

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

TÜRKİYE'DE KURAKLIK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖZDE NUR AKŞAN

DENİZLİ, TEMMUZ - 2021

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



TÜRKİYE'DE KURAKLIK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖZDE NUR AKŞAN

DENİZLİ, TEMMUZ - 2021

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından 2020FEBE03 nolu proje ile desteklenmiştir.**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

GÖZDE NUR AKŞAN

ÖZET

TÜRKİYE’DE KURAKLIK ANALİZİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GÖZDE NUR AKŞAN
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ÜLKER GÜNER BACANLI)

DENİZLİ, TEMMUZ - 2021

Kuraklık, tüm doğal tehlikelerin en karmaşığdır. Kuraklığa hazırlık planlamasında ilerleme olmaması ve ulusal kuraklık politikalarının geliştirilmesi bu karmaşıklığın bir yansımasıdır.

Tez kapsamında, meteorolojik kuraklık için Türkiye’nin 81 merkez istasyonundan alınan günlük, aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Aylık ortalama sıcaklıklardan yararlanarak Thornthwaite yöntemiyle elde edilen potansiyel evapotranspirasyon (PET) hesaplanmıştır. Kullanılan parametreye göre kuraklık indeksleri dörde ayrılmıştır. 1) Yalnızca yağışın kullanıldığı, 2) Yalnızca PET değerlerinin kullanıldığı, 3) Yağış ve PET’in kullanıldığı ve 4) Yağış ve sıcaklığın kullanıldığı kuraklık indeksleridir.

Tarımsal kuraklık için 19.08.2019 – 30.08.2019 zamanlarına ait 63 adet Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılarak bitki indeks modellerinden NDVI ile kuraklık analizi yapılmıştır.

Hidrolojik kuraklık için 1979-2015 yılları arası aylık ortalama akım verileri kullanılarak 10 AGİ üzerindeki kuraklık analiz edilmiştir. 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemlere ayrılarak hidrolojik kuraklık belirlenmeye çalışılmıştır.

Sonuçlara göre WASP, CZI, SPI ve ZSI indekslerinde tüm bölgelerde benzer sonuçlar gözlenmiştir. PNPI ve RAI indekslerine göre bölgelerin kurak değerleri fazladır. DI’ya göre genel olarak temmuz ve ağustos aylarında düşük yağış gözlenmiştir. EDDI’ya göre genellikle seviye 0’ın gözlendiği ay aralık olurken, seviye 4’ün gözlendiği ay temmuz ayıdır. SPEI ve RDI indekslerine göre tüm istasyonlarda normale yakın koşullar görülmüştür. I_p ve HTC indeksleri benzer sonuçlar ortaya koymaktadır. Aylık ve yıllık olarak kontrol edilen DMAI indeksi ile daha detaylı sonuçlar elde edilmiştir.

NDVI sonuçlarına göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesinde kuraklığın olduğu tespit edilmiştir.

SSFİ’ya göre istasyonda kuraklık yok iken, SDI’ya göre hafif kuraklık söz konusudur.

ANAHTAR KELİMELER: Kuraklık, Yağış, Sıcaklık, Potansiyel Evapotranspirasyon (PET), Meteorolojik Kuraklık, Tarımsal Kuraklık, Hidrolojik Kuraklık

ABSTRACT

DROUGHT ANALYSIS IN TURKEY

MSC THESIS

GÖZDE NUR AKŞAN

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CIVIL ENGINEERING

(SUPERVISOR:PROF. DR. ÜLKER GÜNER BACANLI)

DENİZLİ, JULY 2021

Drought is the most complex of all-natural hazards. The lack of progress in drought preparedness planning and the development of national drought policies is a reflection of this complexity.

Within the scope of the thesis, meteorological drought analysis was carried out with daily, monthly total rainfall and monthly average temperature data taken from 81 Central stations of Turkey for meteorological drought. The potential evapotranspiration (PET) obtained by the Thornthwaite method was calculated using monthly average temperatures. According to the parameter used, drought indices are divided into four. 1) drought indices where only precipitation is used, 2) only PET values are used, 3) precipitation and pet are used, and 4) precipitation and temperature are used.

Drought analysis with NDVI from plant index models was performed using 63 Landsat – 8 satellite images for agricultural drought from 19.08.2019-30.08.2019.

For hydrological drought, droughts over 10 current observation stations were analyzed using monthly average current data from 1979-2015. An attempt was made to determine hydrological drought by dividing it into 3, 6, 9 and 12-month periods.

According to the results, similar results were observed in all regions in the Wasp, CZI, SPI and ZSI indices. According to PNPI and RAI indices, regions have high arid values. July and August generally saw low rainfall, according to DI. July is December, while the month when Level 0 is observed is July, the month when Level 4 is observed, according to EDDI. According to SPEI and RDI indices, close to normal conditions were observed at all stations. I_p and HTC indices show similar results. More detailed results were obtained with the DMAI index, which was checked monthly and annually.

According to NDVI results, drought was found in Southeastern Anatolia Region and Eastern Anatolia Region.

According to the SSFI, there is no drought at the station, while according to the SDI, there is a slight drought.

KEYWORDS: Drought, Precipitation, Temperature, Potential Evapotranspiration (PET), Meteorological Drought, Agricultural Drought, Hydrological Drought

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vii
KISALTMALARA LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	14
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	16
1.2 Literatür Özeti	17
2. MATERYAL.....	27
2.1 Çalışma Alanı	27
2.2 Meteoroloji İstasyonları ve Verileri	28
2.3 Uydu Verileri.....	31
2.4 Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) ve Verileri.....	32
3. KURAKLIK İNDEKSLERİ.....	34
3.1 Meteorolojik Kuraklık İndeksleri	38
3.1.1 Yağışa Dayalı Meteorolojik Kuraklık İndeksleri.....	38
3.1.1.1 Ağırlıklı Anomali Standart Yağış İndeksi (WASP).....	38
3.1.1.2 Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi (PNPI).....	39
3.1.1.3 Ondalık Kuraklık İndeksi (DI)	39
3.1.1.4 Standart Yağış İndeksi (SPI).....	40
3.1.1.5 Yağış Konsantrasyon İndeksi (PCI).....	41
3.1.1.6 Çin Z İndeksi (CZI).....	41
3.1.1.7 Efektif Kuraklık İndeksi (EDI)	42
3.1.1.8 Yağış Anomali İndeksi (RAI)	42
3.1.1.9 Z-Skor İndeksi (ZSI)	43
3.1.2 Potansiyel Evapotranspirasyon'a (PET) Dayalı Meteorolojik Kuraklık İndeksi	43
3.1.2.1 Evaporatif Talep Kuraklık İndeksi (EDDI).....	43
3.1.3 Yağış ve PET'e Dayalı Meteorolojik Kuraklık İndeksleri	44
3.1.3.1 Keşif Kuraklık İndeksi (RDI)	45
3.1.3.2 Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI).....	46
3.1.4 Yağış ve Sıcaklığa Dayalı Meteorolojik Kuraklık İndeksleri.....	47
3.1.4.1 De Martonne Kuraklık İndeksi (DMAI)	47
3.1.4.2 Pinna Kombinasyon İndeksi	48
3.1.4.3 Selyaninov'un Hidrotermal Katsayısı (HTC)	48
3.2 Tarımsal Kuraklık İndeksi.....	48
3.2.1 Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI).....	48
3.3 Hidrolojik Kuraklık İndeksleri	49
3.3.1 Standartlaştırılmış Akım Kuraklık İndeksi (SSFI)	49
3.3.2 Akım Kuraklık İndeksi (SDI)	50
4. BULGULAR	51
4.1 Meteorolojik Kuraklık Analizi	51

4.1.1	Yağışa Dayalı Meteorolojik Kuraklık Analizi.....	51
4.1.1.1	Akdeniz Bölgesi	51
4.1.1.2	Doğu Anadolu Bölgesi.....	55
4.1.1.3	Ege Bölgesi	59
4.1.1.4	Güneydoğu Anadolu Bölgesi	62
4.1.1.5	İç Anadolu Bölgesi.....	65
4.1.1.6	Karadeniz Bölgesi	69
4.1.1.7	Marmara Bölgesi.....	73
4.1.2	Potansiyel Evapotranspirasyona (PET) Dayalı Meteorolojik Kuraklık Analizi	77
4.1.2.1	Akdeniz Bölgesi	77
4.1.2.2	Doğu Anadolu Bölgesi.....	78
4.1.2.3	Ege Bölgesi	79
4.1.2.4	Güneydoğu Anadolu Bölgesi	80
4.1.2.5	İç Anadolu Bölgesi.....	81
4.1.2.6	Karadeniz Bölgesi	82
4.1.2.7	Marmara Bölgesi.....	83
4.1.3	Yağış ve PET'e Dayalı Meteorolojik Kuraklık Analizi.....	84
4.1.3.1	Akdeniz Bölgesi	84
4.1.3.2	Doğu Anadolu Bölgesi.....	85
4.1.3.3	Ege Bölgesi	86
4.1.3.4	Güneydoğu Anadolu Bölgesi	87
4.1.3.5	İç Anadolu Bölgesi.....	88
4.1.3.6	Karadeniz Bölgesi	89
4.1.3.7	Marmara Bölgesi.....	90
4.1.4	Yağış ve Sıcaklığa Dayalı Meteorolojik Kuraklık Analizi.....	91
4.1.4.1	Akdeniz Bölgesi	91
4.1.4.2	Doğu Anadolu Bölgesi.....	92
4.1.4.3	Ege Bölgesi	93
4.1.4.4	Güneydoğu Anadolu Bölgesi	94
4.1.4.5	İç Anadolu Bölgesi.....	95
4.1.4.6	Karadeniz Bölgesi	97
4.1.4.7	Marmara Bölgesi.....	98
4.3	Tarımsal Kuraklık Analizi	100
4.4	Hidrolojik Kuraklık Analizi	101
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	107
6.	KAYNAKLAR.....	110
7.	EKLER.....	123
	EK A1: Tez kapsamında kullanılan meteoroloji istasyonları.....	123
8.	ÖZGEÇMİŞ.....	126

