini Kullanarak Erzincan İstasyonunda Nem, Kuraklık, Normal Yağış ve Akış Yüzdesi

Kuraklık sınıfına % olarak bakıldığı zaman SPI’da % 5 olağanüstü nemli ve SDI’de aşırı nemli % 3 oranında yaşanırken SPI’da %3 olağanüstü kurak dönem yaşanmamıştır. Erzincan il merkezine bakıldığı zaman SPI, PNI, RDI ve AI sırasıyla, sisteminde % 71’lik, % 84’lük, % 89’lük ve % 63’lük oranında normal civarı kuraklık gerçekleşmiştir. SDI sistemin ‘de ise %50’lik oranında normal ve üzeri kuraklık görülmektedir. Sistemler açısından, olağanüstü kurak geçen dönem tüm sistemler için sadece SPI’da bir yıl olmuştur. SPI ’de % 5 şiddetli kurak, % 8 “orta kurak”, % 13 “hafif kurak” dönemi yaşanmış olup, PNI’de %3 şiddetli kurak ve % 13’lik “hafif kurak” dönem, RDI sisteminde % 5 hafif kurak, % 3 şiddetli kurak ve % 3 aşırı kurak gerçekleşerek AI’de % 32 kurakça yarı nemli ve % 5 yarı kurak yaşanmıştır. SDI sisteminde ise % 8 “şiddetli kurak”, % 10 “orta kurak”, ve % 32 “hafif kurak” dönem yaşanmıştır.

Erzincan ilinde kuraklığın en az sürdüğü PNI sistemi olup, Kuraklık 6 yıl boyunca tekrarlanmış ve % 16’lık bir oranla gerçekleşmiştir. Kuraklığın en çok sürdüğü sistem

ise SDI olup, kuraklık 19 yıl tekrarlanmış ve % 50'lik orana yaklaşmıştır. SPI sisteminde kuraklık 11 yıl ve % 29'luk oranla gerçekleşmiştir. Tablo 4.1 'de görüldüğü gibi en fazla nemlilik 32 yıl ve % 84'lik PNI sisteminde görülmüştür. Minimum nemlilik ise 19 yıl ve % 50'lik oranla SDI sisteminde görülmüştür.

Tablo 4.1. SPI, PNI, RDI, AI ve SDI Kuru, Normal ve Daha Yüksek Geçen Yıl Sayıları ve Yüzdeleri

ERZİNCAN				
İNDİS ADI	NORMAL VE ÜZERİ (YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
SPI	27	11	71	29
SDI	19	19	50	50
PNI	32	6	84	16
RDI	34	4	89	11
AI	24	14	63	37

Tablo 4.1'in sonuçları aşağıdaki gibi tarif edilebilmektedir

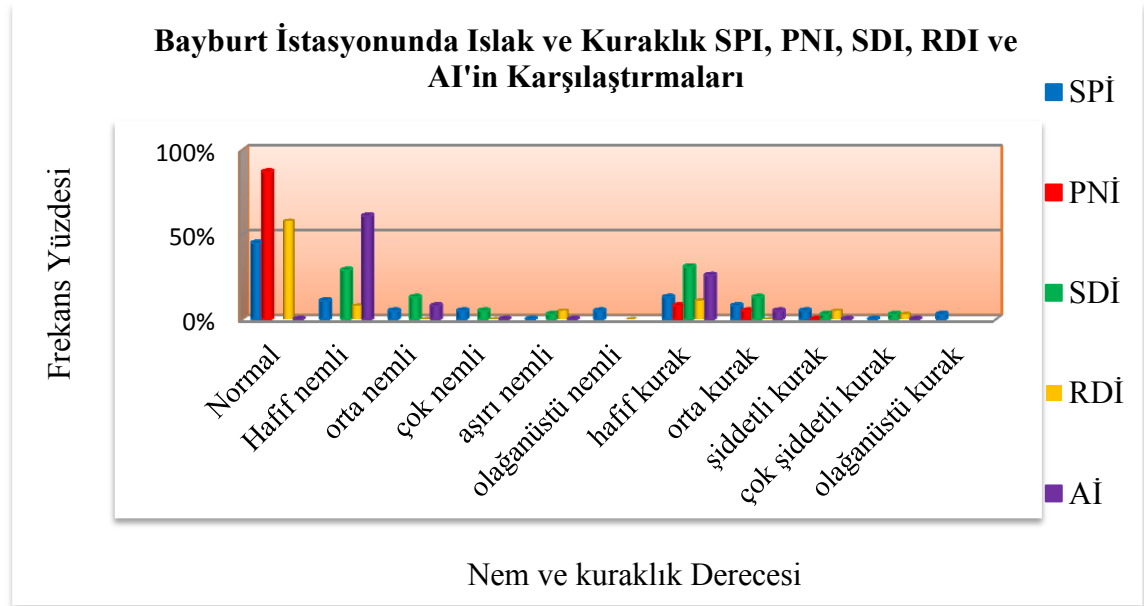
- Sınıflandırma açısından, yılların çoğu, çalışılan istasyonların yağışları ve akışları normal ve üzeri göstermektedir.
- RDI sisteminde 32 yıllık sıklıkta olan Erzincan istasyonu en yüksek sulak yıl sayısına sahiptir. SDI sisteminde ise 19 yıllık en fazla kuraklık oranına sahip olmuştur.
- En yaygın nem, (SPI, PNI) 1995'te, (RDI, AI) 1988'de ve SDI sisteminde ise 2011'de oluşarak en yaygın kuraklık ise sırasıyla 1984 ve 1983'te gerçekleşmiştir.
- Araştırmalarının sonuçları neredeyse tüm istasyonların hafif kuraklıktan mustarip olduğunu göstermiştir.

4.17.2. Bayburt ilinde kuraklık indislerinin karşılaştırılması

Bu tez kapsamında Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane istasyonlarındaki hidrolojik ve meteorolojik kuru dönemler SPI, PNI, RDI, SDI ve AI indisleri ile belirlenmiştir. SPI, PNI, RDI, AI yağış ve SDI akışı göstermektedir.

Yağış ve akış arasındaki ilişki, sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak belirlenmiştir. 1978'den 2015'e kadar Bayburt'ta kuraklık analizi SPI, SDI, PNI, RDI ve AI yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, hangi bölgenin kuraklık türünden etkilendiği ve ne kadar sürdüğü tespit edilerek belirlenmiştir. Yöntemde ilk önce SPI, PNI, SDI, RDI ve AI indisleri kullanılarak her istasyon için eşik, kuraklık, normal yağış ve akış değerleri hesaplanmıştır. Eşik sayıları belirledikten sonra yıl dağılımı ıslak ve kuru ve istatistiksel özellikleri belirlenmiştir. Daha önce belirtildiği gibi, kullanılmış verilerin uygun olup olmadığı veya benzerliğini karşılaştırmak için faktör analizi ve güvenilirlik metodu kullanılmıştır. Bu analizin sonuçları çok şiddetli, orta ve düşük kuraklık şeklinde yapılmıştır.

Ayrıca sistemlerinin kuraklık sınıfının tüm yıllar boyunca tekrarlanarak gerçekleştiği % olarak gösterilmiştir. Bölgede normal ve üzeri geçen yıl sayısı en az SDI'de 19 yıl olmuş, SPI'de 27, PNI'de 33 yıl RDI'de 31 yıl ve AI'de 26 yıl olarak gerçekleşmiştir. Sınıf tekrarlarının çoğu normal ve üzeri olarak görülmektedir. İkinci en yüksek frekansa sahip olan kurak sınıfı SDI'de 19 yıl olup, PNI'da 5 yıl olup, SPI'de sisteminde 11 yıl, RDI'de 7 yıl ve AI'de 12 yıl kurak dönem görülmüştür.



Şekil 4.17. SPI, PNI, SDI, RDI ve AI Yöntemlerini Kullanarak Bayburt İstasyonunda Nem, Kuraklık, Normal Yağış ve Akış Yüzdesi

Sistemler bazında SPI'de % 71 oranında normal ve daha yüksek, % 5 hafif kurak, % 13 orta kurak, % 3 şiddetli kurak ve % 5'lik çok şiddetli kurak dönem yaşanmıştır.

Olağanüstü kurak sınıfı ise % 3 oranla gerçekleşmiştir. PNI Sisteminde % 87 normal ve daha yüksek, % 8 hafif kurak, % 5 orta şiddetli kurak olup, şiddetli kurak yaşanmamıştır. Geçen dönem oranı SDI sisteminde % 50 normal ve daha yüksek, % 31 hafif kurak, % 13 orta kurak, % 3 şiddetli kurak ve % 3 da aşırı kurak dönem yaşanmıştır. RDI'de geçen dönem oranı % 81 normal ve üstü, %11 hafif kurak % 5 şiddetli kurak ve % 3 aşırı kurak dönem olmuştur. AI sisteminde ise % 69 normal ve üstü, % 26 kurakça yarı nemli ve % 5 yarı kurak dönem görülmüştür. Bayburt ilinde kuraklığın en az sürdüğü PNI sistemi olup, kuraklık 5 yıl tekrarlanmış ve % 13'lük bir oranla gerçekleşmiştir. Kuraklığın en çok sürdüğü sistem ise SDI olmuş, Kuraklık 19 yıl boyunca tekrar ederek ve % 50'lik orana yaklaşmıştır. SPI sisteminde En fazla kuraklık 11 yıl ve % 29'lük oranla gerçekleşmiştir. RDI ve AI sistemlerinde kuraklık süresi sırasıyla % 19 ve % 31'e ulaşmıştır. Tablo 4.2'de görüldüğü gibi maksimum nemlilik 33 yıl ve % 87'lik PNI sisteminde görülmüştür. Minimum nemlilik ise 5 yıl ve % 13'lük oranla PNI sisteminde görülmüştür. En fazla kuraklık 19 yıl ve % 50'lik SDI sisteminde yaşanmış olup, SPI'de 11 yıl ve % 29'lük oranla kurak dönem yaşanmıştır.

Tablo 4.2. SPI, PNI, SDI, RDI ve AI Kuru, Normal ve Daha Yüksek Geçen Yıl Sayıları ve Yüzdeleri

BAYBURT				
İNDİS ADI	NORMAL VE ÜZERİ (YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
SPI	27	11	71	29
SDI	19	19	50	50
PNI	33	5	87	13
RDI	31	7	81	19
AI	26	12	69	31

Tablo 4.2'nin sonuçları aşağıdaki gibi tarif edilebilmektedir

- Sınıflandırma açısından, yılların çoğu, çalışılan istasyonların yağışları ve akışları normal ve üzeri göstermektedir.

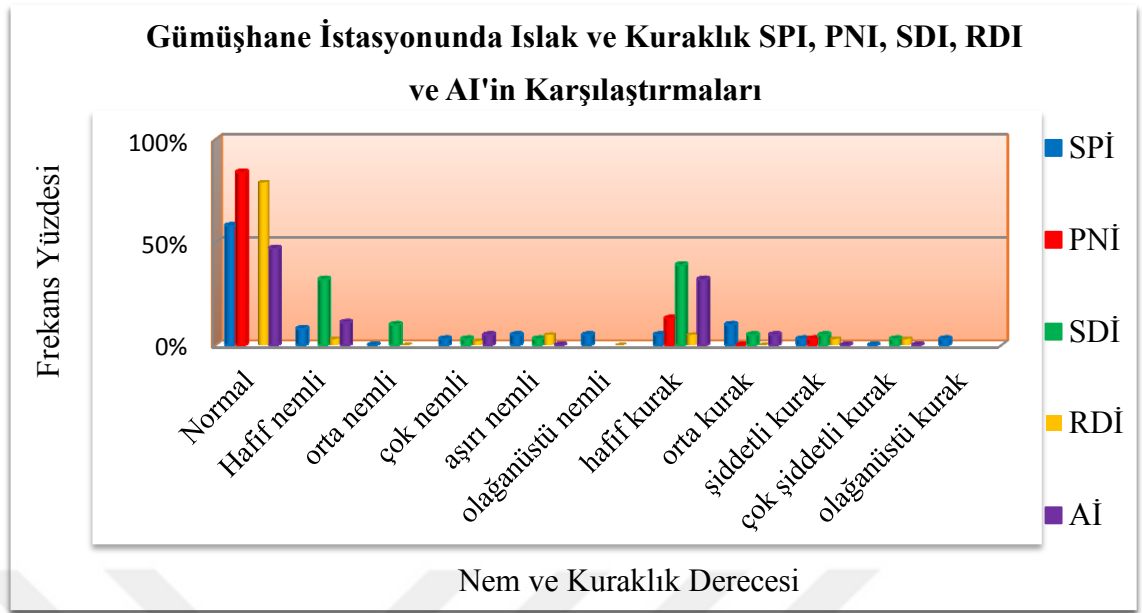
- PNI sisteminde 33 yıllık sıklıkta olan Bayburt istasyonu en yüksek sulak alan sayısına sahiptir. SDI sisteminde ise 19 yıllık en fazla kuraklık oranına sahip olmuştur.
- Araştırmalarının sonuçları neredeyse tüm istasyonların hafif kuraklığa maruz kalmıştır.
- En yaygın nem, (SPI, PNI) 1998'de, (RDI, AI ve SDI) sisteminde ise 1988'de farklı yıllarda oluşarak en yaygın kuraklık ise (SPI, PNI, RDI ve AI) 'de 2000 ve SDI sisteminde ise 2014'te gerçekleşmiştir.

4.17.3. Gümüşhane ilinde kuraklık indislerinin karşılaştırılması

Bu tez kapsamında Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane istasyonlarındaki hidrolojik ve meteorolojik kuru dönemler SPI, PNI, RDI, SDI ve AI indisleri ile belirlenmiştir. SPI, PNI, RDI, AI yağış ve SDI akışı göstermektedir.

1978'den 2015'e kadar Gümüşhane'de kuraklık analizi SPI, SDI, PNI, RDI ve AI yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, hangi bölgenin kuraklık türünden etkilendiği ve ne kadar sürdüğü tespit edilerek belirlenmiştir. Yöntemde ilk önce SPI PNI, SDI, RDI ve AI indisleri kullanılarak her istasyon için eşik, kuraklık, normal yağış ve akış değerleri hesaplanmıştır. Eşik sayıları belirledikten sonra yıl dağılımı ıslak ve kuru ve istatistiksel özellikleri belirlenmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi, kullanılmış verilerin uygun olup olmadığı veya benzerliğini karşılaştırmak için faktör analizi ve güvenilirlik metodu kullanılmıştır.