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Kuraklığın sınıflandırılması ve zaman içinde yayılması (Wilhite, 2000)	15
Şekil 2.1: Türkiye'nin Coğrafik Bölgeleri	27
Şekil 2.2: Türkiye için Köppen iklim sınıflandırması (Köppen, 1918)	28
Şekil 2.3: Türkiye'deki coğrafik bölgelerde numaralarına göre meteoroloji istasyonlarının dağılımı (MGM)	29
Şekil 2.4: 1950-2019 yıllık ortalama a) yağış ve b) sıcaklık haritası	30
Şekil 2.5: 1950-2019 yıllık ortalama PET (Thornthwaite) haritası	31
Şekil 2.6: Türkiye akarsu havzaları	33
Şekil 3.1: Belirli bir eşik seviyesi için kuraklık özellikleri (Mishra ve Singh, 2011)	35
Şekil 4.1: Akdeniz Bölgesi için IDW analizinden elde edilen Mevsimsel PCI sonuçları	52
Şekil 4.2: Mevsimsel PCI sonuçlarına göre Doğu Anadolu Bölgesi IDW analizi	55
Şekil 4.3: Mevsimsel PCI sonuçlarına göre Ege Bölgesi IDW analizi	59
Şekil 4.4: Mevsimsel PCI sonuçlarına göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi IDW analizi	62
Şekil 4.5: Mevsimsel PCI sonuçlarına göre İç Anadolu Bölgesi IDW analizi	65
Şekil 4.6: Mevsimsel PCI sonuçlarına göre Karadeniz Bölgesi IDW analizi	69
Şekil 4.7: Mevsimsel PCI sonuçlarına göre Marmara Bölgesi IDW analizi	73
Şekil 4.8: Spline yöntemi ile Akdeniz Bölgesi EDDI haritası	77
Şekil 4.9: Spline yöntemi ile Doğu Anadolu Bölgesi EDDI haritası	78
Şekil 4.10: Spline yöntemi ile Ege Bölgesi EDDI haritası	79
Şekil 4.11: Spline yöntemi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi EDDI haritası	80
Şekil 4.12: Spline yöntemi ile İç Anadolu Bölgesi EDDI haritası	81
Şekil 4.13: Spline yöntemi ile Karadeniz Bölgesi EDDI haritası	82
Şekil 4.14: Spline yöntemi ile Marmara Bölgesi EDDI haritası	83
Şekil 4.15: Adana İstasyonuna ait SPEI ve RDI _{st} kıyaslaması	84
Şekil 4.16: Ağrı İstasyonuna ait SPEI ve RDI _{st} kıyaslaması	85
Şekil 4.17: Afyonkarahisar İstasyonuna ait SPEI ve RDI _{st} kıyaslaması	86
Şekil 4.18: Diyarbakır İstasyonuna ait SPEI ve RDI _{st} kıyaslaması	87
Şekil 4.19: Ankara İstasyonuna ait SPEI ve RDI _{st} kıyaslaması	88
Şekil 4.20: Rize İstasyonuna ait SPEI ve RDI _{st} kıyaslaması	89
Şekil 4.21: Balıkesir İstasyonuna ait SPEI ve RDI _{st} kıyaslaması	90
Şekil 4.22: Türkiye'nin Google Earth ve NDVI sonucu görüntüsü	101
Şekil 4.23: D01A008'de zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması.	102
Şekil 4.24: D03A020'de zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması.	102
Şekil 4.25: D10A027'de zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması.	103
Şekil 4.26: D11A015'te zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması .	103

Şekil 4.27: D12A033'te zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması .	
.....	104
Şekil 4.28: D16A101'de zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması.	
.....	104
Şekil 4.29: D17A016'de zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması.	
.....	105
Şekil 4.30: D21A096'da zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması.	
.....	105
Şekil 4.31: D24A018'de zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması.	
.....	106
Şekil 4.32: D25A013'te zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması .	
.....	106

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Landsat 8-9 bantları ve özellikleri (Gönenç, 2019)	32
Tablo 2.2: Tez kapsamında kullanılan hidrolojik istasyonları	33
Tablo 3.1: Kuraklık İndeksleri (WMO, 2016)	36
Tablo 3.1 (devamı): Kuraklık İndeksleri (WMO, 2016).....	37
Tablo 3.2: İndeks değerine göre çeşitli kuraklık indekslerinin kurak ve nemli kategorileri (Jain ve diğ., 2015; Adnan ve diğ., 2018).....	38
Tablo 3.3: PNPI'ye göre indeks değerleri ve sınıflandırma (Adnan ve diğ., 2018)	39
Tablo 3.4: Ondalık Kuraklık İndeks 'inin sınıflandırması	40
Tablo 3.5: PCI'nin sınıflandırması (De Luis ve diğ., 2011)	41
Tablo 3.6: RAI yoğunluğunun sınıflandırılması (Costa ve Rodrigues, 2017) ..	43
Tablo 3.7: EDDI kuraklık seviyesi sınıflandırması (Yao ve diğ., 2018)	44
Tablo 3.8: RDI ve SPEI'nin kuraklık sınıflandırması (Wable ve diğ., 2018) ...	45
Tablo 3.9: I _{DM} , I _M , I _P ve HTC kuraklık sınıflandırması (Vlăduț ve Licurici, 2020)	47
Tablo 3.10: SSFI ve SDI yardımı ile hidrolojik kuraklık durumlarının tanımı (Tigkas ve diğ., 2013; Li ve diğ., 2013).....	50
Tablo 4.1: Akdeniz Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)	53
Tablo 4.2: Akdeniz Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)	53
Tablo 4.3: Akdeniz Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)	53
Tablo 4.4: Adana Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde)	54
Tablo 4.5: Doğu Anadolu Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	56
Tablo 4.5 (devamı): Doğu Anadolu Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	56
Tablo 4.6: Doğu Anadolu Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	56
Tablo 4.6 (devamı): Doğu Anadolu Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)	57
Tablo 4.7: Doğu Anadolu Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	57
Tablo 4.7 (devamı): Doğu Anadolu Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	57
Tablo 4.8: Ağrı Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde).....	58
Tablo 4.9: Ege Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)...	60
Tablo 4.10: Ege Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)...	60
Tablo 4.11: Ege Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)...	60

Tablo 4.12: Afyonkarahisar Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde)	61
Tablo 4.13: Güneydoğu Anadolu Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	63
Tablo 4.14: Güneydoğu Anadolu Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	63
Tablo 4.15: Güneydoğu Anadolu Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	63
Tablo 4.16: Diyarbakır Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde)	64
Tablo 4.17: İç Anadolu Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	66
Tablo 4.17 (devamı): İç Anadolu Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	66
Tablo 4.18: İç Anadolu Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	66
Tablo 4.18 (devamı): İç Anadolu Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	67
Tablo 4.19: İç Anadolu Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	67
Tablo 4.19 (devamı): İç Anadolu Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	67
Tablo 4.20: Ankara Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde)	68
Tablo 4.21: Karadeniz Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)	70
Tablo 4.21 (devamı): Karadeniz Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	70
Tablo 4.22: Karadeniz Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	70
Tablo 4.22 (devamı): Karadeniz Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	71
Tablo 4.23: Karadeniz Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)	71
Tablo 4.23 (devamı): Karadeniz Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	71
Tablo 4.24: Rize Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde).....	72
Tablo 4.25: Marmara Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)	74
Tablo 4.25 (devamı): Marmara Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	74
Tablo 4.26: Marmara Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	74
Tablo 4.26 (devamı): Marmara Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019).....	75

Tablo 4.27: Marmara Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)	75
Tablo 4.27 (devamı): Marmara Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)	75
Tablo 4.28: Balıkesir Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde)	76
Tablo 4.29: I_{DM} , I_P ve HTC kuraklık indekslerine göre Akdeniz Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)	91
Tablo 4.30: De Martonne Kuraklık İndeksine göre Akdeniz Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)	92
Tablo 4.31: I_{DM} , I_P ve HTC kuraklık indekslerine göre Doğu Anadolu Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)	92
Tablo 4.32: De Martonne Kuraklık İndeksine göre Doğu Anadolu Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)	93
Tablo 4.33: I_{DM} , I_P ve HTC kuraklık indekslerine göre Ege Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)	94
Tablo 4.34: De Martonne Kuraklık İndeksine göre Ege Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)	94
Tablo 4.35: I_{DM} , I_P ve HTC kuraklık indekslerine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)	95
Tablo 4.36: De Martonne Kuraklık İndeksine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)	95
Tablo 4.37: I_{DM} , I_P ve HTC kuraklık indekslerine göre İç Anadolu Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)	96
Tablo 4.38: De Martonne Kuraklık İndeksine göre İç Anadolu Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)	96
Tablo 4.39: I_{DM} , I_P ve HTC kuraklık indekslerine göre Karadeniz Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)	97
Tablo 4.40: De Martonne Kuraklık İndeksine göre Karadeniz Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)	98
Tablo 4.41: I_{DM} , I_P ve HTC kuraklık indekslerine göre Marmara Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)	99
Tablo 4.42: De Martonne Kuraklık İndeksine göre Marmara Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)	99

KISALTMALARA LİSTESİ

PET	: Potansiyel Evapotranspirasyon
WASP	: Ağırlıklı Anomali Standart Yağış İndeksi
PNPI	: Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi
DI	: Ondalık Kuraklık İndeksi
SPI	: Standart Yağış İndeksi
PCI	: Yağış Konsantrasyon İndeksi
CZI	: Çin Z İndeksi
EDI	: Efektif Kuraklık İndeksi
RAI	: Yağış Anomali İndeksi
ZSI	: Z-Skor İndeksi
EDDI	: Evaporatif Talep Kuraklık İndeksi
RDI	: Keşif Kuraklık İndeksi
SPEI	: Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi
DMAI	: De Martonne Kuraklık İndeksi
HTC	: Selyaninov'un Hidrotermal Katsayısı
NDVI	: Normalize Fark Bitki İndeksi
SSFI	: Standartlaştırılmış Akım Kuraklık İndeksi
SDI	: Akım Kuraklık İndeksi
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
MCZI	: Modifiye Çin Z İndeksi
IDW	: Ters Mesafe Ağırlıklı
JC	: Johansson Continentality
KOI	: Kerner Oceanity İndeksi
RDDI	: Yağış Ondalık Bazlı Kuraklık İndeksi
DFA	: Küçültülmüş Dalgalanma Analizi
MODIS	: Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradyometresi
PE	: Paylaştırılmış Entropi
PDI	: Dikey Kuraklık İndeksi
MPDI	: Modifiye Dikey Kuraklık İndeksi
PDSI	: Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi
MedPDSI	: Modifiye Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi
SPOT VGT	: Spot Vegetation
EVI	: Geliştirilmiş Bitki İndeksi
SDI	: Akım Kuraklık İndeksi
PDI	: Dikey Kuraklık İndeksi
MPDI	: Modifiye Dikey Kuraklık İndeksi
PDSI	: Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi
MedPDSI	: Modifiye Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi
SPOT VGT	: Spot Vegetation
DPI	: Ondalık Yağış İndeksi
EVI	: Geliştirilmiş Bitki İndeksi
VCI	: Bitki Örtüsü Durum İndeksi
SDVI	: Standartlaştırılmış Bitki Örtüsü Kuraklık İndeksi
PA	: Yağış Anomalisi
PDN	: Normalden Yüzde Ayrılma
RS	: Uzaktan Algılama
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi

AI	: Kuraklık İndeksi
CSPB	: Orta ve Güney Pannonya Havzası
AYL	: Yıllık Verim Kaybı Yüzdesi
DD	: Kuraklık Süresi
DS	: Kuraklık Şiddeti
OLI	: Operasyonel Kara Görüntüleyici
TIRS	: Termal Kızılötesi Sensör
NIR	: Yakın Kızılötesi
R	: Kırmızı Bant
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
DSI	: Devlet Su İşleri
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü
E₀	: Atmosferik Evaporatif Talep
LN	: Lognormal
ÇK	: Çok Kurak
K	: Kurak
ODK	: Orta Derece Kurak
YK	: Yarı Kurak
YN	: Yarı Nemli
ODN	: Orta Derece Nemli
N	: Nemli
ÇN	: Çok Nemli