PNI, SPI, RDI, AI ve SDI sisteminde hangi kuraklık sınıfının toplam kaç yıl tekerrür ettiği ve % olarak hangi oranda görüldüğü de gösterilmiştir. Bölgede normal ve üzeri geçen yıl sayısı en az SDI'de 18 yıl, SPI'de 30 yıl, PNI'de 32'yıl, RDI'de 34 yıl ve AI'de 37 yıl olarak gerçekleşmiştir. En çok tekrarlayan sınıfı normal ve daha yüksek olarak görülmektedir. İkinci oluşum numarası kurak sınıfı SDI'de 20 yıl, PNI'de 6 yıl, RDI'de 4 yıl, AI'de 1 yıl ve SPI sisteminde 8 yıl kurak dönem görülmüştür.



Şekil 4.18. SPI, PNI, SDI RDI ve AI Yöntemlerini Kullanarak Gümüşhane İstasyonunda Nem, Kuraklık, Normal Yağış ve Akış Yüzdesi

Sistemler bazında SPI'de % 79 oranında normal ve daha yüksek, % 5 hafif kurak, % 10 orta şiddetli kurak, % 3 olağanüstü kurak ve % 3'lük şiddetli kurak dönem yaşanmıştır. Çok şiddetli kurak gerçekleşmemiştir. PNI Sisteminde % 84 normal ve üzeri, % 13 hafif kurak, % 3 şiddetli kurak olup, olağanüstü ve orta şiddetli kurak yaşanmamıştır. Geçen dönem oranı SDI sisteminde % 48 normal civarı, % 39 hafif kurak, % 5 orta kurak, % 5 şiddetli kurak, % 3 aşırı kurak gerçekleşmiş olup, çok kurak dönem yaşanmamıştır. RDI'de % 89 oranında normal ve üstü, % 5 hafif kurak, % 3 şiddetli kurak ve % 3 aşırı kurak görülmüştür. AI sisteminde ise normal ve üstü oranı % 97 ve kurakça yarı nemli % 3 olarak gerçekleşmiştir.

Gümüşhane ilinde kuraklığın en az sürdüğü AI sistemi olup, kuraklık 1 yıl tekrarlanmış ve % 3'lük bir oranla gerçekleşmiştir. Kuraklığın en çok sürdüğü sistem ise SDI olup, kuraklık 20 yıl boyunca tekrarlanıp ve % 52'lik orana yaklaşmıştır. SPI sisteminde kuraklık 8 yıl ve % 21'lik oranla gerçekleşmiştir. PNI sisteminde 6 yıl ve % 16 kurak dönemi ve RDI'de ise 1 yıl ve % 3'lük oranında kurak gerçekleşmiştir. Tabloda görüldüğü gibi en fazla nemlilik 37 yıl ve % 97'lük AI sisteminde görülmüştür. Aynı zaman minimum nemlilik ise 1 yıl ve % 3'lük oranla AI sisteminde görülmüştür. En fazla kuraklık 20 yıl ve % 52'lik SDI sisteminde yaşanmış olup, PNI'de 6 yıl ve %

16'lık oranla kurak dönem yaşanmıştır. SPI sisteminde en az kuraklık 8 yıl ve % 21'lik ve RDI'de 4 yıl ve % 11 oranla gerçekleşmiştir.

Tablo 4.3. SPI, PNI, SDI, RDI ve AI Kuru, Normal ve Daha Yüksek Geçen Yıl Sayıları ve Yüzdeleri

GÜMÜŞHANE				
İNDİS ADI	NORMAL VE ÜZERİ (YIL)	KURAK (YIL)	NORMAL Üzeri (%)	KURAK (%)
SPI	30	8	79	21
SDI	18	20	48	52
PNI	32	6	84	16
RDI	34	4	89	11
AI	37	1	97	3

Tablo 4.3.'ün sonuçları aşağıdaki gibi tarif edilebilmektedir

- Sınıflandırma açısından, yılların çoğu, çalışılan istasyonların yağışları ve akışları normal ve üzeri göstermektedir.
- AI sisteminde 37 yıllık sıklıkta olan Gümüşhane istasyonu en yüksek sulak alan sayısına sahiptir. SDI sisteminde ise 20 yıllık en fazla kuraklık oranına sahip olmuştur.
- En yaygın nem, (SPI, PNI, RDI, AI ve SDI) 1988'de oluşarak birbiriyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermekte, en yaygın kuraklık ise (SPI, PNI, RDI ve AI) 'de 1994 ve SDI sisteminde ise 2014'te gerçekleşmiştir.
- Araştırmalarının sonuçları neredeyse tüm istasyonların hafif kuraklıktan mustarip olduğunu göstermiştir.

4.18. Faktör Analizi Sonuç ve Değerlendirmesi

Bu çalışmanın Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane ilindeki kuraklıkla başa çıkmak için uygun stratejilere yönelik tutumları belirlemek ve analiz etmektir. Çalışmada hipotezleri test etmek için faktör analizi ve güvenilirlik yöntemi kullanılmıştır. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistikler (güvenirlilik ve faktör analiz) uygulanmış, bölgedeki kuraklık durumunu değerlendirmek için SPI, SDI, PNI, RDI ve AI standartlaştırılmış yağış ve

akış indisleri kullanılmıştır. Çalışma alanındaki kuraklık oluşum indislerine dayanan sonuçlar, çalışma alanının çoğunlukla orta kuraklık durumuyla normal kuraklık durumunda olduğunu göstermiştir.

Araştırmada farklı değişkenlerin hidrolojik ve meteorolojik reaksiyonlar üzerindeki etkisi nedeniyle hesaplamalarda tüm değişkenler kullanılmamış, akış ve yağış etkileyen en önemli faktörlerin tanımlanmasında faktör analizi kullanılmıştır. Kuraklık etkilerinin analizi ile ilgili verilerin uygunluğunu belirlemek için Bartlett testi ve KMO indisi kullanarak sınır değerleri ile mukayese edilmiştir. KMO katsayısı 0,807 güven seviyesinde ve 1245,855 Bartlett testinin miktarındaki değer, faktör analizi için yapılacak değişkenlerin korelasyonunu ve uygunluğunu göstermiştir.

Tablo 4.4. Araştırma Deneklerinde KMO Örneklemesi ve Bartlett'in Küresellik Testinin Yeterliliği

KMO		0,807
Bartlett Test	X^2	1245,855
Serbestlik Derecesi	sd	10
Anlamlı Derecesi	P	0,000

Yapılan faktör analizinde KMO değeri 0,807 olarak hesaplanmıştır. Sonuçta elde edilen KMO değeri 0.807 olup, faktör analizi için verilerin iç tutarlılığını göstermiştir. Buna göre örneklem sayısı faktör analizi için uygundur ($0,807 > 0,500$). Bartlett testi kapsamında X^2 değeri 2220,024 olarak hesaplanmış ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Buna göre normal dağılım koşulu sağlanmıştır. KMO ve Bartlett testi sonucuna göre verilerin faktör analizi için uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.19. Cronbach Alfa Katsayısına Göre Verilerin Güvenilirlik Değerlendirmesi

Verilerin geçerliliğini ve güvenilirliğini değerlendirmek için Cronbach alfa testi kullanılmıştır. Bu faktörleri etkilemek için en etkili gösterge olarak 5 gösterge SPI, SDI, PNI, RDI ve AI seçilmiştir. İndislerin arasında 5 indisten etki açısından 4 indis (SPI, SDI, RDI ve AI) en etkili olarak kabul edilmiştir. Normalin Yüzdesi İndisi çıkarılması diğer indislerin analizine benzerliğindedir. Bu nedenle mevcut araştırmada kullanılması pek ihtiyaç görülmemiştir. Daha sonra yağış ve akış verileri indislere tabi

tutularak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Verilerin geçerliliği faktör analizi ve güvenilirlik ile belirlenmiştir. Verilerin güvenilirliği aşağıda gösterildiği gibi Cronbach Alfa Testi kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma alanındaki kuraklık oluşumu için SPI, SDI, PNI, RDI ve AI indislerine dayanan sonuçlar, çalışma alanının normal ve orta derecede kuraklık durumunda olduğunu göstermiştir. Araştırma değişkenlerinin iç tutarlılığını araştırmak için, seçilen indislerin her birinde Cronbach Alfa Katsayısı ayrı ayrı hesaplanmıştır.

İndislerden tek bir indis hesaplanabilmesi için temel bileşenler analizine göre bir faktör altında toplanmalıdır. Faktör analizi sonucunda indislerin tek faktör altında toplanabildiği görülmüştür ancak; güvenilirlik katsayısı hesaplandığında değerin 0,320 olduğu belirlenmiştir. Görüldüğü gibi verilerin güvenilirlik katsayısı arzu ettiğimiz sayı değildir, dolayısıyla güvenilirlik değeri amacına ulaştırabilmek için atık Normalin Yüzdesi İndisi (PNI) saptanarak istenen seviyeye ulaşması sağlanmıştır. SPSS programı ile soru setindeki güvenilirlik açısından her sorunun durumunu kontrol edebilmiştir. Çeşitli çalışmalar, bu aracın iç tutarlılığını göstermek için Cronbach alfa katsayısını kullanmıştır. Bu çalışmada, bu faktörlerin her biri için sırasıyla Cronbach alfa katsayısı hesaplanmıştır.

Tablo 4.5. Her Değişken İçin Cronbach Alfa Güvenilirliği

İndis	İndis Silindiğinde Cronbach Alfa
SPI	0,230
RDI	0,235
AI	0,326
PNI	0,821
SDI	0,281

Sonuç tablosundan PNI çıkarıldığında sonuç aşağıda gibi görülmektedir. Kullanılan veriler için Cronbach alfa değerini görüldüğü gibi 0,821'e yükselmektedir. Cronbach alfa katsayısı bire ne kadar yakın olursa, verilerin güvenilirliği de o kadar yüksek olur. İncelendiğinde, PNI indisinin faktörden çıkarılması sonucu Cronbach Alfa Katsayısı'nın 0,320'den 0,821'e çıktığı görülmektedir. Bu nedenle PNI indisini faktörden çıkarılarak

analiz yeniden yapılmış sonuçlar tablodaki gibi bulunmuştur. Aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi, yüksek veri geçerliliğini göstermektedir

Tablo 4.6. PNI Silinmesine İlişkin Cronbach Alfa Değeri

İndis	Faktör Yüğü	Açıklanan Varyans Oranı	Cronbach Alfa
RDI	0,949	70,173	0,821
SPI	0,931		
SDI	0,734		
AI	0,708		

Tablo incelendiğinde RDI, SPI, SDI ve AI indislerinin tek bir faktör altında toplandığı belirlenmiştir. Buna göre indislerin ortalamasının alınması ile genel bir indis hesaplanabilir ve kullanılabilir sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak KMO indisi örnekleminin yeterliliğini ve ölçülen değişkenler arasındaki korelasyonu göstermiştir. 0.7 ve 0.8 arasındaki KMO değerleri kabul edilebilir ve çok iyidir. Sonuçlara göre, elde edilen KMO istatistiği (KMO = 0,807) kabul edilebilir değere ulaşmıştır. Sonuç olarak, veriler faktör analizi için uygun görülmüştür. Bartlett'in Küresellik testinin sıfır hipotezi, değişkenlerin sadece kendileriyle ilişkili olduğudur. Bu nedenle, bu varsayım faktör analizi için uygun olduğunu göstermektedir. Öte yandan, Cronbach alfa sonuçlarına göre, ($\alpha = 0,821$) değeri güvenilir ve kabul edilebilir hale gelmiştir. Buna göre indislerin hesaplanabilir ve kullanılabilir sonucuna ulaşılmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, bu tez kapsamında kuraklığa ilişkin ulusal ve uluslararası literatür çalışmaları kuraklık üzerine birçok yeni araştırmanın yapıldığı Türkiye'de hidrolojik kuraklıklar ve benzeri konulardaki çalışmalar yeterince tespit edilmemiştir.

Literatür araştırmalarından edinilen bilgi ve deneyimlere dayanarak, hidrolojik kuraklık indisleri üç ana kategoriye ayrılarak tüm hidrolojik ve meteorolojik döngüler için yağış ve akışı yansıtan yeni bir hidrolojik ve meteorolojik dönem algı sağlanmıştır.

Bu çalışmalar sonucunda bölgelerin hidrolojik ve meteorolojik kuru mevsim özellikleri tanımlanmış ve bölgelerde yağış ve akış arasında güçlü bir korelasyon olduğu belirtilmiştir. Tez alanındaki analiz sonuçlarına göre konvansiyonel hidrolojik ve meteorolojik kuraklıkların geçerliliği, bu tezde kullanılan yöntemin kullanıldığını gösteren tarihi kuru dönemlerle doğrulanmıştır. Türkiye'de kuraklık analiz yöntemi yeni çalışmalarla yönlendirilecektir.

- ✓ Diyagramlarının sonuçlarına göre, Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane istasyonlarındaki istatistiksel dönemde en sık yağışın yaşandığını göstermektedir. Ayrıca ıslak mevsim oluşumunun kuraklıktan daha fazla olduğunu göstermiştir.
- ✓ Sınıflandırma açısından, yılların çoğu, çalışılan istasyonların yağışları ve akışları normal civarı ve üzeri görülmüştür.
- ✓ Gümüşhane istasyonu en fazla yağışlı yıllara, Erzincan ve Bayburt istasyonu ise en fazla kuraklığa sahiptir.
- ✓ SDI sisteminde Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane istasyonlarında sırasıyla 12, 10 ve 16 yıllık kuraklık dönem devam ederek en uzun kurak mevsimi SDI'ya göre Gümüşhane'de görülmüştür.
- ✓ Çalışılan istasyonlarda bir yıldan fazla çok şiddetli kuraklık veya çok ıslak dönem görülmemiştir.
- ✓ İstasyonlarda birer yıl olağanüstü kurak meydana gelmiştir
- ✓ En şiddetli akışlı mevsim Bayburt ve Gümüşhane istasyonlarında 1988'te ve Erzincan da ise 2011'de meydana gelmiştir.

- ✓ Minimum akış Bayburt ve Gümüşhane İstasyonlarda 2014'te, Erzincan'da ise 1983 yılında gerçekleşmiştir.
- ✓ Analiz sonuçlarına göre, Normal sınıf en yüksek kuraklık sınıfına, nispeten nemli ve nemli sınıflar en düşük frekansa sahiptir.
- ✓ Analiz sonuçlarına göre normal sınıfın en yüksek yağışa ve çok ıslak sınıfın en düşük frekansa sahip olduğunu göstermiştir.
- ✓ Genel olarak bakıldığı zaman normal sınıfın ve kurak sınıfın akışı açısından yaklaşık eşit olup çok ıslak sınıfın en düşük frekansa sahip olduğunu göstermiştir.
- ✓ Çalışılan istasyonlarda uzun vadeli çok kuru ve çok nemli bir yağış ve akış mevsimi yaşanmamıştır.

Bu tez kapsamında Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane istasyonlarındaki hidrolojik ve meteorolojik kuru dönemler SPI, PNI, RDI, SDI ve AI indisleri ile belirlenmiştir. SPI, PNI, RDI, AI yağış, SDI akışı göstermektedir.

Kuraklığın izlenmesi, değerlendirilmesi ve sürekli farkındalığı ve farklı boyutlardaki etkileri, kırsal alanlardaki olumsuz etkilerinin önlenmesi ve azaltılması için kuraklık etkin yönetiminde ana faktörlerdir. Kuşkusuz, standart araçların geliştirilmesi ve uygulanması yoluyla erişilebilen güvenilir veri ve bilgilerin mevcudiyeti, etkili ve verimli planlama için sağlam bir temel sağlayabilir. Konunun önemi nedeniyle, bu çalışma kuraklık etki ölçeğini doğrulamak için yapılmıştır. Sonuçlar, kuraklık etki değerlendirmesi için geliştirilen ölçek / aracın yeterli geçerlilik ve güvenilirliğe sahip olduğu ve modelin teorik çerçevesi arka plana dayalı olarak geliştirildiği söylenebilir.

Kesin olan şey, kuraklığın hiç önlenemeyeceğidir. Çünkü kuraklık muhtemelen rastgele bir olaydır ve öngörülemezdir. Bununla birlikte, bu bağlamda kuraklığın sonuçları ve etkileri, tutarlı programları formüle ederek ve uygulayarak ve kuraklıktan etkilenen bölgenin yerel koşul ve koşullarına uygun stratejiler benimseyerek büyük ölçüde azaltılabilir. Bu çalışmanın sonuçları, su kaynakları yönetimi ile su temini ve talep planlamasının optimize edilmesinde, yöneticilerin, planlamacıların ve uzmanların gerekli düzenlemeleri yapmalarını ve pratik çözümler sunmalarını sağlayabilir.

KAYNAKLAR

- Adeb A., ve Gurji zada, A. (2015). “Kuraklık izleme ve kuraklık indekslerini kullanarak izleme”. *Sulama ve Su Mühendisliği Dergisi*,101-107.
- Ahmadi akhourma, M. (2015). “SWI ve GRI İndisleri kullanılarak yer altı suyu kuraklığının araştırılması”, *Sulama ve Su Mühendisliği Dergisi*, 109.
- Ali Georgizadeh, A., (2016). “Investigation and monitoring of drought using drought indices”, *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 176-179.
- Altan, G., ve Türkeş, M. (2014). “Çanakkale yöresinde oluşan orman yangınlarının izmir”: *Ege Coğrafya Dergisi*,5-8.
- Akbari, M., Suleimani, K., and Mahmoud Habib, N. (2011). “Application of factor analysis in determining the variables affecting hydrological droughts and investigating their relationships”, *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 25-29.
- Akbari, M., sulleimani, K. ve Nijafrushan, M. (2011). “Hidrolojik kuraklıkları etkileyen değişkenlerin belirlenmesinde faktör analizinin uygulanması”, *Sulama ve Su Mühendisliği Dergisi*, 26-27.
- Akbaş, A. (2014). “Türkiye’de klimatolojik kuraklık olasılıklarının dağılışı”, *Türk Coğrafya Dergisi*, 1-3.
- Arslan, O., Bilgil, A., ve Veske, O. (2016). “Standart yağış indisi yöntemi ile kızılırmak havzası'nın meteorolojik kuraklık analizi”. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 190-191.
- Beheshtii Rad, M. (2014). “DI indisi ile kuraklığın izlenmesi ve tahmini”, *Bölgesel Planlama Dergisi*,1-6.
- Çeribaşı, G., ve Doğan, E. (2015). “Trend analizi yöntemi kullanılarak batı ve doğu karadeniz ile sakarya havzası akım miktarlarının değerlendirilmesi”, *SDU International Technologic Science*, 9-11.
- Dikici, M., İpek, C. ve Topçu, İ. (2018). “Seyhan havzasında Palmer indisleri ile kuraklık analizi”, *Published in 6th International Symposium on Innovative Technologies*,273-276.
- Duygu, M. (2015). “Büyük menderes havzasının kuraklıktan etkilenebilirliğinin değerlendirilmesi ”, *Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü*, 10-23.
- Ercan, İ., ve Kan , İ. (2004). “Ölçeklerde güvenilirlik ve geçerlik”, *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 212-215.

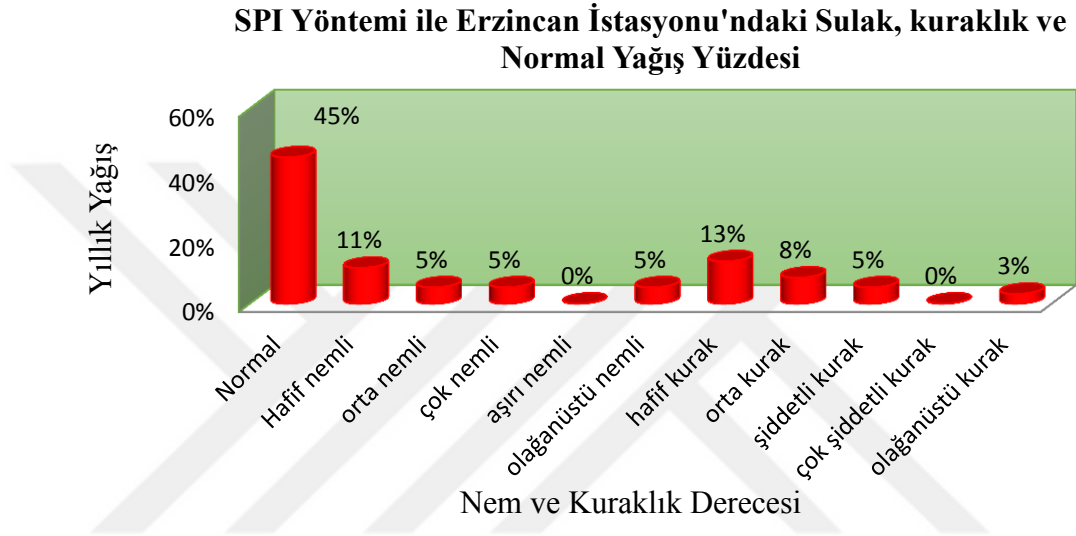
- Farahani Dastjani, M., Bayat Warkeshi, M. and Ghabaii souq, M. (2018). "The effect of meteorological drought on groundwater resources", *Iran-Water Resources*, 115-118.
- Gümüş, V. (2017). "Akım kuraklık indisi ile asi havzasının hidrolojik kuraklık analizi", *Fen Bilimleri Dergisi*, 67-68.
- Hejazizadeh, Z., Fatahi, E. ve Ghaemi, H. (2002). "Standart yağış indisi kullanarak kuraklık takibi", *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 26-31.
- Hejazizada, Z., Fattahi, İ. ve Ghayimi, H. (2018). "Standart yağış indisi kullanarak Kuraklık izleme Chaharmahal Bakhtiari eyaleti ile ilgili örnek olay incelemesi", *Coğrafi Dergisi*, 6-10.
- Hosseinpour, M., and Marj, A. (2014). "Spatial analysis of meteorological drought in iran using spi and pn indices", *Journal of Watershed Engineering and Management*, 496-500.
- İkhtyari Khaje, S., ve Dinpujo, Y. (2013). "Kuraklık dönemleri için efektif kuraklık indisi (EDI) uygulaması", *Sulama Bilimi ve Mühendisliği*, 2-5.
- Karakoç, İ., ve Dönmez, P. (2014). "Ölçek geliştirme çalışmalarında temel ilkeler", *Dergipark*, 42-45.
- Karaman, H., (2017). "Açımlayıcı faktör analizin", *Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Bölümü* 11-12.
- Karimi, V., Habib najad roshan, M. and Abkar, A. (2010). "Investigation of meteorological drought indices in Mazandaran synoptic stations", *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 17-20.
- Kazemi, A., Sebze perver, A, ve Fasli bahar, S. (1999). "Dört kuraklık indisinin karşılaştırmalı bir çalışması". *Çevre Bilimi ve Teknolojisi*, 102-103.
- Khaliqi, S., Sadeghi sangdii, S, Osati, K, and Qavidel rahimi, Y. (2009). "Evaluation indexes of wet and dry season phenomena", *Journal of Rangeland and Desert Research*, 47-50.
- Kianii, S., ve Aminii Faskhodi, A. (2018). "Kuraklığın sosyal faktörlerini açıklamak ve etkilerini tanımlamak", *Mekansal Planlama Dergisi*, 2.
- Maleki, S., ve Modet, E. (2016). "TOPSIS, PNPI ve SIAP indisleri ile kuraklık krizini genişletmek", *Kriz Önleme ve Yönetim Dergisi*, 68.
- Maliva, R., ve Missimer, T. (2012). "Aridite ve Kuraklık. berlin", *Environmental Science and Engineering*, 4-8.
- Moghaddesi, M., Paymozd, S. ve Murid, S. (2004). "SPI ve DI indisleri kullanarak Tahran'da kuraklığın mekansal izlenmesi", *Beşeri Bilimler Öğretmeni Dergisi*, 199-201.

- Mohammadiyan, A., Kohi, M, Adina bigi, A, Rasoli, S, ve Afshan, B. (2010). “Kuraklık izlemesinin imar indisleri PNI ve DI, SPI kullanılarak karşılaştırılması”, *Su ve Toprak Koruma Araştırmaları Dergisi*,9.
- Nasrati, K. (2013). “Standart evapotranspirasyon indeksinin tahmini (SPEI)”, *Çevre Bilimleri Dergisi*,4-6.
- Nezhad, M., Bazrashan, O, and Sadeghi larii, A. (2016). “Adaptive evaluation of SPI, RDI and sdi indices in analyzing the”, *Toprak ve Su Bilimi Dergisi*, 73.
- Oğuztürk, G., and Yıldız, O. (2017). “Drought analysis for different time periods in the city of Kırıkkale”. *International Journal of Engineering Research and Development*,, 2-3.
- Osman , Ş., ve Belgin , Ç. (2008). “SPI ve PNI yöntemleriyle tarım yılı kuraklık”, *A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü* 1-7.
- Sangita , M., and R Nagarajan. (2013). “Hydrological drought assessment in Tel river basin”, *International Journal of Conceptions on Mechanical and Civil Engineering*, 1.
- Sarış, F. (2016). “Porsuk çayı havzasında düşük akım analizi”, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, 75-76.
- Serdar Anlı, A., ve Bilgisi, E. (2014). “Güneydoğu anadolu bölgesinde referans bitki su tüketiminin (ET0)”, *Tarım Bilimleri Dergisi*,249-255.
- Şimşek, O., ve Çakmak, B. (2010). “SPI ve PNI yöntemleriyle tarım yılı kuraklık”, *DMİ Zirai Meteoroloji ve İklim Rasatları Dairesi Başkanlığı Zirai Meteoroloji Şubesi*. 1-8.
- Türkeş, M. (2012). “Türkiye’de gözlenen ve öngörülen kuraklık ve çölleşme ”, *TEMA Vakfı Bilim Kurulu*,10-16.
- Türkeş, M. (2013). “T.C. Orman ve su işleri bakanlığıçölleşme ve erozyonla mücadele genel müdürlüğüiklim verileri kullanılarak türkiye’nin çölleşme haritası dokümanı hazırlanmasıraporu”,*T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü*, 15.
- Yılmaz, M. (2016). “Konya kapalı havzası’nın tmpa uydu kaynaklı yağış verileri ile kuraklık analizi”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 543.
- Zargar, A. Sadiq, R, Naser, B, and Khan, F. (2011). “A review of drought indices”, *NRC Research Press*,11.

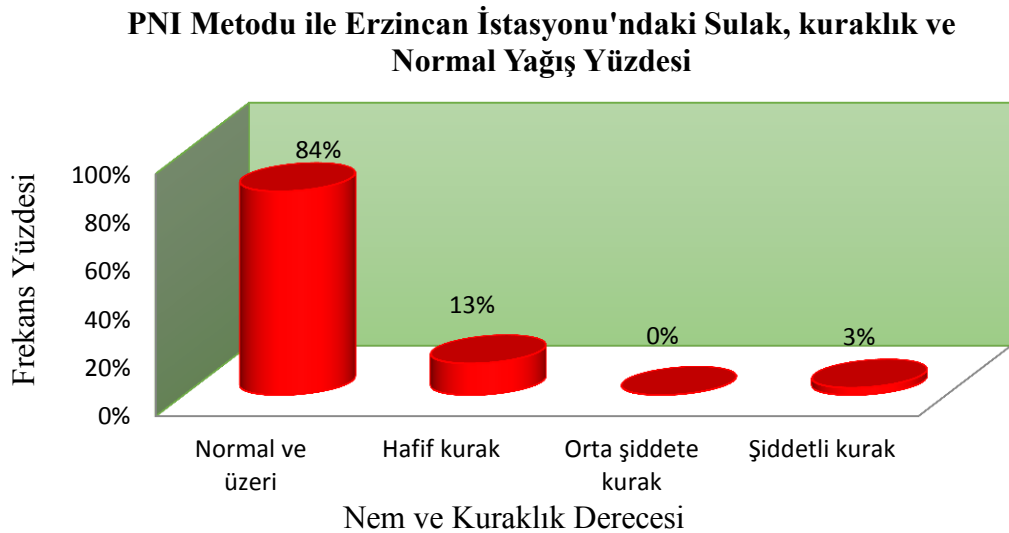
EKLER

EK-1. Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane İstasyonlarında Nem ve Kuraklık Derecesini Yüzde Olarak Belirlenmesi

Erzincan istasyonunda nem, kuraklık, normal yağışların ve akışların yüzdesi, SPI, PNI, SDI, RDİ ve AI yöntemleriyle belirlenmiştir.