SEMBOL LİSTESİ

P	: Yağış verisi (mm)
x	: Yağış verisi (mm)
N	: Yağış verisi (mm)
P'	: Ortalama yağış verisi (mm)
$\bar{P}$	: Ortalama yağış verisi (mm)
$\bar{x}$	: Ortalama yağış verisi (mm)
T	: Sıcaklık verisi (°C)
T'	: Ortalama sıcaklık verisi (°C)
Sat	: Uydu verisi
SF	: Akım verisi
F	: Akım verisi
$\bar{F}$	: Ortalama akım verisi (mm)
ST(DEP)	: Klimatolojik standart sapmalar
MEP	: Klimatolojik ortalama
$\bar{P}_1$	: Aylık yağış klimatolojisi
$\bar{P}_A$	: Yıllık yağış klimatolojisi
σ	: Standart sapma
σ_{WASP}	: WASP'nin standart sapması
C_s	: Çarpıklık katsayısı
ϕ	: Standart bir değişken (Z-skoru)
$\bar{M}$	: En yüksek on aylık/yıllık yağışın ortalaması (mm)
$\bar{X}$	: En düşük on aylık/yıllık yağışın ortalaması (mm)
RDI_n	: Normalleştirilmiş RDI değeri
RDI_{st}	: Standartlaştırılmış RDI değeri
k	: Toplam zaman ölçeği (ay)
S_d	: Şiddet
D_d	: Süre
i	: Gözlem aralığı
SD	: Standart sapma
C₀	: Sabit
C₁	: Sabit
C₂	: Sabit
d₁	: Sabit
d₂	: Sabit
d₃	: Sabit
IDM	: Yıllık De Martonne Kuraklık İndeks değeri
IM	: Aylık De Martonne Kuraklık İndeks değeri
IP	: Pinna Kombinasyon İndeksi değeri
P_{d'}	: En kurak ayın yağış ortalama değeri (mm)
T_{d'}	: En kurak ayın sıcaklık ortalama değeri (mm)
V	: Kümülatif akış hacmi
$\bar{V}_k$	: Kümülatif akış hacimlerinin ortalaması
S_F	: Kümülatif akış hacimlerinin standart sapması

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanması sırasında bana rehberlik eden, yardımlarını esirgemeyen ve akademik gelişimime katkı sağlayan danışman hocam sayın Prof. Dr. Ülker GÜNER BACANLI'ya en içten duygularıyla şükranlarımı sunuyorum.

Üniversite hayatım boyunca bana katkıda bulunan ismini sayamadığım tüm bölüm hocalarıma,

Beni dinleyen ve desteklerini hiç esirgemeyen canım arkadaşlarıma,

Her zaman yanımda ve destekçim sevgili annem Gülçin, sevgili babam Kazım ve canım kardeşim Özge'ye çok teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Kuraklık, tüm iklim rejimlerini etkileyerek yavaş ilerleyen doğal tehlikedir. Genel olarak kuraklık, bir mevsim veya daha uzun bir süre boyunca devam ettiğinde, yağış eksikliği ile ortaya çıkar (Hayes ve diğ., 2011). Fakat yağış miktarlarındaki azalma genellikle kuraklığın ana nedeni olmasına rağmen, radyasyon, rüzgâr hızı, buhar basıncı, potansiyel evapotranspirasyon, toprak nemi gibi pek çok faktörde değişikliklerin ortaya çıkmasına neden olabilir.

Kuraklıklar, dört temel kategoride sınıflandırılabilir (Heim, 2002). Doğal hidrolojik döngünün farklı bileşenine göre, meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik kuraklık olarak sınıflandırılırlar. Bu, kuraklıkların farklı zaman ölçeklerinde (günlük, haftalık, aylık, mevsimsel veya daha uzun) izlenebilmesini ve analiz edilebilmesini sağlar.

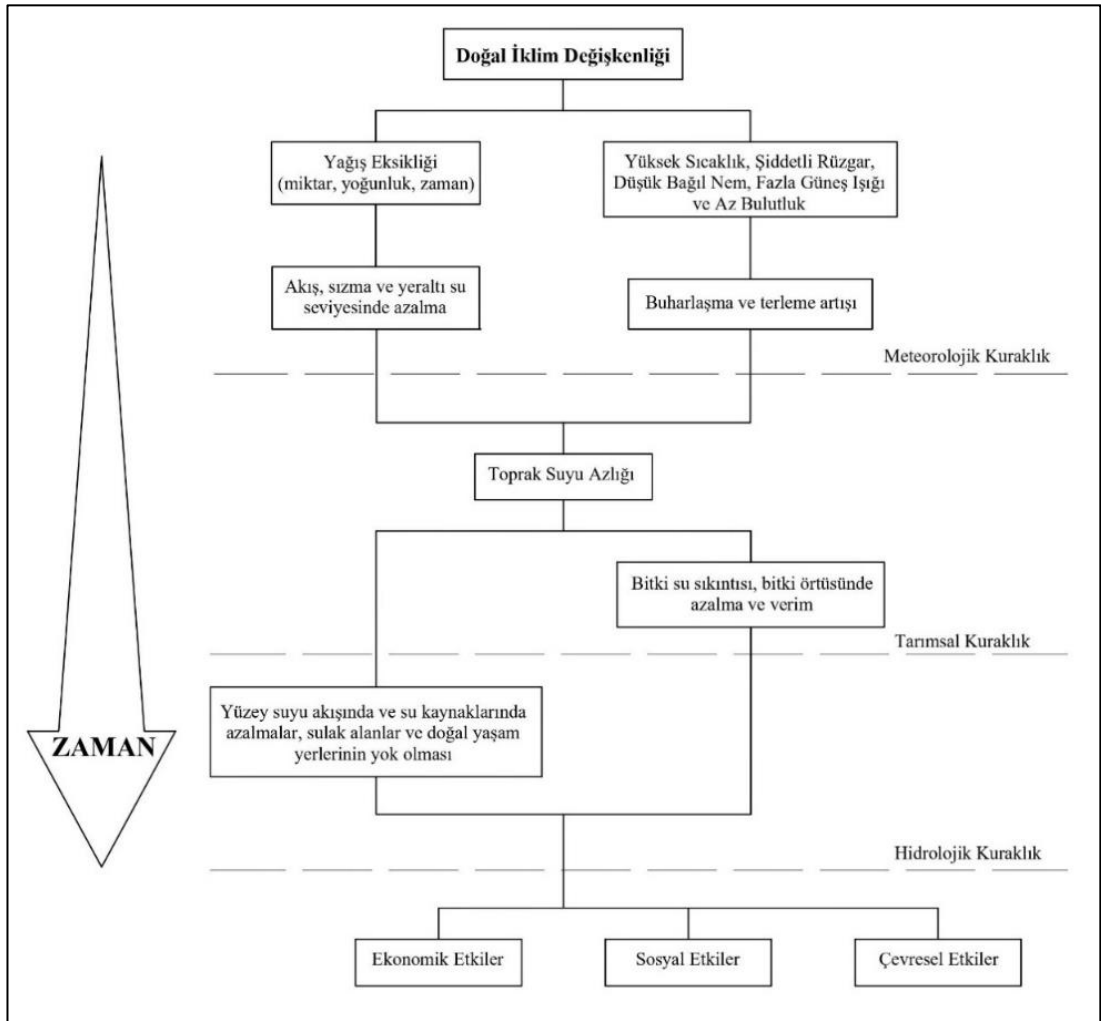
Meteorolojik kuraklık, normal değerlere göre yağışın azalması durumunu gösterir. Bunun sonucunda muhtemelen toprak süreçlerinden (jeofizik ve oşinografik etkileşimler olarak), biyosferle etkileşimlerden ve belki de güneş ışığı enerji dalgalanmalarından kaynaklanan yağış değişkenliğine neden olur. Ayrıca iklimsel veriler ve iklimsel normal ile karşılaştırıldığında, kuraklık derecesi ve süresi temelinde de tanımlanır (Wilhite, 2000; Hayes ve diğ., 2011). Meteorolojik kuraklığın tanımları bölgeye özgü olarak düşünülmelidir, çünkü yağış eksikliklerine neden olan atmosferik koşullar bölgeden bölgeye değişkendir.

Tarımsal kuraklık, bitkinin kök bölgesindeki (bitkinin büyümesi ve gelişmesi için) toprak nemi eksikliği olarak tanımlanabilir. Meteorolojik kuraklığın doğrudan bir sonucudur. Meteorolojik kuraklığa bağlı olarak bir toprak nemi açığı (tarımsal kuraklık) meydana gelir. Tarımsal kuraklık başlangıç durumuna ve evapotranspirasyon sürecine göre değişir. Tarımsal kuraklık, yağmur koşullarında tarım ve hayvancılık sistemlerini etkiler.

Hidrolojik kuraklık, uzun vadede devam eden yağış açığından kaynaklanan yüzey suyu (nehirler) ve yeraltı suyundaki (akiferler) azalma ve eksiklik olarak ifade

edilir. Hidrolojik kuraklık daha yavaş gelişir, çünkü tükenen ancak yenilenmeyen depolanmış suyu içerir. Yağış eksikliği genellikle tarımsal ve hidrolojik kuraklıkları tetikler, ancak daha yoğun fakat daha az sıklıkta yağış, zayıf su yönetimi ve erozyon gibi diğer faktörler de bu kuraklıklara neden olabilir veya artırabilir (Dai, 2011).

Sosyo-ekonomik kuraklık, su kıtlığının nüfus ve ekonomi üzerindeki etkilerini belirtmek için de kullanılmaktadır (Şekil 1.1). Şiddetli kuraklık koşulları tarımı, su kaynaklarını, turizmi, ekosistemleri ve temel insan refahını derinden etkileyebilir.



Şekil 1.1: Kuraklığın sınıflandırılması ve zaman içinde yayılması (Wilhite, 2000)

Bu dört kuraklık türü, doğal iklim değişkenliği, olay süresi ve iklim ile toplum arasındaki etkileşim ile belirlenen bir kuraklık evrim sürecini göstermektedir.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Kuraklık, olabilecek karmaşık bir olgudur. Esas olarak şiddeti, süresi ve alan kapsamı ile karakterize edilir. Bu üç boyut arasında kuraklık şiddeti, kuraklık analizi için kullanılabilecek anahtar faktördür.

İklim değişikliği nedeniyle kuraklık olaylarının sıklığı artmıştır. Bu nedenle, kuraklık olaylarının şiddetini, sıklığını, süresini ve yoğunluğunu tespit etmek için kuraklıkları incelemek gerekir. Kuraklık indeksleri tipik olarak kuraklık şiddetini anlamlı bir şekilde değerlendirmek için kullanılır. Kuraklık indekslerinin hesaplamasını yaparken de her türlü parametreyi dikkate almak gerekmektedir. Böylece kuraklık, meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik olarak sınıflandırılabilir. Söz konusu kuraklık sınıflarına göre herhangi bir alanda kuraklığın boyutunun tanımlanması, bu alanda gelecekte kuraklığa karşı alınacak önlemlerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki kuraklığın meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik ölçekte geliştirilmiş kuraklık indekslerine göre mekânsal ve zamansal değişkenlerini tanımlamak ve analiz etmektir.

Türkiye'de tarıma dayalı ekonomi dikkate alındığında, kuraklığın farklı parametre ve yöntemlere (indekslere) göre analiz edilerek elde edilecek sonuçlar, tarımsal üretimi tehdit edecek kuraklığın etkisini azaltacak önlemlerin ortaya konması ve bu alandaki ekonominin güçlendirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır. Tez kapsamında Türkiye'nin 81 merkez meteoroloji istasyonunun 1950-2019 yılları arasındaki günlük ve aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri ile 10 akım gözlem istasyonunun 1979-2015 yılları arasındaki akım verileri kullanılarak kuraklık sorunu incelenmiştir. Bu sorun için meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal alanda geliştirilmiş indekslerinden yararlanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Bu analizlerde kullanılan indeksler aşağıda sırası ile açıklanmıştır.

Meteorolojik kuraklık analizde dikkate alınan parametrelerden dolayı indeksler 4 sınıf altında değerlendirilmiştir.

-Sadece yağış parametresini kullanan indeksler: Ağırlıklı Anomali Standart Yağış İndeksi (WASP), Çin Z İndeksi (CZI), Efektif Kuraklık İndeksi (EDI), Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi (PNPI), Ondalık Kuraklık İndeksi (DI), Standart Yağış İndeksi (SPI), Yağış Anomali İndeksi (RAI), Yağış Konsantrasyon İndeksi (PCI) ve Z-skoru İndeksi (ZSI)

-Sadece potansiyel evapotranspirasyon kullanan indeks: Evaporatif Talep Kuraklık İndeksi (EDDI)

-Yağış ve potansiyel evapotranspirasyon kullanan indeks: Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) ve Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI)

-Yağışı ve sıcaklığı kullanan indeksler: De Martonne Kuraklık İndeksi (DMAI), Pinna Kombinasyon İndeksi ve Selyaninov'un Hidrotermal Katsayısı (HTC)

Tarımsal kuraklık analizinde Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) yöntemi kullanılmıştır. Bunun için ArcGIS programından yararlanılmıştır.

Hidrolojik kuraklık analizinde ise Standartlaştırılmış Akım Kuraklık İndeksi (SSFI) ve Akım Kuraklık İndeksinden (SDI) yararlanılmıştır. 25 havzadan 10 AGİ belirlenerek kuraklık analizi yapılmıştır.

Yukarıda tanımlanan kuraklık indeksleri ile yapılan analizler sonucunda Türkiye genelindeki kuraklığın genel durumu ortaya konmuştur.

1.2 Literatür Özeti

Morid ve diğ. (2006) kuraklık izleme için İran'ın Tahran eyaletindeki 32 yıllık veriyi kullanarak kuraklık indekslerinin performanslarını karşılaştırmışlardır. Ondalık Kuraklık İndeksi (DI), Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi (PNPI), Standart Yağış İndeksi (SPI), Çin-Z İndeksi (CZI), modifiye CZI (MCZI), Z-skor İndeksi ve Efektif Kuraklık İndeksi (EDI) kullanılmıştır. Sonuçlar, SPI, CZI ve Z-skor İndeksinin benzer performans gösterdiğini ve kuraklığın başlangıcına yavaş yanıt verdiğini göstermiştir. DI, belirli bir yılın yağış olaylarına çok duyarlı olduğu

saptanmıştır, ancak tutarsız mekânsal ve zamansal değişimler de göstermiştir. SPI ve EDI ile kuraklığın başlangıcı, mekânsal ve zamansal değişimi tutarlı bir şekilde tespit edilmiştir.

Baltaş (2007) yağış ve hava sıcaklığının mekânsal tahmini ve farklı iklim indekslerinin sonuçlarını araştırmıştır. Çalışmasında Johansson Kıta İndeksi, Kerner Okyanus İndeksi, De Martonne Kuraklık İndeksi ve Pinna Kombinasyon İndeksini kullanmıştır. 1965-1995 yılları arasındaki Yunanistan'ın kuzeyinde bulunan 15 meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler ile analiz yapılmıştır. Kuzey Yunanistan'da yukarıda belirtilen parametrelerin alansal tahmini için Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) fonksiyon gibi GIS enterpolasyon teknikleri kullanılmıştır.

Khan ve diğ. (2008) Avustralya'daki Murray-Darling havzasının seçilen üç sulama alanında kuraklığı izlemeyi amaçlamışlardır. Yağışların sığ yeraltı suyu seviyeleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için Standart Yağış İndeksi (SPI) kullanmışlardır. Çalışma bölgesinde kuraklık analizi sonucunda, 2000-2006 kuraklığının kaydedilen tarihte meydana gelen en kötü kuraklık olmadığını, ancak mevcut düşük yağış modeli devam ederse, en uzun süreli kuraklıklardan biri olacağını belirlemişlerdir.

Farajzadeh ve diğ. (2009) kuraklık izlemenin en etkili indeksini belirlemek için Ondalık Kuraklık İndeksi (DI), Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi (PNPI), Yağış Anomali İndeksi (RAI) ve Z-skor İndeksini (ZSI) değerlendirmişlerdir. Ghare Aghaj Havzası için kuraklık şiddetinin mekânsal dağılım haritasını elde etmişlerdir. Havzanın kuzey ve orta kısımlarının şiddetli DI sınıfında yer aldığı ve alanın geri kalanının genellikle çok şiddetli kuraklık ile karakterize olduğu saptanmıştır.

Deniz ve diğ. (2011) çalışmalarında Türkiye'deki kıtasal, okyanussal ve kuraklık indekslerinin mekânsal değişkenliğini araştırmışlardır. Türkiye'deki 229 meteoroloji istasyonundan elde edilen iklim verileri kullanılarak Johansson Continentality (JC) İndeksi, Kerner Oceanity İndeksi (KOI), De Martonne Kuraklık İndeksi (DMAI) ve Pinna Kombinasyon İndeksini hesaplamışlardır. Türkiye'deki sıcaklık ve yağış modellerini değerlendirmek için, iklim indeksleri 1960-2006 dönemi için aylık sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlara göre yarı kurak alanlar 1991-2006 döneminde 1960-1990'a göre artmıştır. JC İndeksi

ve KOI değerleri arasında anlamlı bir korelasyon bulunmuştur. JC İndeksi Türkiye için en uygun sonuçları vermiştir.

Güner Bacanlı ve diğ. (2011) Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi üzerinde çeşitli kuraklık analiz yöntemlerini uygulamışlardır. Karşılaştırmalı analizde Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI), Erinç ve De Martonne yöntemleri kullanılmıştır. Bölgede seçilen 13 meteoroloji istasyonunun 1965-2006 yılları arasındaki aylık toplam yağış ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Karşılaştırmalı sonuçlara göre, PDSI indeksinin Erinç ve De Martonne indekslerinden daha nemli koşulları gösterdiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, sonuçlar bölgenin şiddetli kuraklık tehlikesi altında olduğunu göstermektedir.

Doğan ve diğ. (2012) yarı kurak Konya havzası için Normal Yağışın Yüzdesi İndeksini (PNPI), Yağış Ondalık Bazlı Kuraklık İndeksini (RDDI), istatistiksel Z-skoru İndeksini (ZSI), Çin-Z İndeksini (CZI), Standart Yağış İndeksini (SPI) ve Efektif Kuraklık İndeksini (EDI) karşılaştırmışlardır. 18 farklı zaman çizelgesi elde etmişlerdir. Sonuç olarak, EDI çeşitli zaman aralıkları için kuraklık indeksleri ile tutarlı ve kurak/yarı kurak bölgelerde uzun süreli kuraklıkların izlenmesi için tercih edilebileceğini belirtmişlerdir.

Martins ve diğ. (2012) yağış ve kuraklığın mekânsal değişkenliğini, Portekiz için 1941– 2006 yılları arasında 74 istasyonda aylık yağış ve 27 istasyonda minimum ve maksimum sıcaklık verilerini kullanarak incelemişlerdir. Yağış Konsantrasyon İndeksi (PCI), Standart Yağış İndeksi (SPI), Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI) ve modifiye PDSI (MedPDSI) hesaplanmıştır. Sonuç olarak ülkede hem yağış rejimlerine hem de kuraklık değişkenliğine göre iki farklı alt bölge ortaya çıkmıştır. SPI-3, SPI-12, PDSI ve medPDI sonuçlarının aralarında tutarlı olduğunu gözlenmiştir.

Shahabfar ve diğ. (2012) İran için uzaktan algılama kullanarak uygun bir kuraklık tahmin yöntemini bulmayı, değerlendirmeyi ve iyileştirmeyi amaçlamışlardır. Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometre (MODIS) görüntüleri ile Şubat 2000 ile Aralık 2005 zaman aralığını kapsayan bölge üzerinde Dikey Kuraklık İndeksini (PDI) ve Modifiye Dikey Kuraklık İndeksini (MPDI) hesaplamışlardır. Bu indeksler 180 istasyon verileriyle Z-skor İndeksi (ZSI), Çin-Z

İndeksi (CZI) ve Modifiye Çin-Z İndeksi (MCZI) dahil olmak üzere meteorolojik kuraklık indekslerine karşı değerlendirilmiştir.

Telesca ve diğ. (2012) tarafından Ebro/İspanya havzasındaki 11 ölçüm istasyonunun aylık akım verileriyle Standartlaştırılmış Akım Kuraklık İndeksini (SSFI) analiz etmişlerdir. Ayrıca 1950-2005 yılları için güç spektrumu ve küçültülmüş dalgalanma analizleri yapılmıştır. Sonuçlara göre güç spektrumu ve küçültülmüş dalgalanma analizi (DFA), tüm akım ve SSFI zaman serileri için benzer sonuçlar göstermiştir.

Banimahd ve Khalili (2013) Efektif Kuraklık İndeksi (EDI), Standart Yağış İndeksi (SPI), Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) ve Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksinin (SPEI) farklı yönlerini araştırmak için 3 aylık, 6 aylık ve yıllık zaman dilimlerini dikkate alarak analizler yapmışlardır. İndeksler arasındaki parametrik/parametrik olmayan korelasyon analizini, iklim bölgesi etkisini, kayıt uzunluğu etkilerini ve Markov zincirlerinin öngörülebilirlik özellikleri üzerindeki evapotranspirasyon etkisini incelemişlerdir. EDI hariç, tüm indeksler anlamlı korelasyon göstermiştir. Çalışma, Markov zincirlerinin öngörülebilirlik özelliklerini etkileyen çeşitli faktörlerin, özellikle kayıt uzunluğu ve evapotranspirasyonun (RDI ve SPEI) etkisinin doğrulandığını göstermiştir.

Tabari ve diğ. (2013) çalışmalarında 1975-2009 döneminde İran'ın kuzeybatısındaki 14 istasyonda 3, 6, 9 ve 12 aylık Akım Kuraklık İndeksi (SDI) kullanarak hidrolojik kuraklığı değerlendirmişlerdir. SDI sonuçlarına göre birkaç istasyon dışında tüm istasyonların çalışma döneminde aşırı kuraklık görülmüştür.

Mashari Eshghabad ve diğ. (2014) İran'daki Tajan havzasında farklı zaman ölçeklerindeki Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi (PNPI), Z-skor İndeksi (ZSI), Standart Yağış İndeksi (SPI), Çin Z İndeksi (CZI), modifiye CZI (MZCI) ve Ondalık Yağış İndeksinin (DPI) performansını araştırmışlardır. İndeksler 1, 3, 6, 9, 12, 18 ve 24 aylık zaman ölçekleri için uygulanmıştır. Sonuçlar, DPI'nin yıllık zaman ölçeğinde en iyi indeks olduğunu ve 1, 6, 12 ve 24 aylık zaman ölçeğinde ise PNPI'nin en iyi indeks olduğunu göstermiştir.