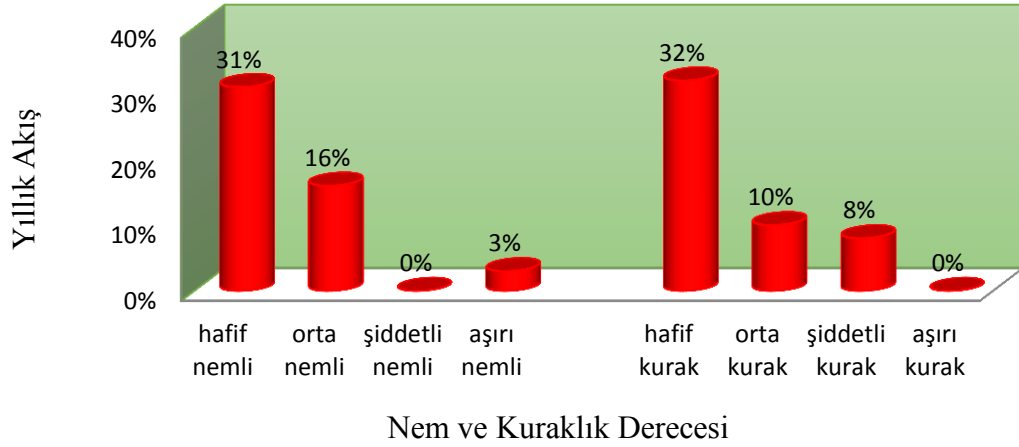


Erzincan İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin SPI Yöntemi ile Sıklığı



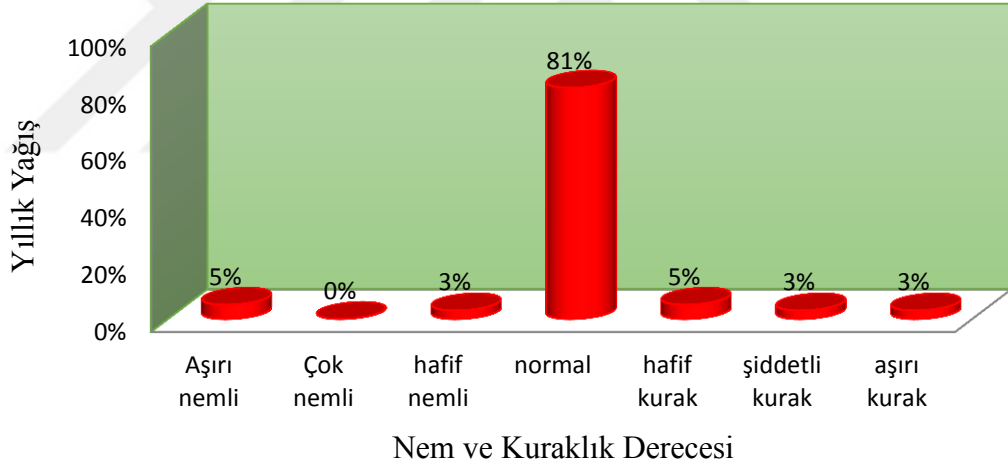
Erzincan İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin PNI Yöntemi ile Sıklığı

SDI Metodu ile Erzincan İstasyonu'ndaki Sulak, kuraklık ve Normal Akış Yüzdesi



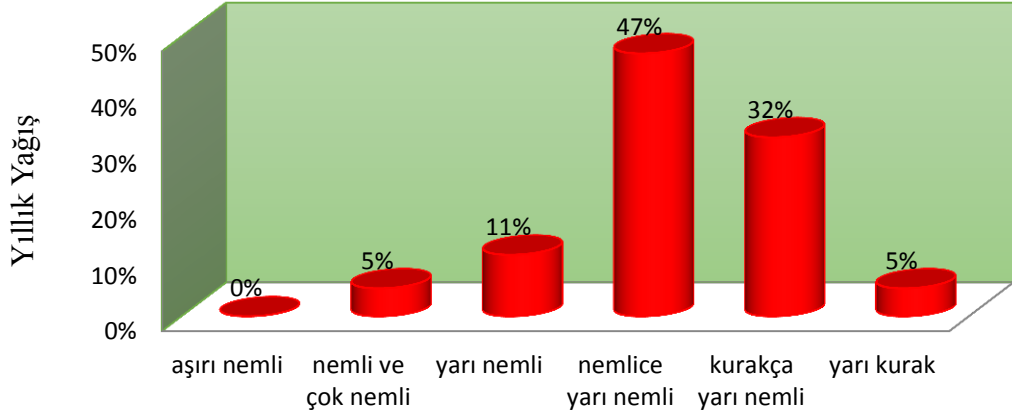
Erzincan İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin SDI Yöntemi ile Sıklığı

RDI Metodu ile Erzincan İstasyonu'ndaki Sulak, kuraklık ve Normal Akış Yüzdesi



Erzincan İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin RDI Yöntemi ile Sıklığı

AI Metodu ile Erzincan İstasyonu'ndaki Sulak, kuraklık ve Normal Akış Yüzdesi

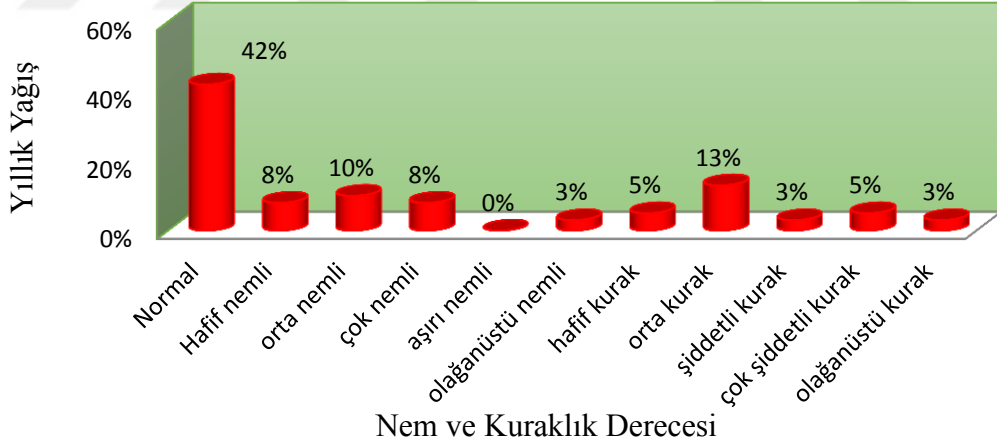


Nem ve Kuraklık Derecesi

Erzincan İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin AI Yöntemi ile Sıklığı

Bayburt istasyonunda nem, kuraklık, normal yağışların ve akışların yüzdesi, SPI, PNI, SDI RDI ve AI yöntemleriyle belirlenmiştir.

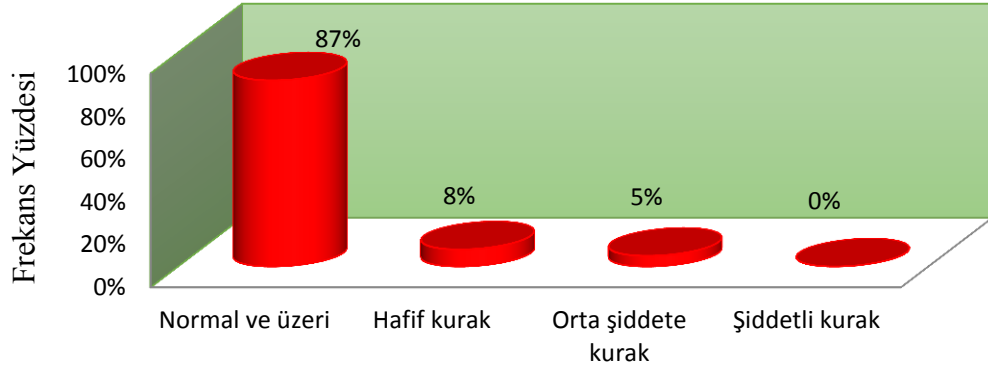
SPI Yöntemi ile Bayburt İstasyonu'ndaki Sulak, kuraklık ve Normal Yağış Yüzdesi



Nem ve Kuraklık Derecesi

Bayburt İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin SPI Yöntemi ile Sıklığı

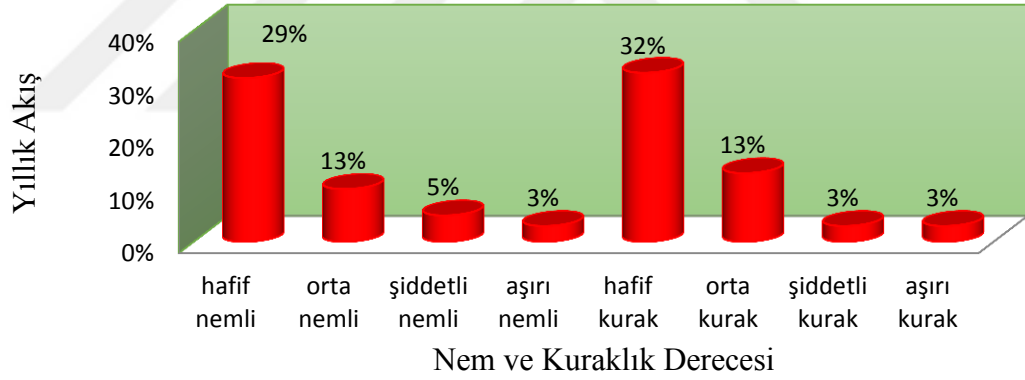
PNI Metodu ile Bayburt İstasyonu'ndaki Sulak, kuraklık ve Normal Yağış Yüzdesi



Nem ve Kuraklık Derecesi

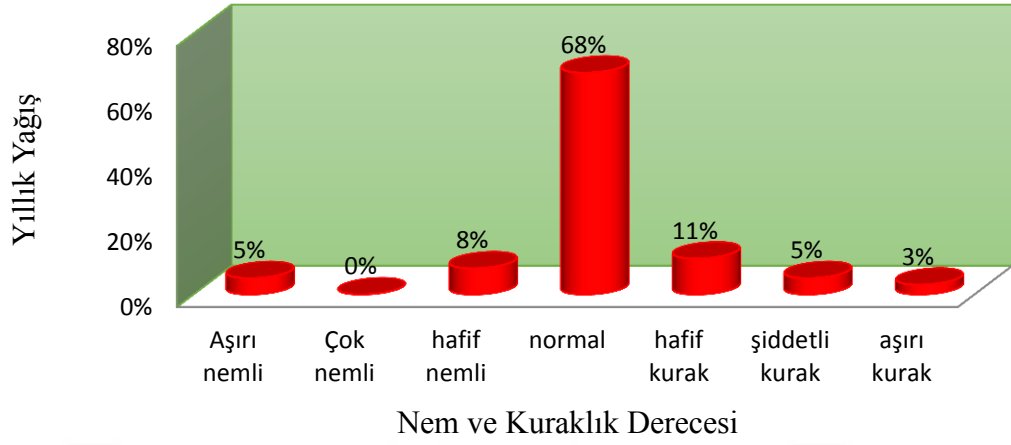
Bayburt İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin PNI Yöntemi ile sıklığı

SDI Metodu ile Bayburt İstasyonu'ndaki Sulak, kuraklık ve Normal Akış Yüzdesi



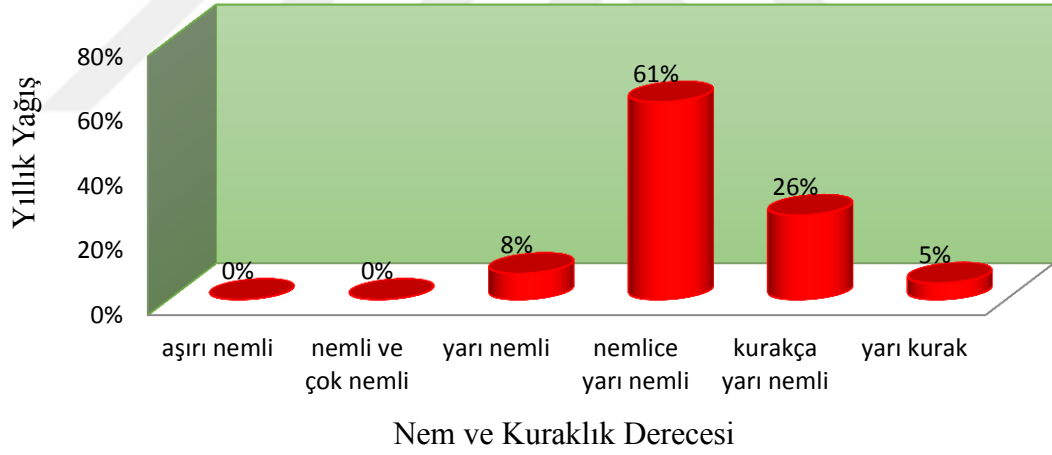
Bayburt İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin SDI Yöntemi ile Sıklığı

RDI Metodu ile Bayburt İstasyonu'ndaki Sulak, kuraklık ve Normal Yağış Yüzdesi



Bayburt İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin RDI Yöntemi ile Sıklığı

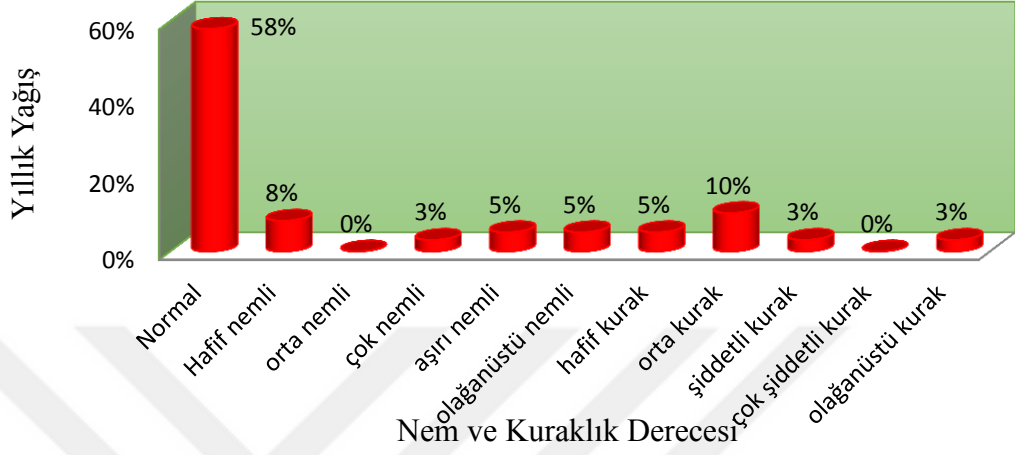
AI Metodu ile Bayburt İstasyonu'ndaki Sulak, kuraklık ve Normal Yağış Yüzdesi



Bayburt İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin AI Yöntemi ile Sıklığı

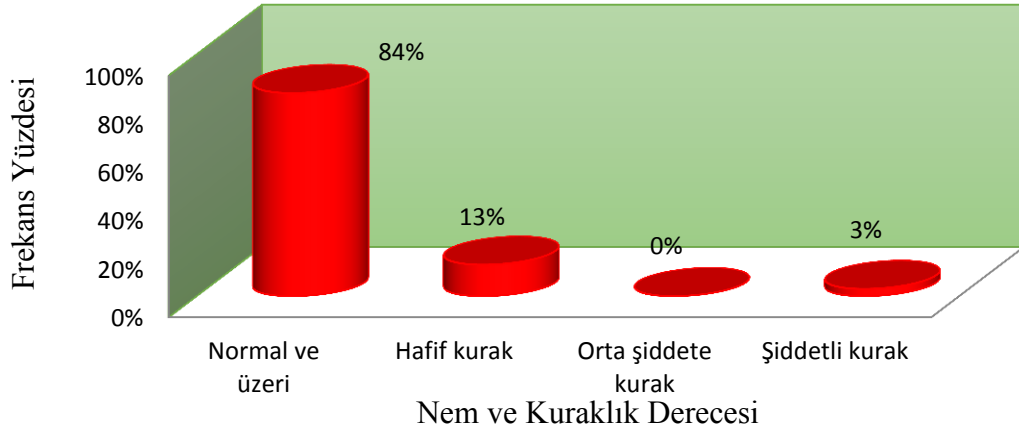
Gümüşhane istasyonunda nem, kuraklık, normal yağışların ve akışların yüzdesi, SPI, PNI, SDI RDI ve AI yöntemleriyle belirlenmiştir.