Göksu ve diğ. (2015) 1998 ile 2013 yılları için Spot Vegetation (SPOT VGT) uydusundan elde edilen Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) verilerini 10 günlük periyotlar halinde incelemişlerdir.

Jain ve diğ. (2015) tarafından orta Hindistan'daki Ken Nehri Havzasında Standart Yağış İndeksi (SPI), Efektif Kuraklık İndeksi (EDI), istatistiksel Z-skor İndeksi (ZSI), Çin Z İndeksi (CZI), Yağış Ondalık Bazlı Kuraklık İndeksi (RDDI) karşılaştırılmıştır. EDI'nin çalışma havzası için en uygun kuraklık indeksi olduğu tespit edilmiştir.

Çelik ve Karabulut (2017) Akdeniz Bölgesi için 16 günlük ve aylık uydu verilerini kullanarak aylık ve yıllık ölçeklerde meteoroloji-tabanlı kuraklık analizleri yapmışlardır. İndekslerden Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI), Geliştirilmiş Bitki İndeksi (EVI), Bitki Örtüsü Durum İndeksi (VCI) ve Standartlaştırılmış Bitki Örtüsü Kuraklık İndeksi (SDVI) kullanılmıştır.

Gandhi ve Parekh (2017) Patan bölgesi için SPI ve Ondalık Kuraklık İndeksini kuraklığın değerlendirilmesi için kullanmışlardır. İndeksleri bulmak için “DrinC” yazılımı tercih edilmiştir. Bu çalışmada kuraklığa eğilimli yıllar tespit edilmiştir.

Gümüş ve Algın (2017) Türkiye'deki Seyhan-Ceyhan Nehri Havzaları için hem meteorolojik hem de hidrolojik kuraklık analizlerini yapmışlardır. Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Akım Kuraklık İndeksi (SDI) yöntemleri kullanılmıştır. Bu bölge için kuraklık olaylarının yeri, periyodu ve oluşum seviyesi grafiksel olarak belirtilmiş ve sunulmuştur.

Güner Bacanlı ve diğ. (2017) Kuzey Ege bölgesindeki istasyonların Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Paylaştırılmış Entropi (PE) kuraklık indekslerini belirlemiş ve karşılaştırmışlardır. Sonuçlara göre PE kuraklık ölçütü olarak kullanılabilir.

Güner Bacanlı (2017), çalışmasında yağış ve kuraklığın eğilimini analiz etmeyi amaçlamıştır. Türkiye'nin Ege Bölgesi'nin 1960-2013 dönemini kullanarak Standart Yağış İndeksini (SPI) hesaplamıştır. Daha sonra 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SPI sonuçlarının eğilimlerini Doğrusal Regresyon, Mann–Kendall ve Spearman'ın rho testlerini kullanarak %5 anlamlılık düzeyinde analiz etmiştir.

Salehnia ve diğ. (2017) yağışa dayalı kuraklık indekslerini (SPI (Standart Yağış İndeksi), PNPI (Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi), DI (Ondalık Kuraklık İndeksi), EDI (Efektif Kuraklık İndeksi), CZI (Çin-Z İndeksi), MCZI (Modifiye CZI), RAI (Yağış Anomali İndeksi) ve ZSI (Z-skor İndeksi)) İran'ın Kashaftrood Havzası için 1987-2010 dönemindeki tarihsel kuraklık olaylarını hesaplamışlardır.

Surendran ve diğ. (2017) Tamil Nadu Madurai bölgesi için Ondalık Kuraklık İndeksi (DI), Standart Yağış İndeksi (SPI), Keşif Kuraklık İndeksi (RDI), Akım Kuraklık İndeksini (SDI) hesaplamışlardır. SPI, RDI ve Ondalık Kuraklık İndeksi ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Fakat SDI, SPI veya RDI'ye benzer bir eğilim izlememiştir.

Adnan ve diğ. (2018) yağış, sıcaklık ve diğer hidro-meteorolojik parametrelerin kuraklığın tanımlanmasının temeli olduğuna dikkat çekmişlerdir. Bu yüzden de çalışmalarında 15 kuraklık indeksinin performansını değerlendirerek Pakistan'daki kuraklık indekslerinin uygulanabilirliğini ve karşılaştırılmasını tanımlamışlardır. 1951–2014 dönemi için 58 meteoroloji istasyonu üzerinden Standart Yağış İndeksini (SPI), Standart Yağış Sıcaklığı İndeksini, Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksini (SPEI), Çin Z-İndeksini (CZI), Ondalık Kuraklık İndeksini (DI), modifiye CZI, Z-Skor İndeksini (ZSI), Yağmur Değişkenlik İndeksini, Standart Toprak Nemi Anormallik İndeksini, Ağırlıklı Anormallik Standart Yağış İndeksini, Normal Yağışın Yüzdesi İndeksini (PNPI), kendinden kalibre edilmiş Palmer Kuraklığı Şiddet İndeksini, Kompozit İndeksini, alan ağırlıklı kalkış ve Keşif Kuraklık İndeksini (RDI) hesaplamışlardır. SPI, SPEI ve RDI sonuçlarının Pakistan'daki kuraklık durumunu izlemek için uygun olduğu belirtilmiştir.

Cao ve diğ. (2018) Loess Platosu, Çin için 1981'den 2013'e kadar olan Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) verilerini kullanarak tarımsal kuraklığı hesaplamışlardır. Bitki örtüsündeki değişikliklerin mekânsal kalıplarını analiz etmiş ve NDVI eğilimlerinin ani değişim zamanlarını tespit etmişlerdir. Platonun çoğunda bitki örtüsü 2007-2010 civarında artmaya başlamış ve kırılma anlarında 4 ayrı alan tespit edilmiştir.

Çelik ve Gülersoy (2018) Mersin ve çevresinde 1965-2014 yılları için Standart Yağış İndeksi (SPI), Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi (PNPI) ve Erinç Kuraklık İndeksini kullanarak kuraklık analizi yapmışlardır. Üç indeks sonucunun da birbirleriyle uyduğu tespit edilmiştir.

Güner Bacanlı ve Akşan (2018), Türkiye'nin Akdeniz Bölgesine Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksini (SPEI) uygulamışlardır. 1970-2018 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış verilerini kullanarak 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde kuraklık analizi yapmışlardır. Kurak ve sulak dönemler belirlenmiş ve zaman ölçeklerine göre karşılaştırmalara yapılmıştır.

Yao ve diğ. (2018) 1961-2013 yılları arasında Çin'deki kuraklıkların mekânsal-zamansal değişimini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. 1 hafta ile 24 ay arasında değişen çoklu zaman ölçeklerinde Yağış Anomalisi (PA), Standart Yağış İndeksi (SPI), Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) ve Evaporatif Talep Kuraklık İndeksi (EDDI) kullanılmıştır. Sonuç olarak, SPI ve SPEI indekslerinin EDDI'den daha iyi performans gösterdiği saptanmıştır.

Wable ve diğ. (2018) Batı Hindistan'da 1985-2009 yılları için kuraklık analizi yapmışlardır. Normalden Yüzde Ayrılma (PDN), Efektif Kuraklık İndeksi (EDI), Standart Yağış İndeksi (SPI), Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) ve Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) kullanılmıştır. SPEI-9'un çalışma alanındaki kuraklık koşullarını izlemek için en uygun kuraklık indeksi olduğu sonucuna varılmıştır.

Acharya ve diğ. (2019) tarımsal kuraklık değerlendirmesi ile ilgili yaptıkları çalışmada Hindistan'ın Kuzey Gujarat eyaletinin Patan bölgesini seçmişlerdir. Uzaktan Algılama (RS) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisini kullanarak iklim değişikliğinin ve tarım üzerindeki etkisinin değerlendirilmesine odaklanmışlardır. Patan bölgesini kapsayan Şubat-2002 ve Şubat-2018 Landsat-7 TM ve Landsat-8 OLI verileri, 16 yıllık dönemde tarım alanındaki arazi kullanımı/arazi örtüsü haritalaması ve izleme değişiklikleri için analiz edilmiştir. Ayrıca Standart Yağış İndeksi (SPI), Potansiyel Evapotranspirasyon (PET) ve Kuraklık İndeksi (AI) gibi çeşitli kuraklık indeksleri, son 16 yılın meteorolojik verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, kuraklık mevsiminde toplam tarımsal

bitki örtüsünün 2002 de sadece yüzde 21,9 olduğunu ve 2018'de yüzde 58,7'ye yükseldiğini göstermiştir. Yağış sapmaları çeşitli yıllar için hesaplanmış ve düşük yağış oluşumuna sahip yüksek negatif yağış sapmalarının (-40 ila -70%) Patan bölgesinde -0.5 ila -1.1 arasında değişen negatif SPI değerleri ile ilişkili olduğu gözlenmiştir.

Akşan ve Güner Bacanlı (2019) yağış ve potansiyel evapotranspirasyon (PET) verilerini kullanarak İç Anadolu Bölgesinde 1970-2017 yılları için kuraklık analizi yapmışlardır. SPEI yöntemiyle kısa (1, 3 ve 6 ay) ve uzun (9, 12 ay) zaman periyotlarında kuraklık değerleri saptanmıştır. 12 aylık frekansta bölgede kuzeye doğru gidildikçe nemliliğin arttığı gözlenmiştir.

Güner Bacanlı ve Akşan (2019) çalışmalarında Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksini (SPEI) incelemişlerdir. Türkiye'nin Marmara bölgesinin 11 merkez istasyonu için 1970-2018 yılları arasındaki veriler kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır.

Mahmoudi ve diğ. (2019) farklı kuraklık indekslerini karşılaştırmışlardır. İran'daki kuraklığı izlemek ve en iyi kuraklık indeksini seçmek için SPI, PNPI, ZSI, DI, CZI, EDI ve MCZI dahil olmak üzere yedi kuraklık indeksi kullanmışlardır. İran'daki 41 istasyonda 1985-2013 yılları arasındaki aylık yağış verileri kullanılmıştır. Sonuç olarak, SPI ve EDI indeksleri İran'da kuraklığın izlenmesi için birinci ve ikinci en iyi indeksler olarak tespit edilmiştir. DI ve PNPI indekslerinin davranışlarının diğer indekslerin davranışlarıyla tutarsız olduğu ve bu indekslerin İran'da kuraklık izleme için uygun olmadığı kanıtlanmıştır.

Derdous ve diğ. (2020) iklim değişikliğinin Cezayir'in kuzeyindeki su potansiyeline etkisinin anlaşılmasını için, 1980-2018 döneminde De Martonne Kuraklık İndeksinin ve Pinna Kombinasyon İndeksinin mekânsal ve zamansal evrimlerini araştırmışlardır. Kuraklık indekslerinin zaman serilerindeki eğilimleri Mann-Kendall ve Sen'in trend testleri kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca kuraklık indekslerinin mekânsal enterpolasyonu ve eğilimleri, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucu, De Martonne Kuraklık İndeksinin Cezayir'in kuzeyindeki iklim sınıflandırması için uygun olmasıdır.

Javid ve diğ. (2020) Macaristan ve Voyvodina (Kuzey Sırbistan) bölgelerini içeren Orta ve Güney Pannonya Havzası (CSPB) bölgesindeki kuraklığı araştırmışlardır. Coğrafi, aylık, mevsimsel ve yıllık dağılımlarının ve yıllık eğiliminin araştırılması için De Martonne Kuraklık İndeksini (DMAI) ve Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksini (PDSI) kullanmışlardır.

Pei ve diğ. (2020) 1981-2018 yılları arasında İç Moğolistan'daki 102 Meteoroloji istasyonu için 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde SPI ve SPEI'yi hesaplamışlardır. SPI ve SPEI'nin zamansal ve mekânsal varyasyonlardan kuraklık izlemedeki performanslarını karşılaştırmış ve analiz etmişlerdir. SPEI'nin, İç Moğolistan'daki kuraklığı izlemek için SPI'den daha uygun olduğu sonucunu çıkarmışlardır.

Vlăduț ve Licurici (2020) mekânsal dağılım (genellikle 1961-2015 dönemini kapsayan 15 meteoroloji istasyonundan elde edilen verilere dayanarak) ve üç kuraklık indeksinin zamansal değişkenliğini analiz etmişlerdir. Bunun için yıllık, mevsimsel ve aylık düzeyde De Martonne Kuraklık İndeksi (DMAI), Pinna Kombinasyon İndeksi ve Selyaninov'un Hidrotermal Katsayısı (HTC) kullanmışlardır.

Adisa ve diğ. (2021) Güney Afrika'nın 93 yağış bölgesi için 1980-2019 yılları arasındaki kuraklık süresini (DD) ve kuraklık şiddetini (DS) belirlemişlerdir. Çalışmada Pearson korelasyon katsayısı benzerliği ve periodogram farklılık tahminleri kullanmışlardır. Sonuçlar, Pearson korelasyon katsayısı farklılığı için pozitif korelasyon ve periodogram farklılık tahminleri için pozitif bir değer göstermiştir.

Akşan ve Güner Bacanlı (2021) 1950-2019 yılları arasındaki aylık toplam yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki kuraklığı belirlemişlerdir. Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) ve Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) yöntemleri kullanılmıştır. Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) için en kurak istasyonlar Batman, Mardin ve Şanlıurfa olurken Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) için en kurak istasyon Diyarbakır olarak belirlenmiştir.

Akşan ve Güner Bacanlı (2021) Çin Z İndeksi (CZI) ve Standart Yağış İndeksi (SPI) yöntemlerini kullanılarak İç Anadolu Bölgesinin 1950-2019 yılları arasındaki kuraklık durumunu incelemişlerdir. CZI sonuçlarına göre kuzeye gidildikçe normal değerler artarken, SPI sonuçlarına göre güneye gidildikçe normal değerler artmaktadır. Genel olarak CZI ve SPI sonuçları bölgenin normal kuraklık sınıfında olduğunu göstermiştir.

Qaisrani ve diğ. (2021) Pakistan'ın Balochistan eyaletinde, 1981-2018 yılları arasındaki aylık yağış ve sıcaklık verileriyle Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) kullanılarak kuraklık dönemlerini incelemişlerdir. Kuraklığın zamansal değişimini, farklı zaman ölçeklerinde (1, 3, 6, 9 ve 12 ay) tespit etmişlerdir. Sonuçlar olarak, sıcaklığın kuraklık için önemli bir parametre olduğunu ve SPI kullanımının sadece sıcaklık verilerinin eksik olduğu durumlarda önermişlerdir.

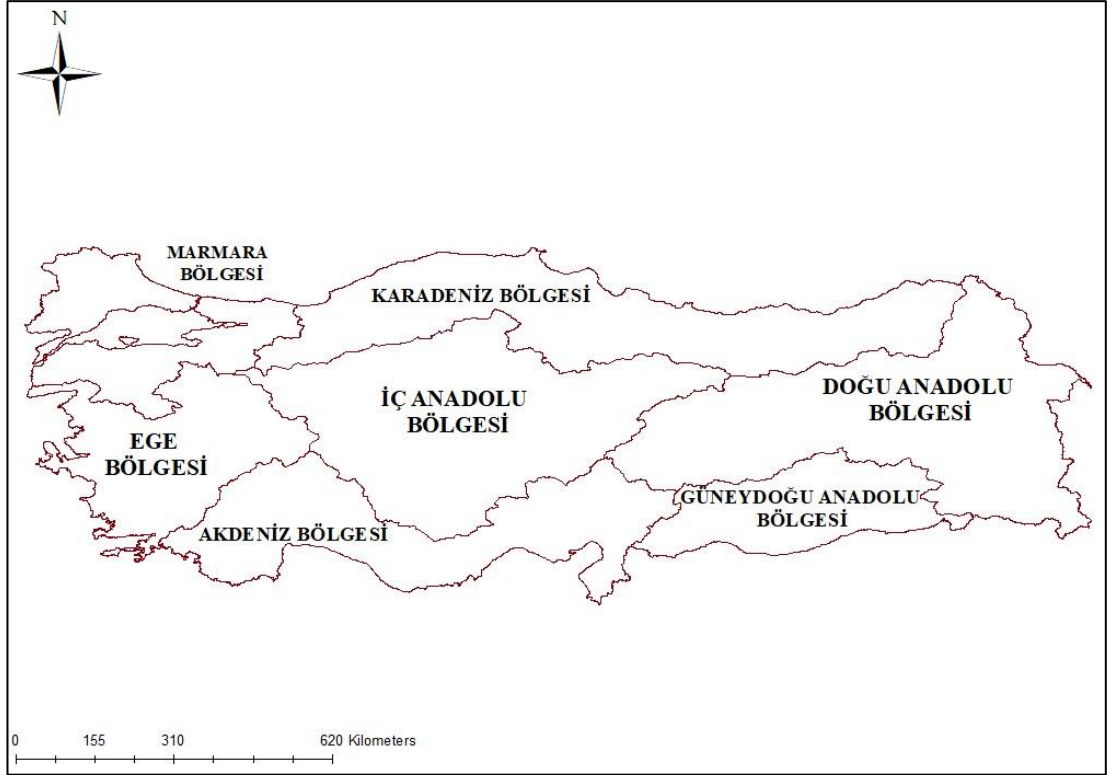
Salimi ve diğ. (2021) çalışmalarında 1992'den 2016'ya kadar akım, yağış ve buharlaşmanın aylık verilerini kullanarak meteorolojik (SPI ve SPEI) ve hidrolojik (SSFI) kuraklıkları incelemişlerdir. Farklı iklimlere sahip Lighvan, Navroud ve Segez havzaları seçilmiştir. Bu üç bölgede yoğunluk ve süre gibi kuraklık özelliklerinin analizini, iklim değişikliğinin kuraklığın üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir. Sonuçlar, Navroud ve Lightvan havzalarındaki hidrolojik ve meteorolojik kuraklıkların 48 aylık dönemlerde ve Segez havzasında 12 ve 24 aylık dönemlerde önemli bir korelasyona sahip olduğunu göstermişlerdir.

Zarei ve diğ. (2021), Yıllık Verim Kaybı Yüzdesi (AYL), Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI), Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) ve Standart Yağış İndeksini (SPI) 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde değerlendirmişlerdir. SPI, RDI ve SPEI arasından, kuraklık özelliklerinin değerlendirilmesi için SPEI'nin kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

2. MATERYAL

2.1 Çalışma Alanı

Türkiye, 783.562 km² alana yayılmıştır. Türkiye toprakları 1.600 kilometre uzunluğunda ve 800 km genişliğindedir. 36° ve 42° kuzey paralelleri ile 26° ve 45° doğu meridyenleri arasına yerleşmiştir. Ülkenin yaklaşık %97'si küçük Asya'da (Anadolu) ve %3'ü Avrupa'da (Trakya) bulunmaktadır. Türkiye, yedi coğrafi bölgeye bölünmüştür. Bunlar Akdeniz, Doğu Anadolu, Ege, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu, Karadeniz ve Marmara bölgeleridir (Şekil 2.1) (Dabanlı, 2017).



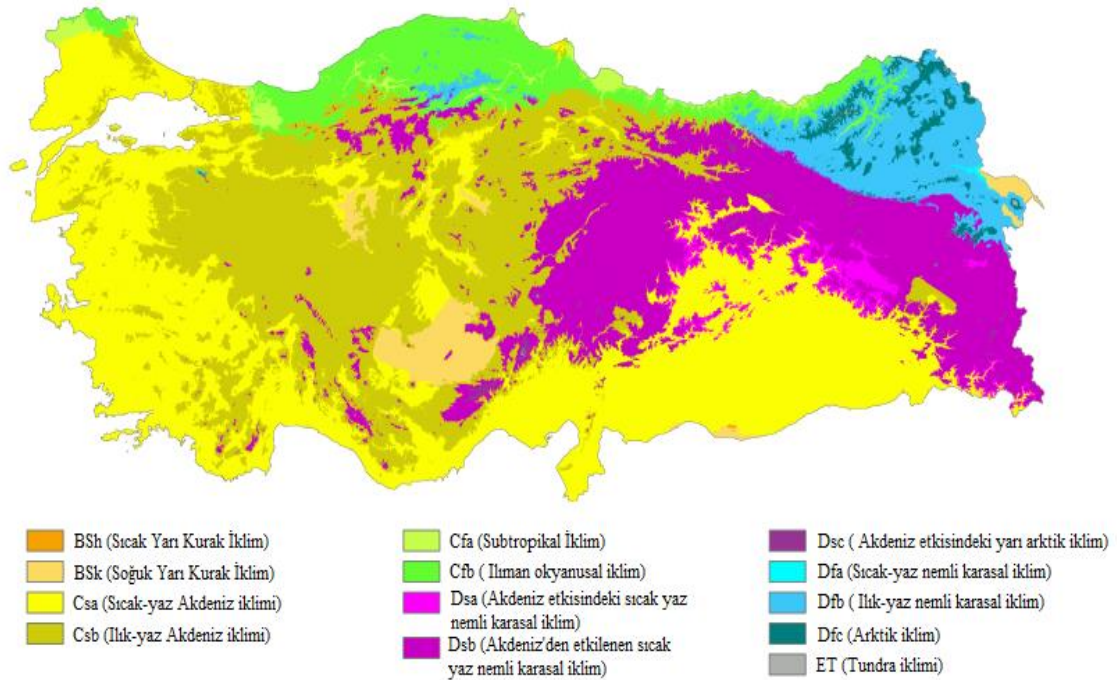
Şekil 2.1: Türkiye'nin Coğrafi Bölgeleri

Türkiye'de kuraklığa etki eden belli başlı faktörler arasında atmosferik koşullar, fiziki coğrafya faktörleri ve iklim koşulları yer almaktadır. Yeryüzünde iklim özelliklerinin meydana gelişinde fiziki coğrafya faktörlerinin özellikleri vardır.

Bunlar denize yakınlık-uzaklık (karasallık derecesi), yükselti ve orografik (yamaç) özellikleridir.