SPI Yöntemi ile Gümüşhane İstasyonunda Sulak Alan, kuraklık ve Normal Yağış Yüzdesi



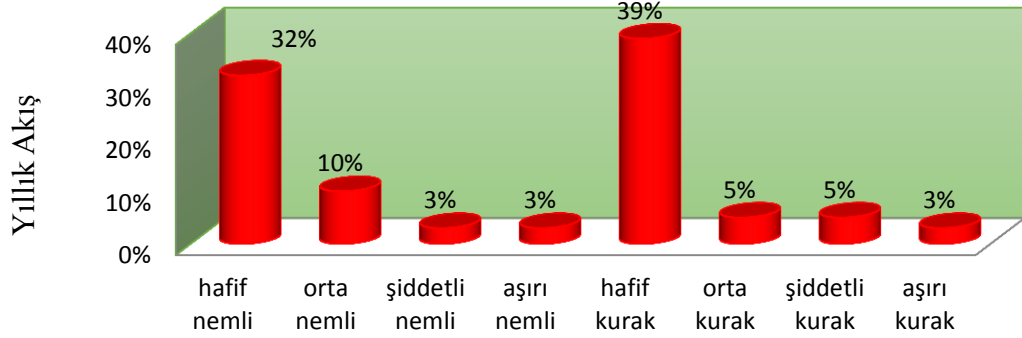
Gümüşhane İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin SPI Yöntemi ile Sıklığı

PNI Metodu ile Gümüşhane İstasyonu'ndaki Sulak, kuraklık ve Normal Yağış Yüzdesi



Gümüşhane İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin PNI Yöntemi ile Sıklığı

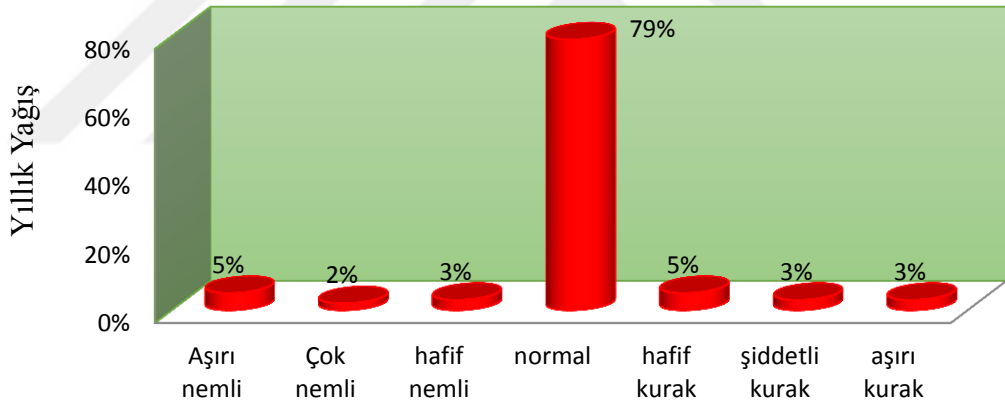
SDI Metodu ile Gümüşhane İstasyonu'ndaki Sulak, kuraklık ve Normal Akış Yüzdesi



Nem ve Kuraklık Derecesi

Gümüşhane İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin PNI Yöntemi ile Sıklığı

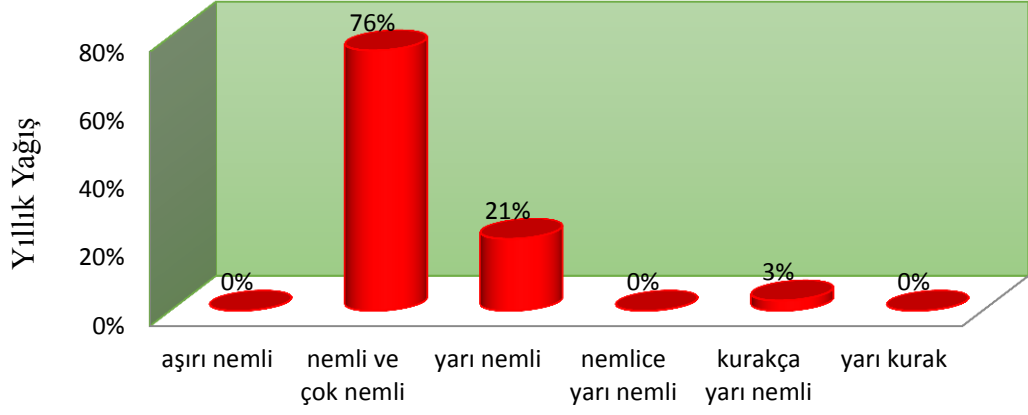
RDI Metodu ile Gümüşhane İstasyonu'ndaki Sulak, kuraklık ve Normal Yağış Yüzdesi



Nem ve Kuraklık Derecesi

Gümüşhane İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin RDI Yöntemi ile Sıklığı

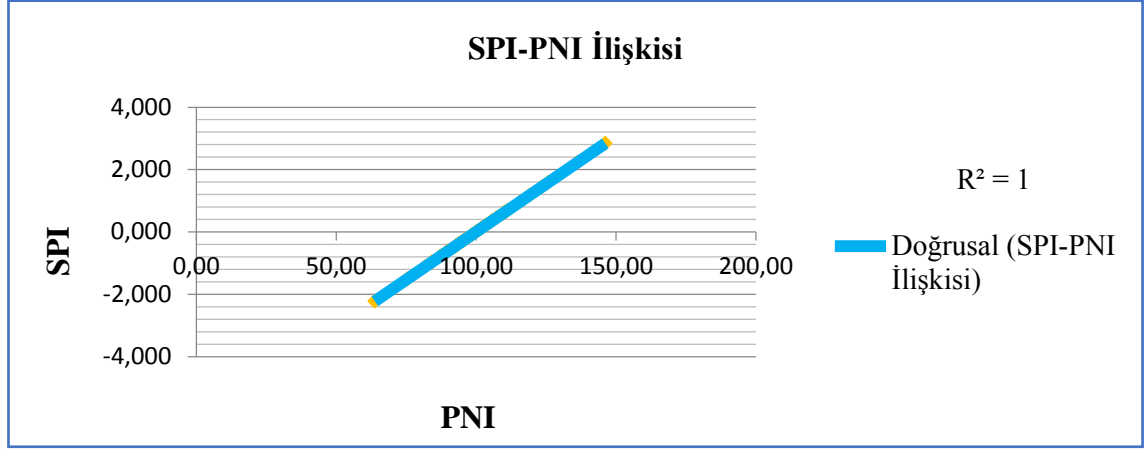
AI Metodu ile Gümüşhane İstasyonu'ndaki Sulak, kuraklık ve Normal Yağış Yüzdesi



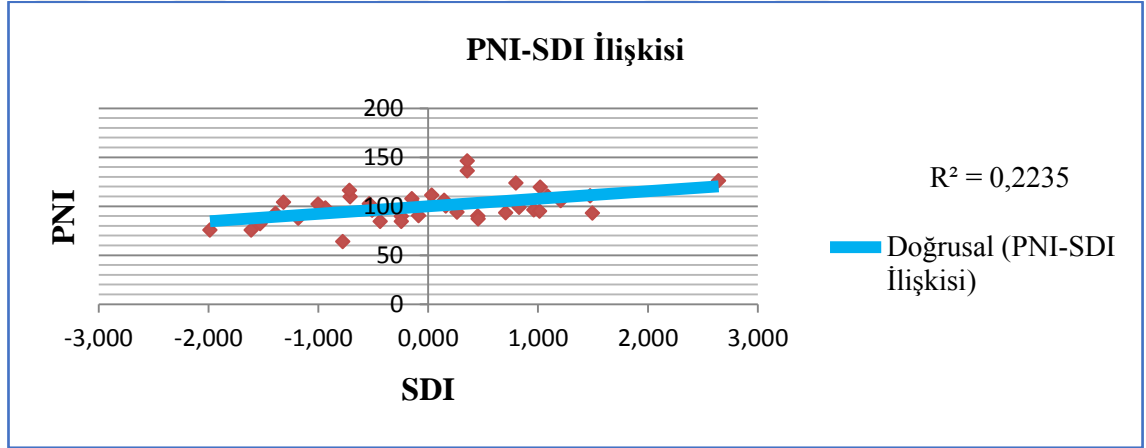
Nem ve Kuraklık Derecesi

Gümüşhane İstasyonunda Islak ve Kuru Yüzdelerin AI Yöntemi ile Sıklığı

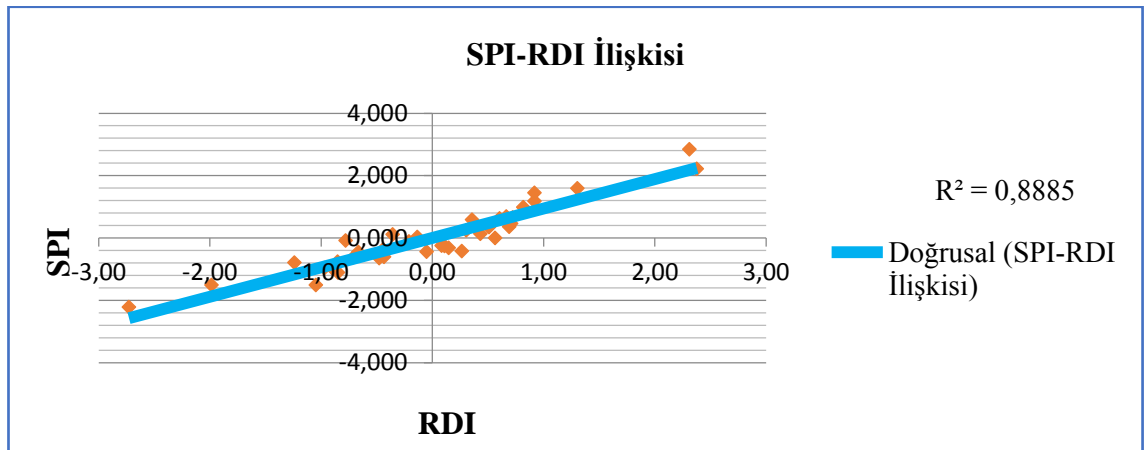
Ek-2.Erzincan İstasyonunda İndisler Arasındaki Korelasyon Katsayısının Araştırılması



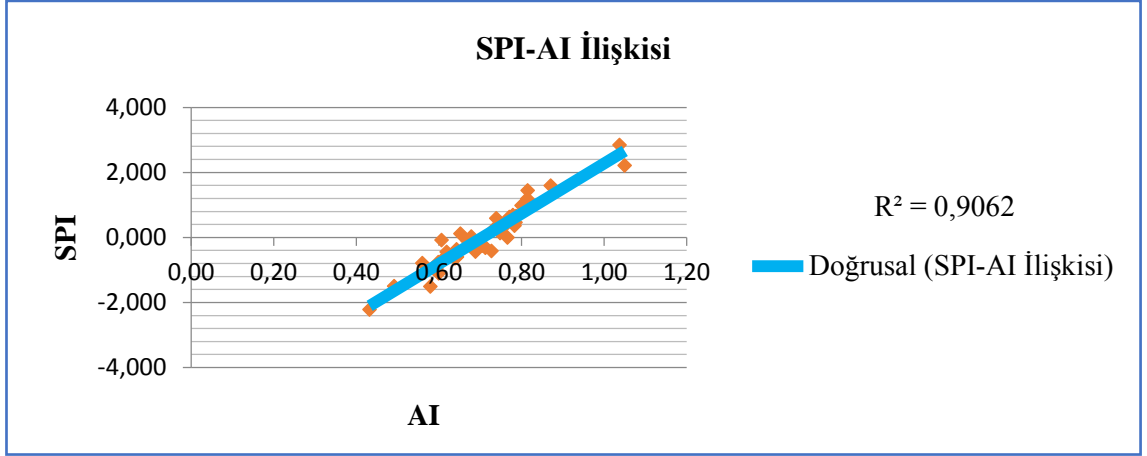
Erzincan İstasyonunda SPI İndeksinin PNI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



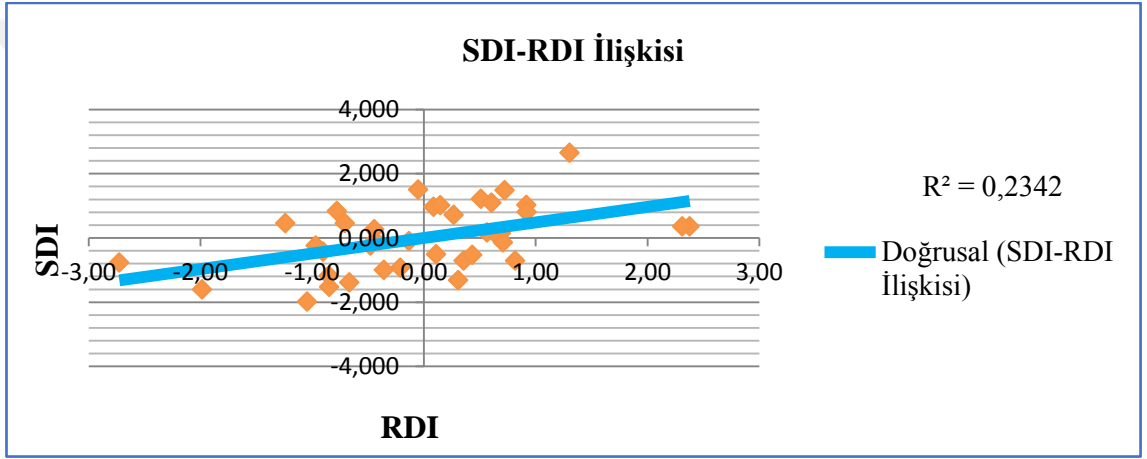
Erzincan İstasyonunda SDI İndeksinin PNI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