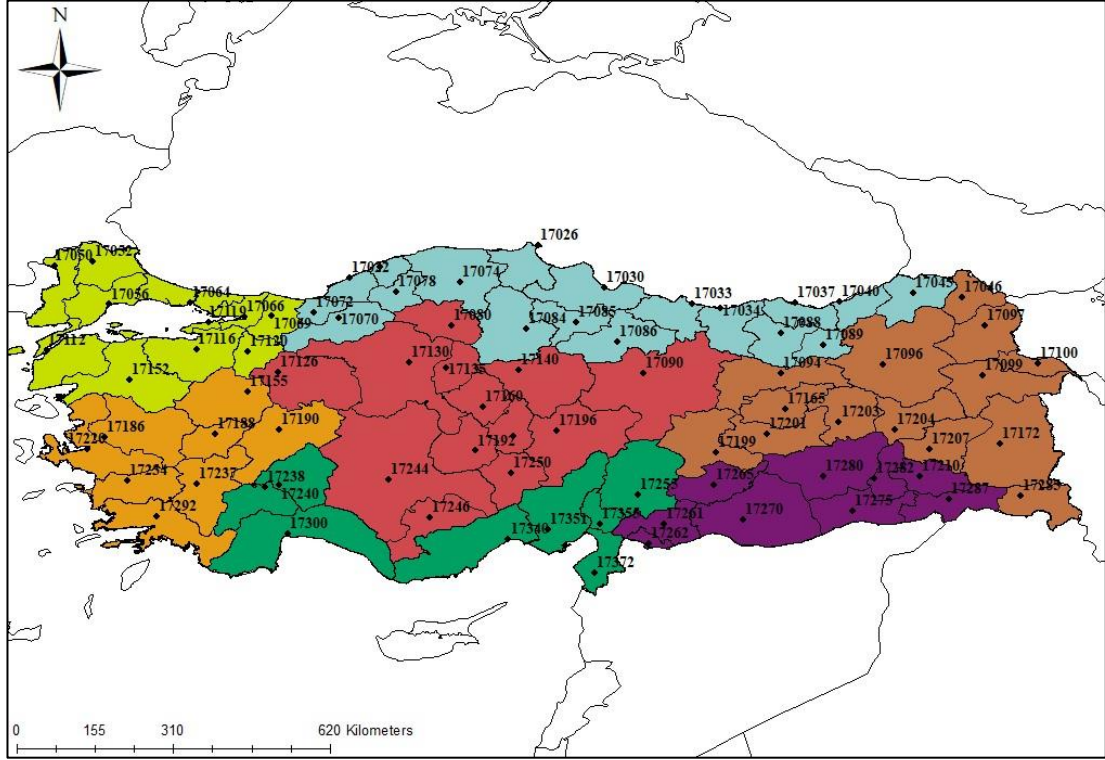
2.2 Meteoroloji İstasyonları ve Verileri

Türkiye'de üç farklı iklim tipine rastlanmaktadır. Ege Denizi ile Akdeniz kıyılarında görülen Akdeniz ikliminde yazlar sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Karadeniz kıyılarında görülen bir ılıman okyanus iklim tipi olan Karadeniz ikliminde her mevsim yağış görülmektedir. Ege Denizi ile Karadeniz'i birbirine bağlayan Marmara Denizi'nin kıyılarında geçiş iklimi görülmektedir; denizin güneyinde Akdeniz, kuzeyinde Karadeniz ve kuzeybatısında Karasal iklime rastlanmaktadır. İç Anadolu Bölgesi, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yani iç kesimlerde Karasal iklime rastlanır. Bu iklimde yıllık ve günlük sıcaklık farkları yüksektir; yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır (Şekil 2.2) (Öztürk ve diğ., 2017).



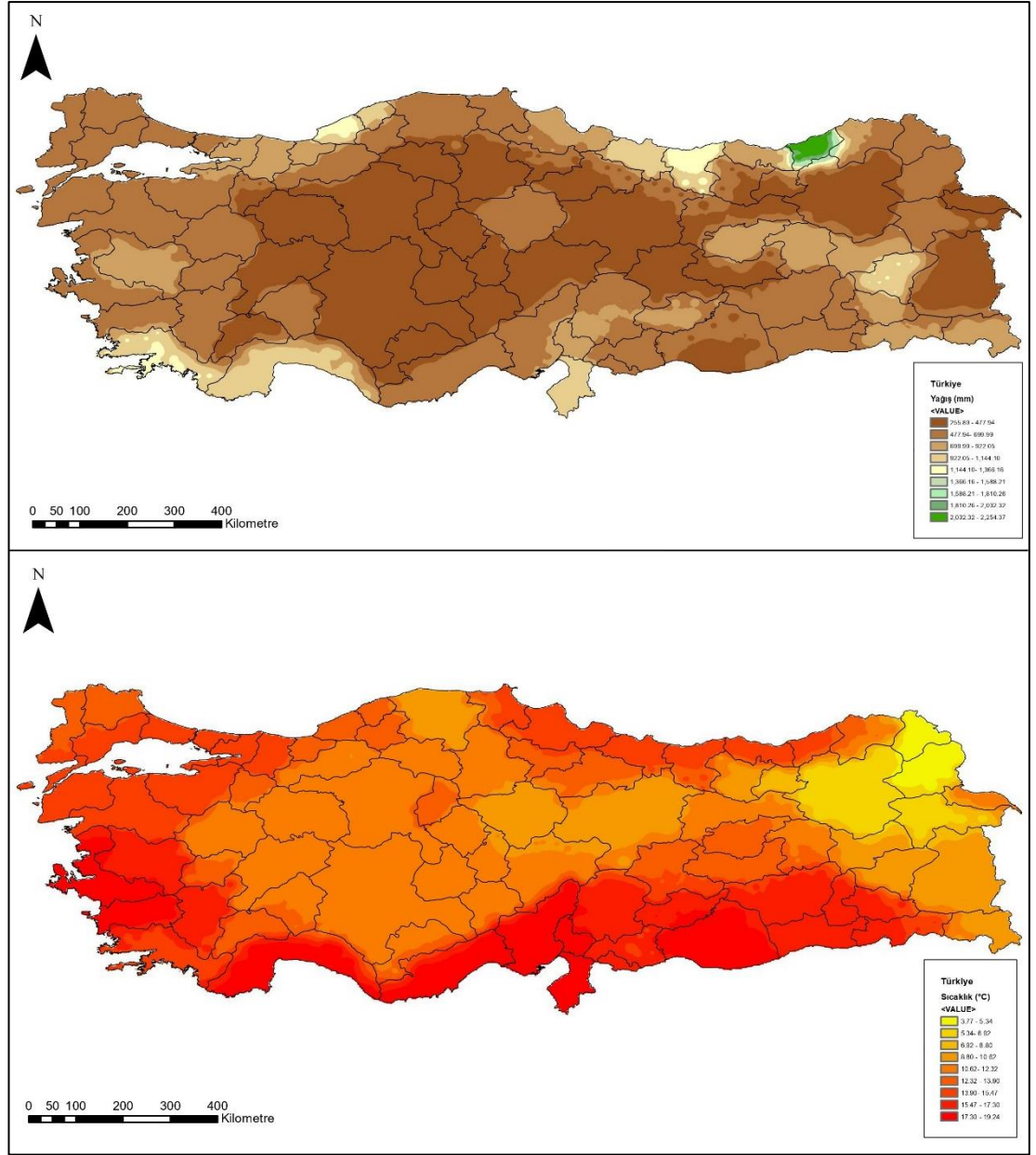
Şekil 2.2: Türkiye için Köppen iklim sınıflandırması (Köppen, 1918)

Bu çalışmada Türkiye'nin merkez istasyonları (81 istasyon) kullanılmıştır. Şekil 2.3'teki meteoroloji istasyonları Ek A1'de listelenmiştir. İstasyonlarda su yılından başlayacak şekilde 1950-2019 yılları için kuraklık analizi yapılmıştır. Meteorolojik verilerin bazı istasyonlardaki fazla eksik veriden dolayı o istasyonlarda gözlem aralığı farklıdır. Bu da Ek A1'deki gözlem aralığı kısmında belirtilmiştir.



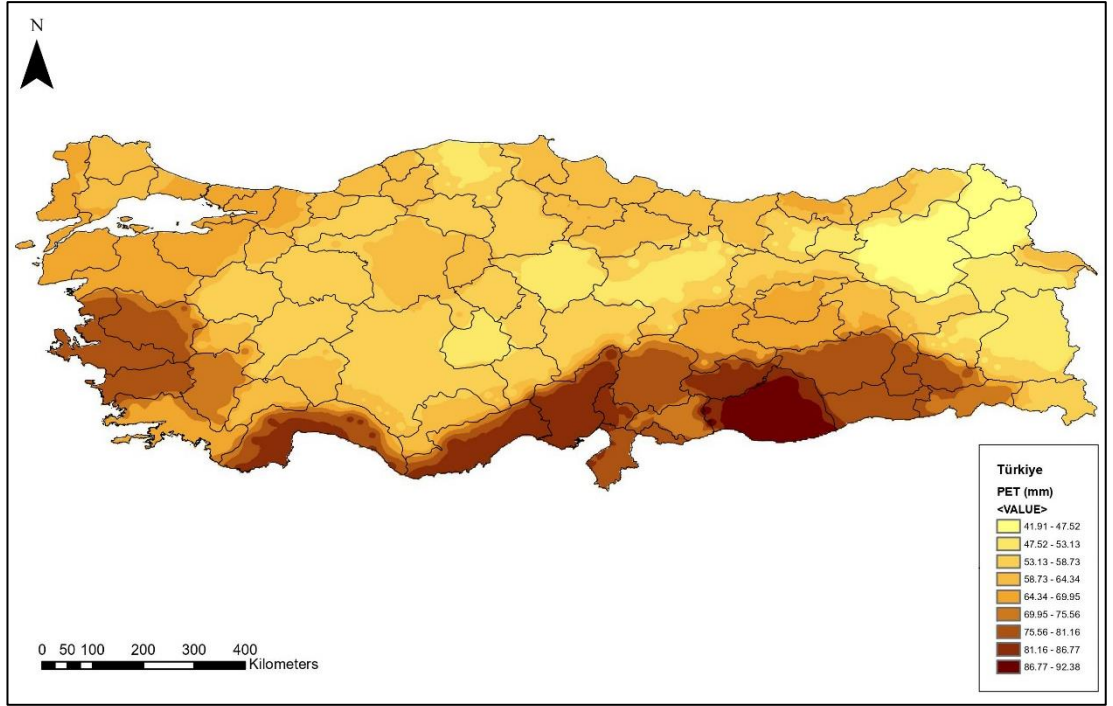
Şekil 2.3: Türkiye'deki coğrafik bölgelerde numaralarına göre meteoroloji istasyonlarının dağılımı (MGM)

Meteorolojik kuraklık için günlük ve aylık toplam yağış verilerinden, aylık ortalama sıcaklık verilerinden faydalanılmıştır. Gözlem aralığındaki zamanlar kullanılarak yıllık toplam yağış ve sıcaklık verileri harita üzerinden gösterilmiştir (Şekil 2.4). Bu veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir.