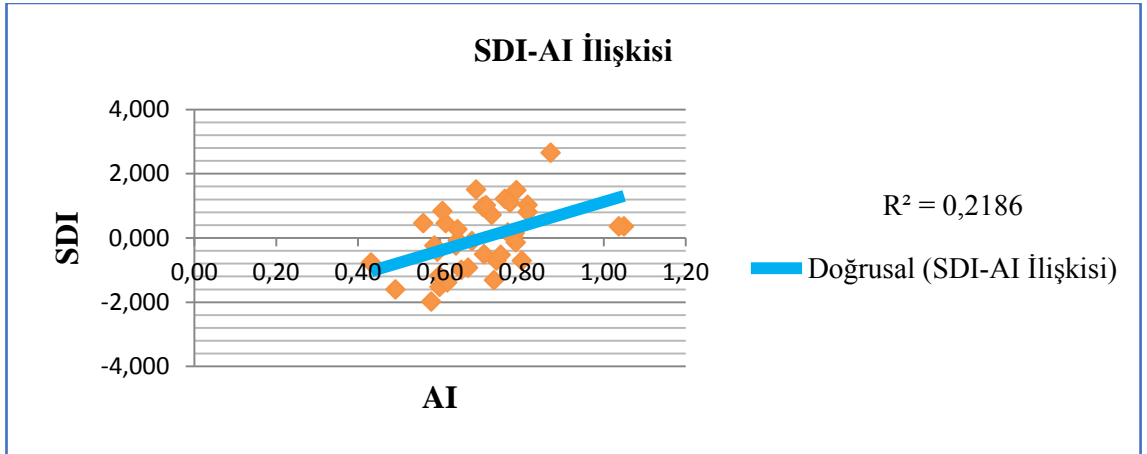
Erzincan İstasyonunda SPI İndeksinin RDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



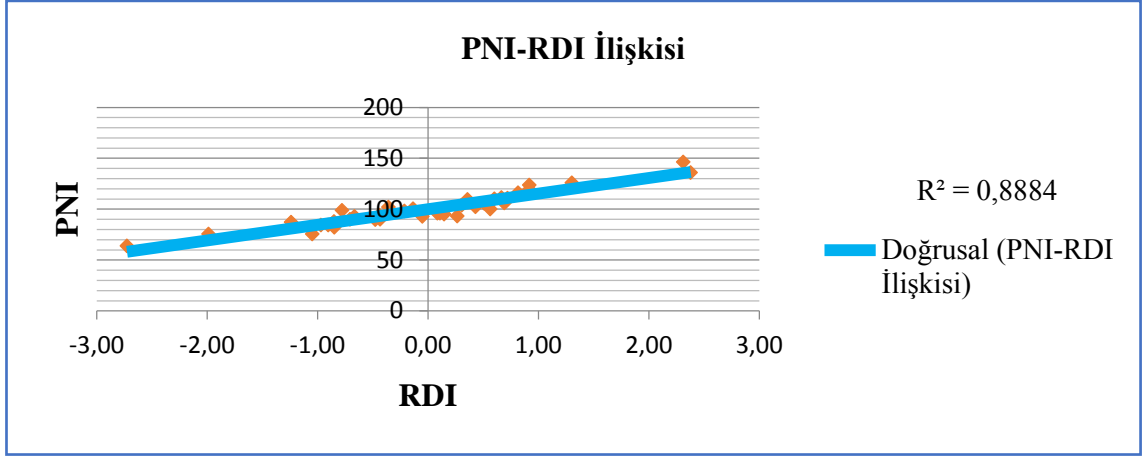
Erzincan İstasyonunda SPI İndeksinin AI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



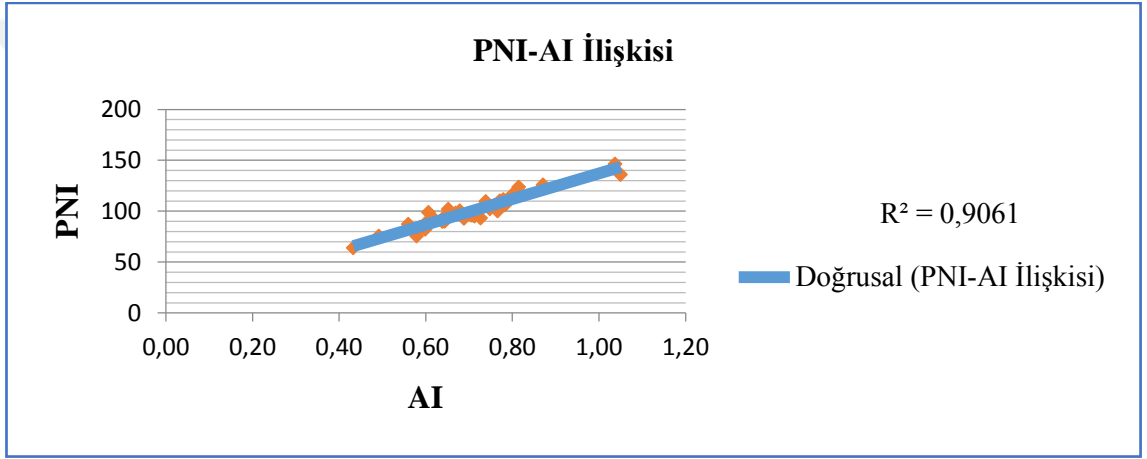
Erzincan İstasyonunda SDI İndeksinin RDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



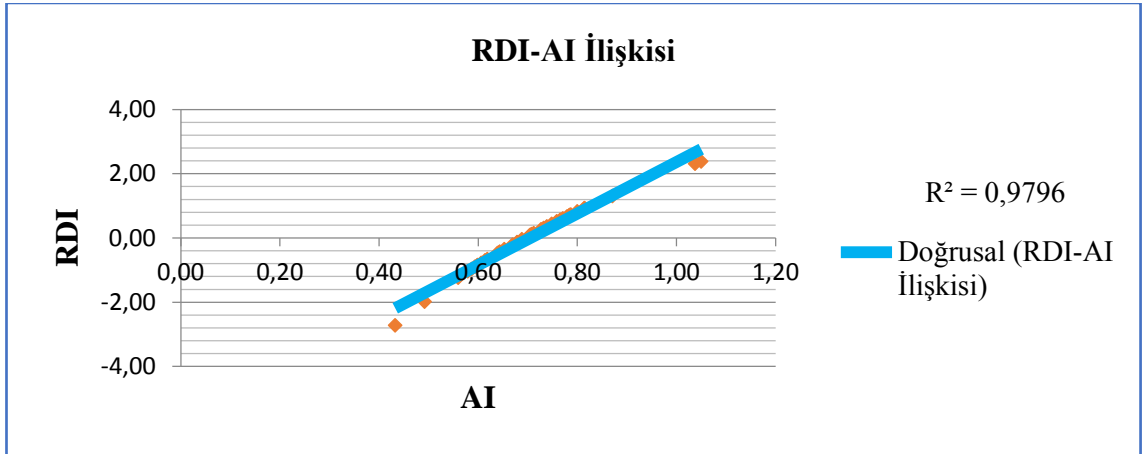
Erzincan İstasyonunda SDI İndeksinin AI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



Erzincan İstasyonunda PNI İndeksinin RDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu

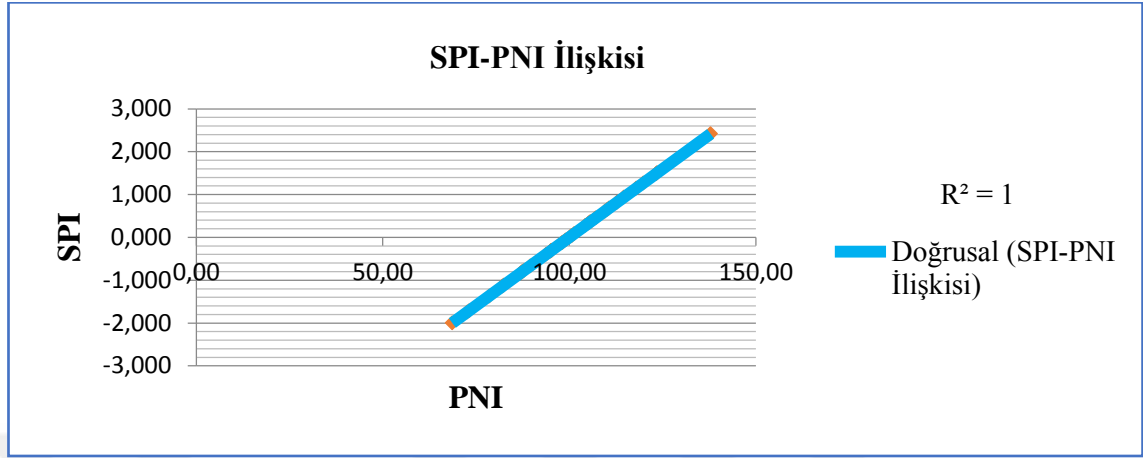


Erzincan İstasyonunda PNI İndeksinin AI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu

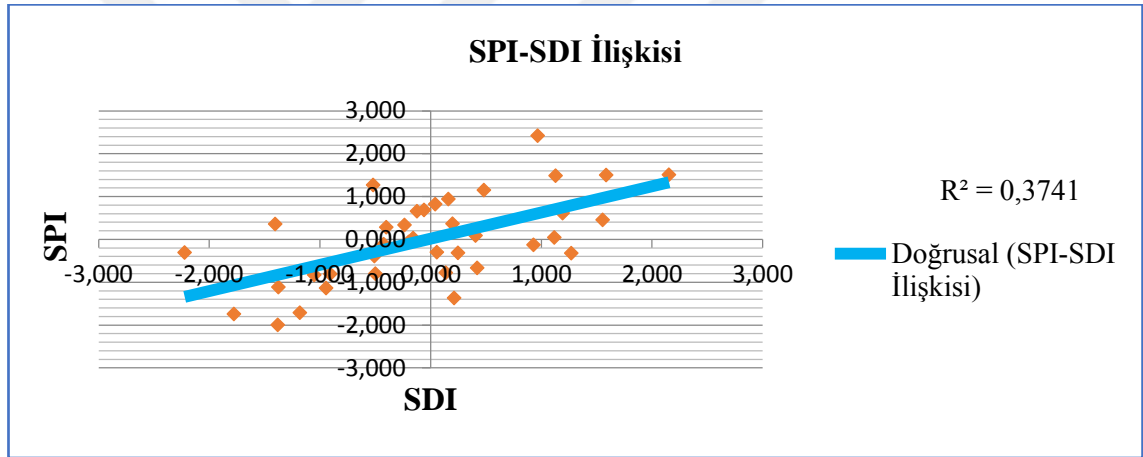


Erzincan İstasyonunda RDI İndeksinin AI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu

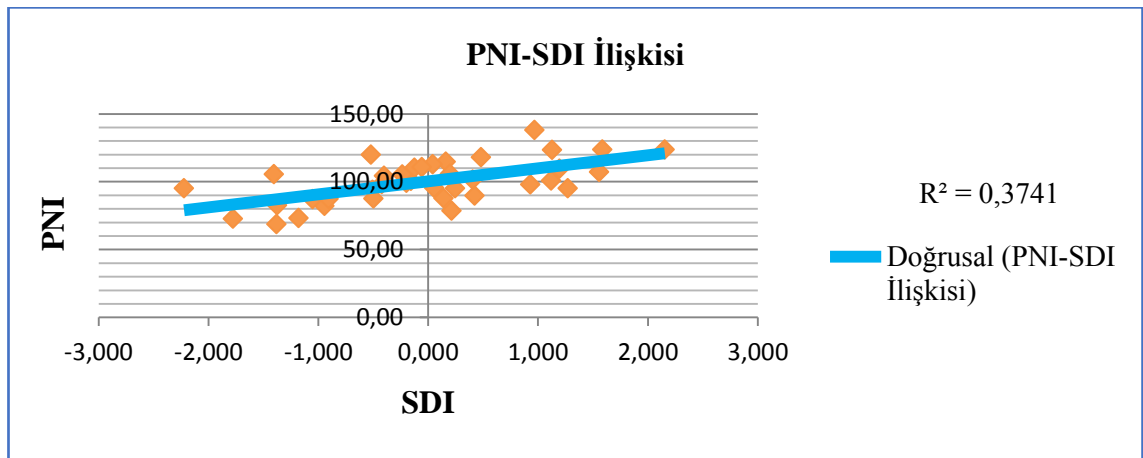
Bayburt İstasyonunda kullanılan indisler arasındaki korelasyon katsayısının araştırılması



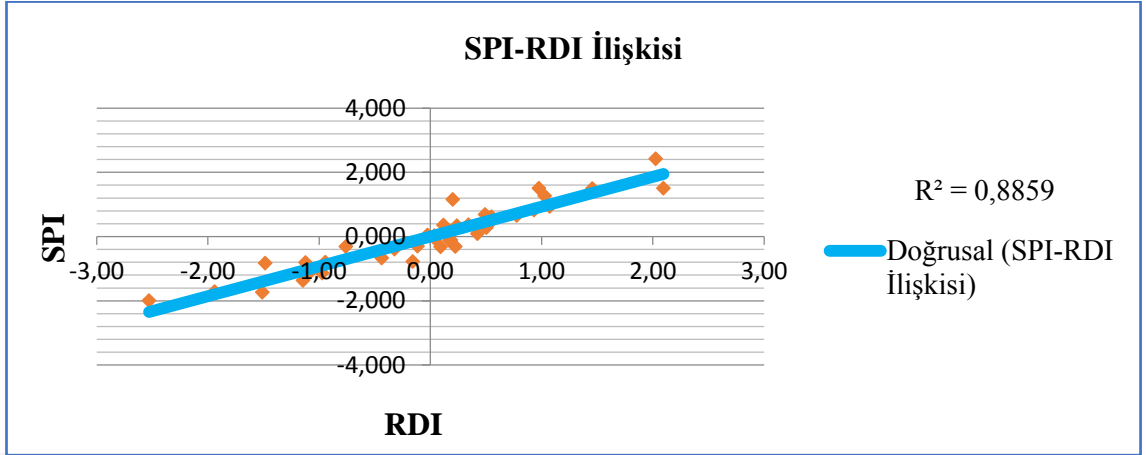
Bayburt İstasyonunda SPI İndeksinin PNI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



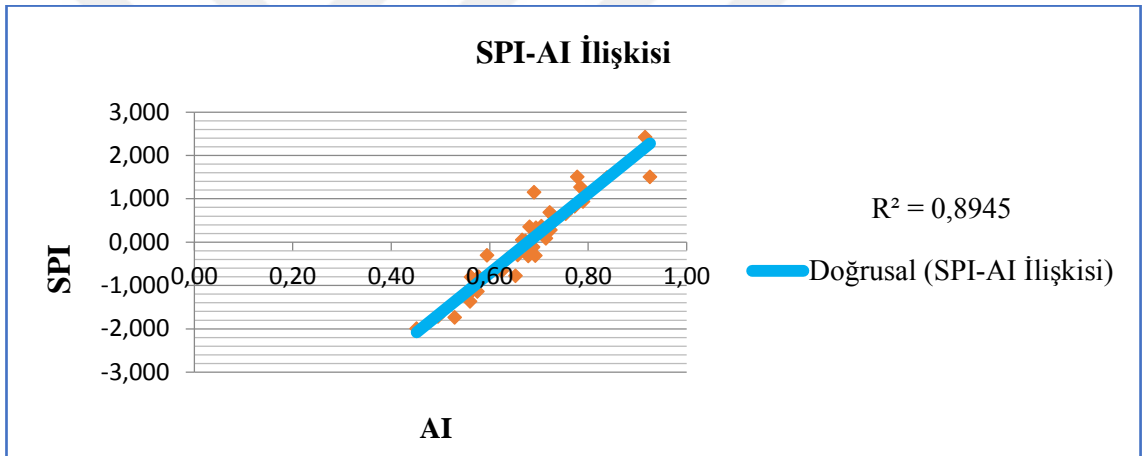
Bayburt İstasyonunda SPI İndeksinin SDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



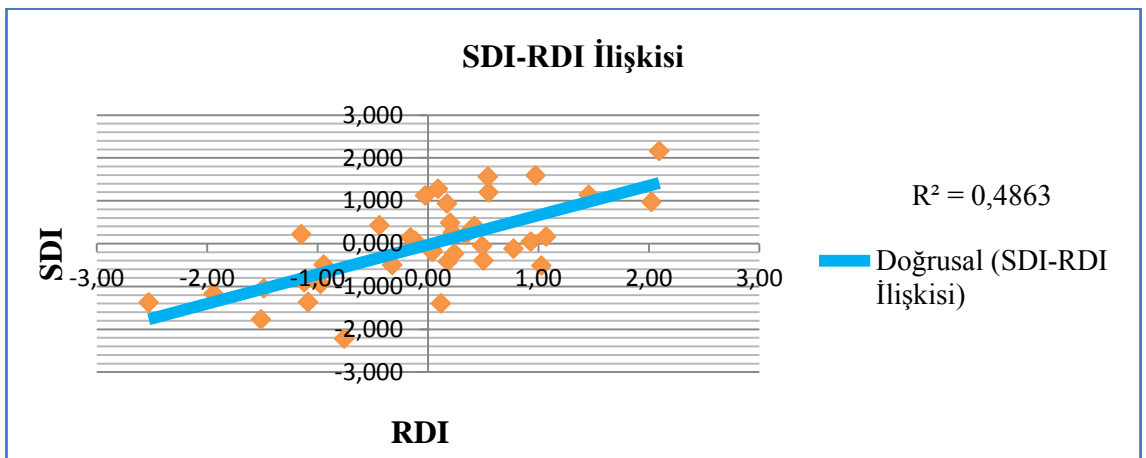
Bayburt İstasyonunda PNI İndeksinin SDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



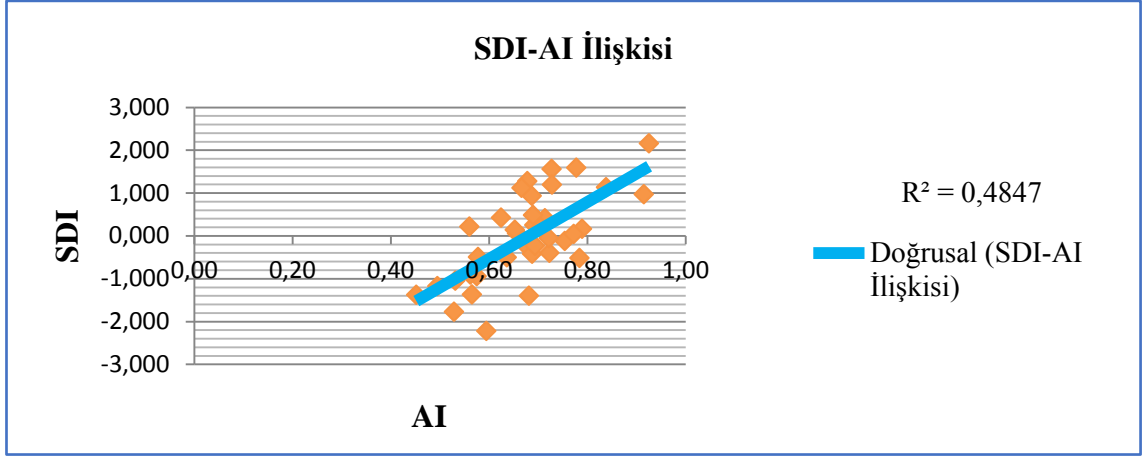
Bayburt İstasyonunda SPI İndeksinin RDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



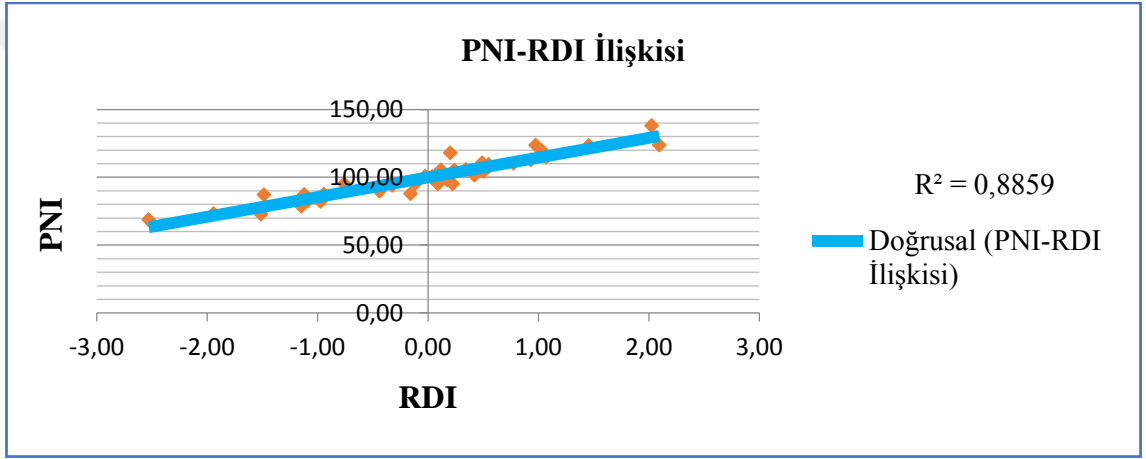
Bayburt İstasyonunda SPI İndeksinin AI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



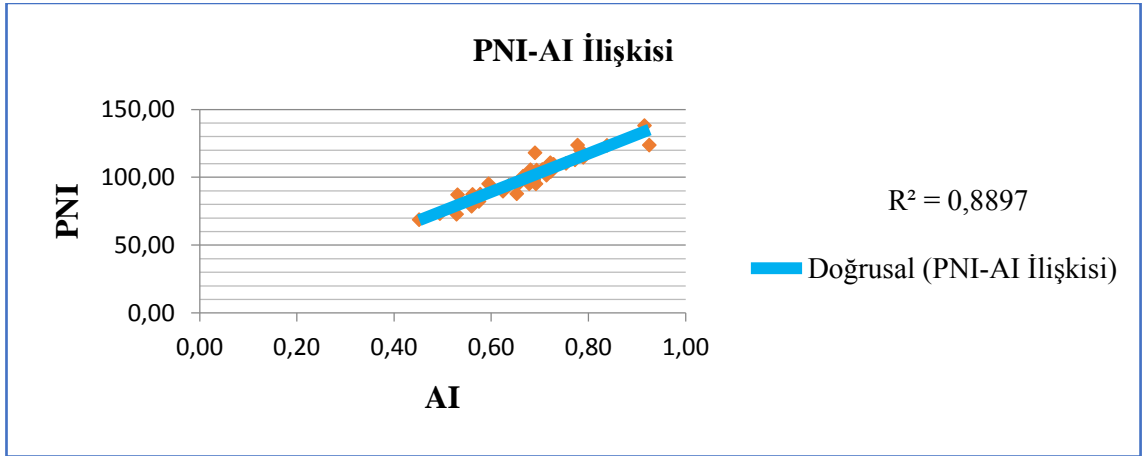
Bayburt İstasyonunda SDI İndeksinin RDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



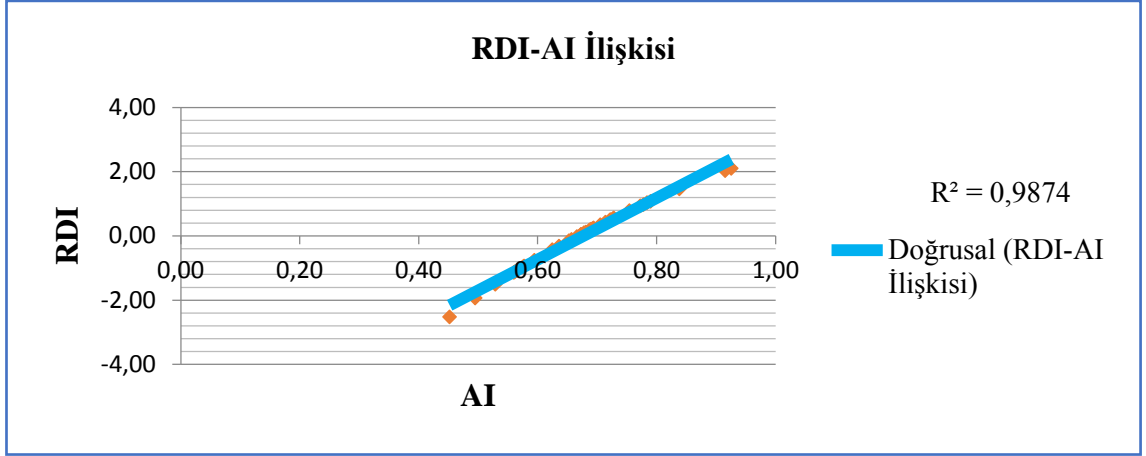
Bayburt İstasyonunda SDI İndeksinin AI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



Bayburt İstasyonunda PNI İndeksinin RDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu

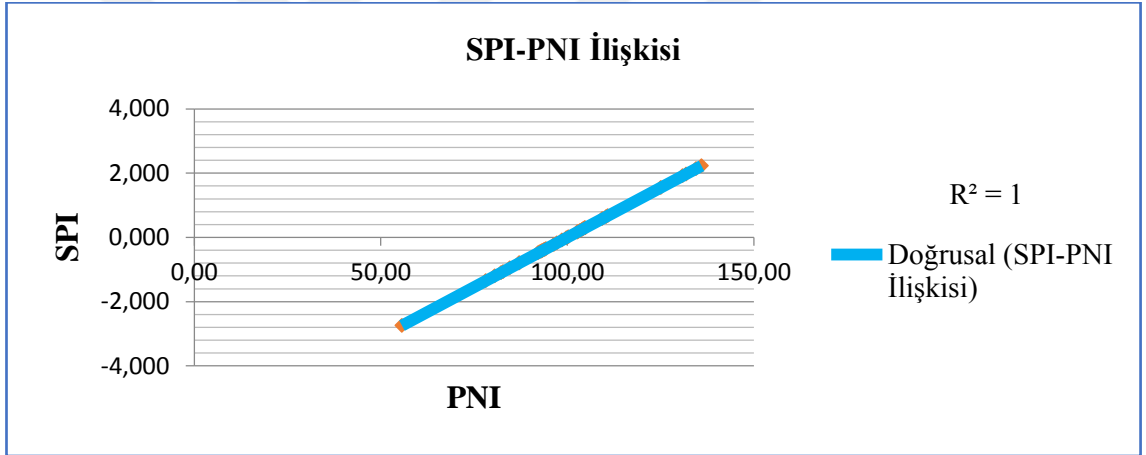


Bayburt İstasyonunda PNI İndeksinin AI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu

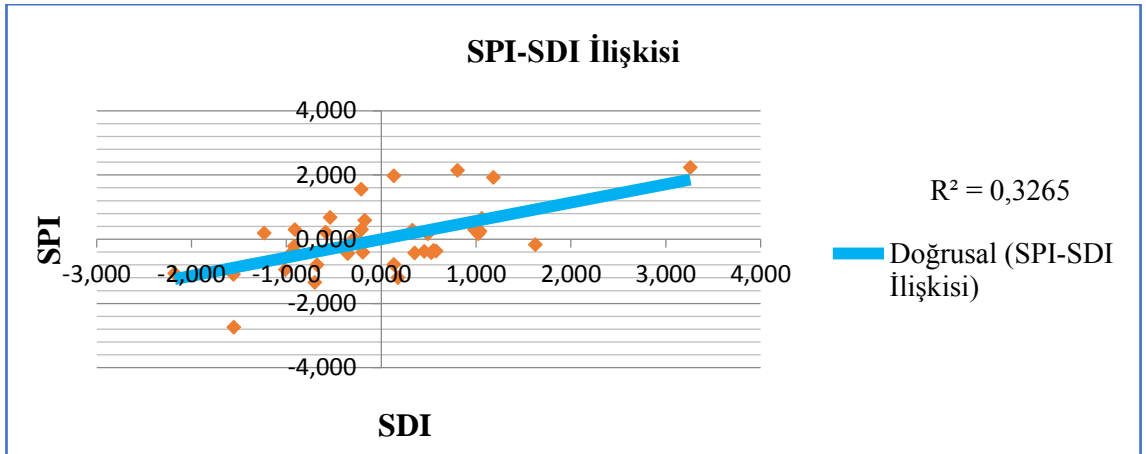


Bayburt İstasyonunda RDI İndeksinin AI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu

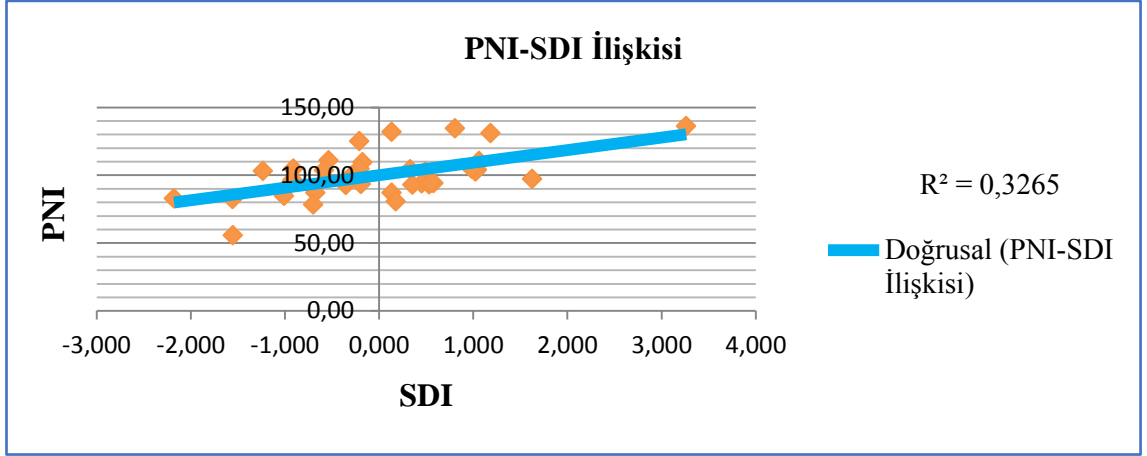
Gümüşhane İstasyonunda kullanılan indisler arasındaki korelasyon katsayısının araştırılması



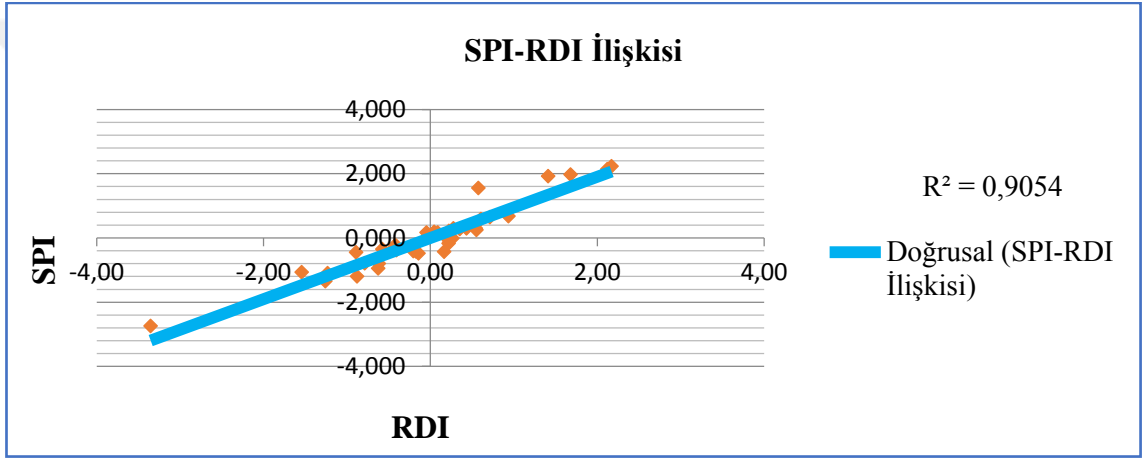
Gümüşhane İstasyonunda SPI İndeksinin PNI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



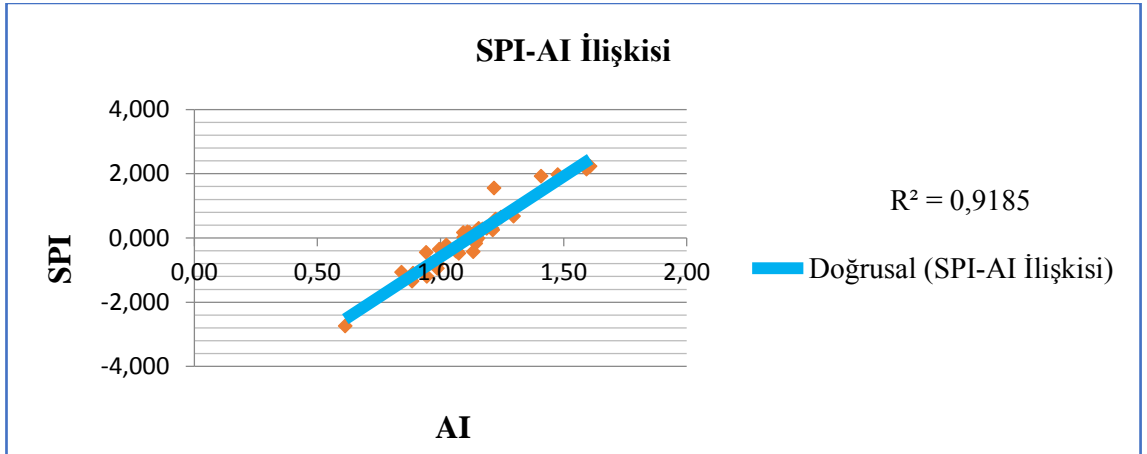
Gümüşhane İstasyonunda SPI İndeksinin SDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



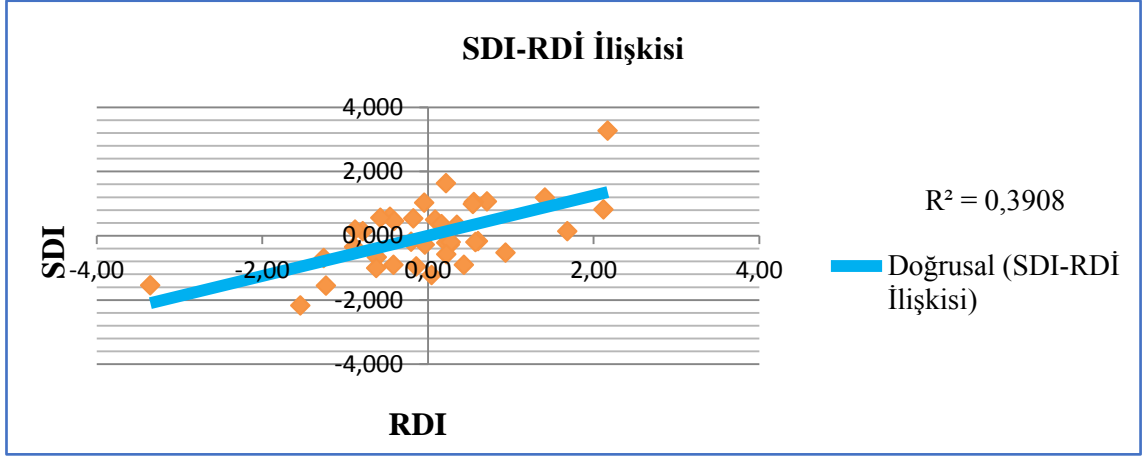
Gümüşhane İstasyonunda PNI İndeksinin SDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



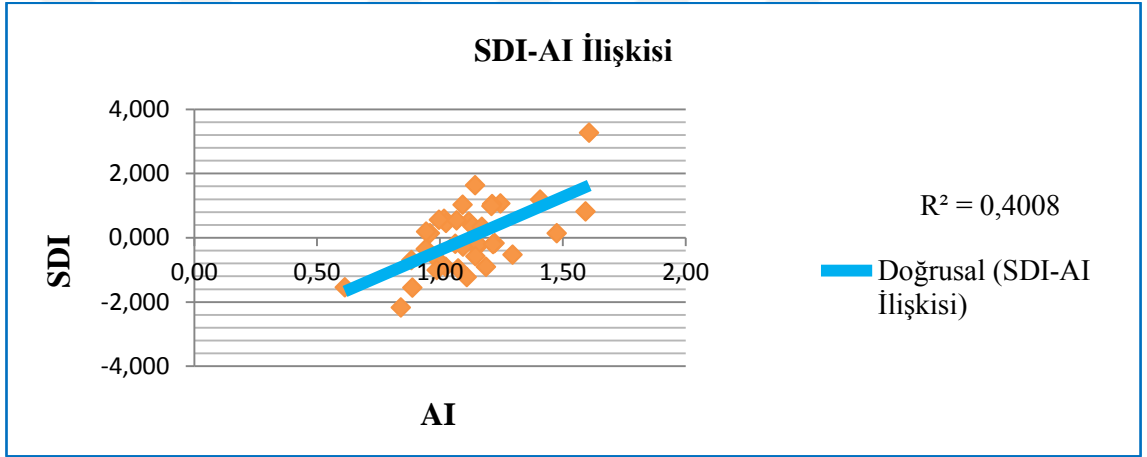
Gümüşhane İstasyonunda SPI İndeksinin RDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



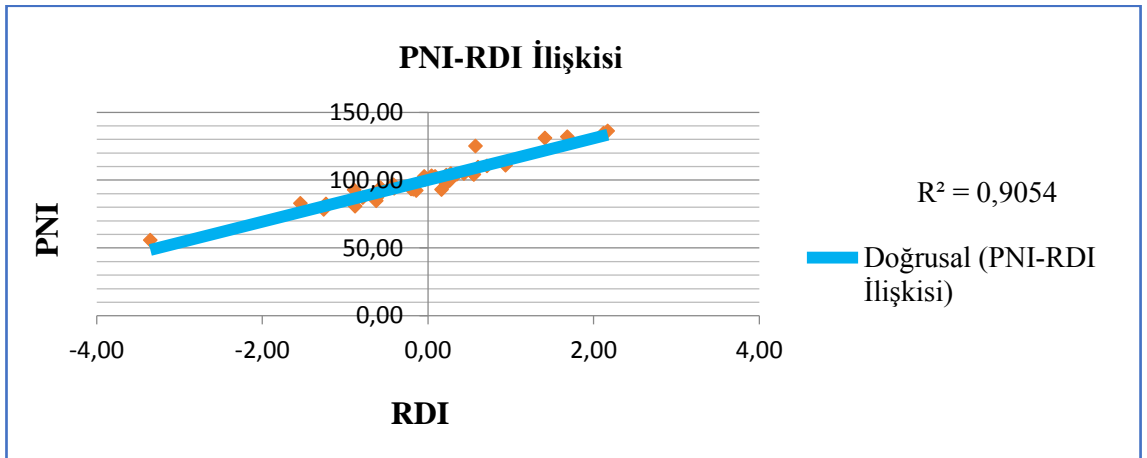
Gümüşhane İstasyonunda SPI İndeksinin AI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



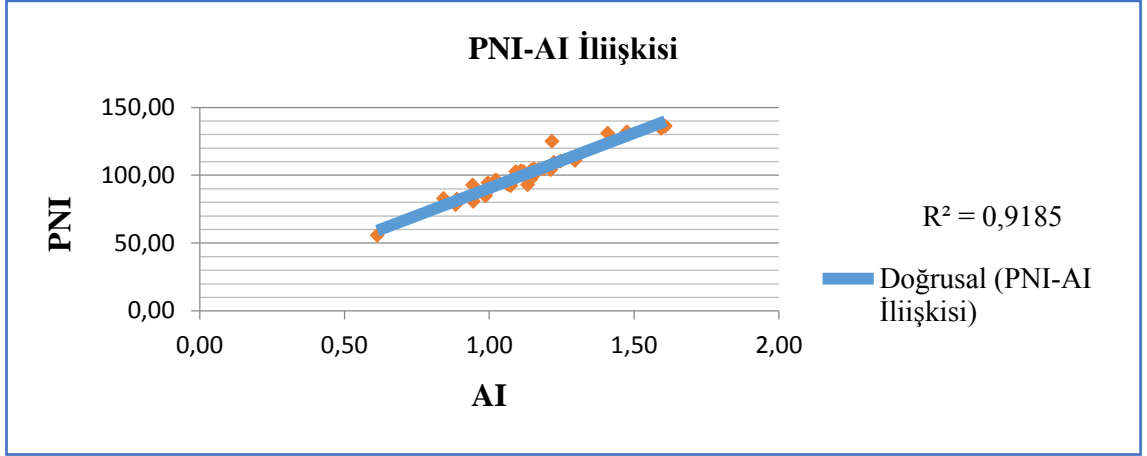
Gümüşhane İstasyonunda SDI İndeksinin RDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



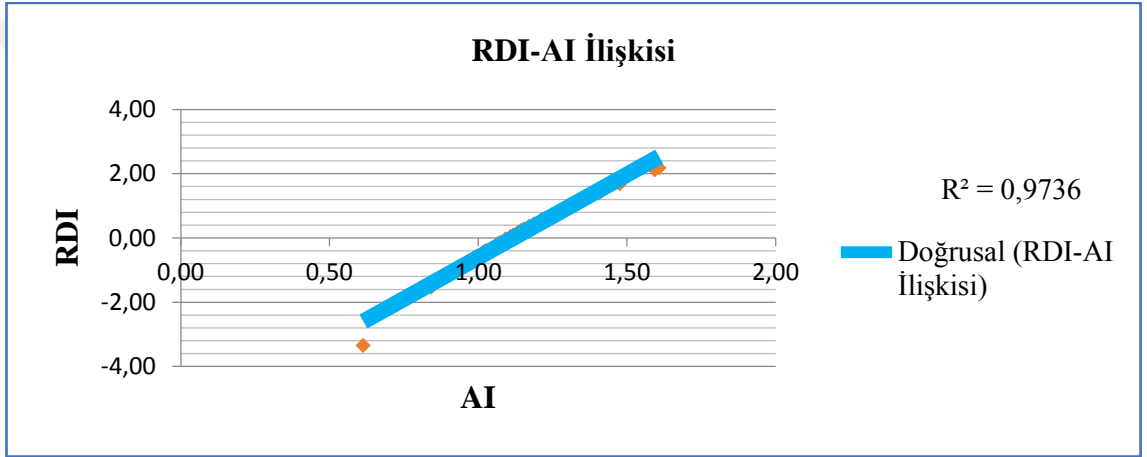
Gümüşhane İstasyonunda SDI İndeksinin AI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



Gümüşhane İstasyonunda PNI İndeksinin RDI İndeksi ile Doğrusal Korelasyonu



Gümüşhane İstasyonunda PNI İndeksinin AI İndeksi ile Doğrusal Korelasyon



Gümüşhane İstasyonunda PNI İndeksinin AI İndeksi ile Doğrusal Korelasyon

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Abdulsabir AKRAMY
Doğum Yeri : Ghor, Afganistan
Doğum Tarihi : 1991
Yabancı Diller : Türkçe, İngilizce
e-mail : akrami.sabir@gmail.com

Eğitim Durumu

- 2018/2020 – Devam Ediyor – Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi-İnşaat Mühendisliği Bölümü (Yüksek Lisans)
(Ağırlıklı Genel Not Ortalaması: 3.93/4.00)
- 2013 - 2017 – İnönü Üniversitesi - İnşaat Mühendisliği Bölümü (Lisans)
- 2009 - 2011 - Sultan Alavuddin Ghorî Yüksek Lisesi