Şekil 2.4: 1950-2019 yıllık ortalama a) yağış ve b) sıcaklık haritası

Potansiyel Evapotranspirasyon sıcaklık verilerinden elde edilmiştir. Thornthwaite (Thornthwaite, 1948), Penman-Monteith (Allen ve diğ., 1998, Hargreaves (Hargreaves, 1975) gibi yöntemlerle PET hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada Thornthwaite yöntemi kullanılarak PET hesaplanmıştır. (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: 1950-2019 yıllık ortalama PET (Thornthwaite) haritası

2.3 Uydu Verileri

Geniş alanlarda sulak veya buzul alanların, bitki örtüsü yoğunluğu ve çeşitliliğinin belirlenmesinde Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) görüntüleri oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Gönenç, 2019). NDVI kuraklık indeksi ile bitki yüzeylerinde oluşan buharlaşma arasında mevsimsel olarak benzer salınımlar tespit edilmiştir. (Box ve diğ., 1989). Bitki örtüsündeki kuraklık tarım sektörünü de etkilemektedir. Türkiye ekonomisinde tarımın önemli bir rol oynadığı için kuraklığın sonuçları ekonomi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Türkiye genelini kapsayan geniş bir alanda tarımsal kuraklığın analizinde birçok geniş kapsamlı uygulamalarda kullanılan uydu görüntüleri önemli bir araçtır. Bu nedenle 19.08.2019 – 30.08.2019 zamanlarına ait 63 adet Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılarak söz konusu kuraklığın boyutu ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu görüntüler <https://earthexplorer.usgs.gov/> sitesinden sağlanmıştır. Çalışmada görüntülerin elde edildiği uyduya ait (Landsat 8-9) özellikler Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Landsat 8-9 bantları ve özellikleri (Gönenç, 2019)

Landsat 8-9 Operasyonel Kara Görüntüleyici (OLI) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS)	Bantlar	Dalga boyu (mikrometre)	Çözünürlük (metre)
	Bant 1 - Kıyı aerosol	0.43-0.45	30
	Bant 2 - Mavi	0.45-0.51	30
	Bant 3 - Yeşil	0.53-0.59	30
	Bant 4 - Kırmızı	0.64-0.67	30
	Bant 5 – Yakın Kızılötesi (NIR)	0.85-0.88	30
	Bant 6 - SWIR 1	1.57-1.65	30
	Bant 7 - SWIR 2	2.11-2.29	30
	Bant 8 - Panchromatic	0.50-0.68	15
	Bant 9 - Cirrus	1.36-1.38	30
	Bant 10 - Termal Kızılötesi (TIRS) 1	10.6-11.19	100
	Bant 11 - Termal Kızılötesi (TIRS) 2	11.50-12.51	100

2.4 Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) ve Verileri

Karmaşık jeolojik, jeomorfik ve iklimsel ortamlarından dolayı Türkiye, çevresindeki denizlere ve komşu Irak, İran ve Ermenistan ülkelerine giren birçok nehre sahiptir (Şekil 2.6). Genel olarak, Türkiye'de denize çıkışı olmayan 4 kapalı havza da dahil olmak üzere 25 ana drenaj havzası bulunmaktadır (Özfidaner, 2020).

Bu çalışmada Tablo 2.2'deki akarsu havzasındaki 10 AGİ'nin su yılında başlayacak şekilde 1979-2015 yılları arasındaki akım verileri kullanılmıştır. Veriler Devlet Su İşlerinden (DSİ) temin edilmiştir.



Şekil 2.6: Türkiye akarsu havzaları

Tablo 2.2: Tez kapsamında kullanılan hidrolojik istasyonları

Havza Adı	İstasyon No	İstasyon Adı	Rakım	Yağış Alanı (km ²)	Koordinat
Meriç Havzası	D01A008	Ergene N.	45 m.	2794	27°21'0"D/41°24'0"K
Susurluk Havzası	D03A020	Kocadere	873 m.	1082.7	29°36'0"D/39°26'0"K
Burdur Göller Havzası	D10A027	Bügdüz Deresi	900 m.	214.3	30°10'45"D/37°39'6"K
Akarçay Havzası	D11A015	Engilli Deresi	1502 m.	46.83	31°25'12"D/38°16'28"K
Sakarya Havzası	D12A033	Porsukçayı	951 m.	2432	30°2'0"D/39°21'0"K
Konya Kapalı Havzası	D16A101	Çavuş D.	1111 m.	376.80	31°50'53"D/37°35'25"K
Doğu Akdeniz Havzası	D17A016	Göksu N.	233 m.	2994.0	33°11'15"D/36°46'54"K
Fırat Havzası	D21A096	Sultan S.	842 m.	725.90	38°3'39"D/38°20'16"K
Aras Havzası	D24A018	Kantarlı Çayı	1790 m.	502	42°51'0"D/41°2'0"K
Van Gölü Havzası	D25A013	Deliçay	1000 m.	342	43°32'0"D/39°6'0"K

3. KURAKLIK İNDEKSLERİ

Kuraklık indeksleri, farklı kuraklık biçimlerinin teorik tanımlarının somut özelliklerine göre sayısal bir formatta ifade edilmektedir (Valiente, 2001). Burton ve diğ. (1993) kuraklığı karakterize etmek için yedi parametre listelemiştir. Bu parametreleri ölçmek için ıslak gün sayısını ölçmek veya yağış sıkıntısı hakkındaki algıları değerlendirmek yeterli değildir. Ancak kurak bir olayın süresini ve büyüklüğünü belirlemek için matematiksel formüller uygulamak gerekir. Kuraklıkları tespit etmek ve analiz etmek için önerilen başlıca parametreler aşağıda açıklanmıştır.

- **Büyüklük**, kurak olayın süresi boyunca ortalama yağış veya akış eksikliğidir. Dracup ve diğ. (1980), büyüklüğün yanı sıra kuraklık şiddetinin de ölçülebileceğini göstermiştir.

- **Şiddet (S_d)**, kurak dönem boyunca biriken yağış veya akış açığı olarak tanımlanabilir.

- **Süre (D_d)**, kaydedilen yağış veya akışın aynı süre için öngörülen bir eşikten daha az olduğu zamandır (ardışık zaman adımlarının sayısı, günler, aylar veya yıllar).

- **Sıklık**, belirli bir süre için meydana gelen bilinen kuraklık olaylarının sayısıdır. Ayrıca, yağış veya akışın ortalamadan daha az veya kuru olayın geri dönüş süresinden daha az olduğu ampirik olasılık ile ölçülebilir (ortalama zaman aralığı belirli bir büyüklükte bir kuraklık bekleyebilir).

- **İmplantasyon hızı**, yağış veya akış açığının başlangıcı ile bu açığın maksimum değerine ulaştığı an arasındaki geçen süreyi ifade eder.

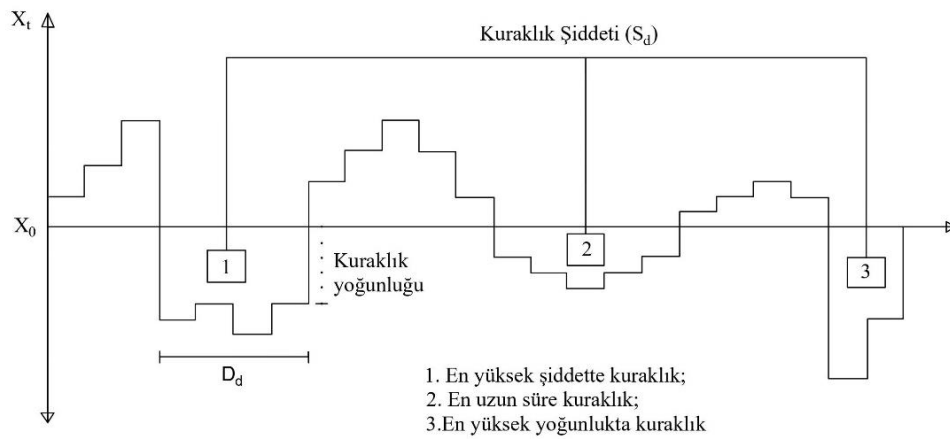
- **Zaman aralığı**, çeşitli kuru olaylar arasında geçen süredir. Kuraklığın düzenliliğinin veya rastgeleliğinin bir ölçüsünü sağlar. Bu parametre sayesinde kuraklığın öngörülebilirliğine ilk yaklaşımı elde edebiliriz.

- **Alan (yüzey)**, su sıkıntısı çeken toplam yüzeydir.

- **Mekânsal dağılım**, yağış veya akış anomalisinin difüzyon veya konsantrasyon derecesini ölçer.

Kuraklığın karmaşıklığı nedeniyle tek bir indeks, kuraklığın yoğunluğunu, şiddetini ve potansiyel etkilerini ifade edemez. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) kuraklık indeksini “uzun süreli ve anormal nem eksikliğinin kümülatif etkilerinden bazıları ile ilişkili bir indeks” olarak tanımlamıştır (WMO, 1992).

Kurak ve nemli olaylarla ilgili bazı parametreler kuru ve ıslak olayların tanımlanmasından hesaplanabilir. Kurak ve nemli olayların maksimum şiddeti, süresi, yoğunluğu zaman içindeki davranışlarındaki değişiklikleri tanımlamak için seçilen parametrelerdir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Belirli bir eşik seviyesi için kuraklık özellikleri (Mishra ve Singh, 2011)

Amerikan Meteoroloji Derneği (1997), arz ve talep bakımından zaman ve mekân süreçlerinin, kuraklığın nesnel tanımına uygun olduğunu öne sürmüşlerdir. Dolayısıyla bir kuraklık indeksinin dikkate alması gereken iki temel unsur olduğuna karar verilmiştir. Kuraklık koşulları temel olarak büyüklük (veya şiddet) ve süre parametreleriyle karakterize etmek için çok çeşitli kuraklık indeksleri vardır. Çeşitli kuraklık inceleme yöntemleri hakkında artıları ve eksileri tartışan çok sayıda makale yayımlanmıştır (Alley, 1984; Karl, 1986; Heim, 2002; Dubrovsky ve diğ., 2009; Vicente-Serrano ve diğ., 2010 ve 2011, Dai, 2011 ve 2013; Sheffield ve diğ., 2012).

Kuraklıktan etkilenen sektörlerin sayısı ve çeşitliliği göz önüne alındığında, her türlü kuraklık için tek bir gösterge veya indeks kullanılamaz. Tercih edilen yaklaşım, hangi parametrelerin/indekslerin iklim ve kuraklığın zamanlaması, alanı ve türü için en uygun olduğunu belirlemektir. Çalışmada kullanılan indeksler tip ve kullanım kolaylığına göre gruplandırılmıştır ve sınıflandırılmıştır. ‘Kullanım kolaylığı’ sınıflandırması, her gösterge/indeks için aşağıdaki gibi bir 'trafik ışığı' yaklaşımı (yeşil ve sarı renkler) kullanır (Svoboda ve Fuchs, 2017).

Yeşil : (1) Dizini çalıştırmak için bir kod veya program kolayca ve serbestçe kullanılabilir. (2) Günlük veriler gerekli değildir. (3) Eksik verilere izin verilir.

Sarı : (1) Hesaplamalar için birden fazla değişken veya girdi gereklidir. (2) Dizini çalıştırmak için bir kod veya program bir ortak etki alanında kullanılamaz. (3) Bir indeks oluşturmak için gereken hesaplamaların karmaşıklığı minimumdur.

Tablo 3.1’de çalışmada kullanılan meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık indekslerinin trafik ışığı yaklaşımı sonuçları, kullanılan giriş parametreleri ve indeksler hakkında bilgiler verilmektedir.

Tablo 3.1: Kuraklık İndeksleri (WMO, 2016)

		Kullanım kolaylığı	Giriş parametreleri	Ek Bilgiler
Meteorolojik Kuraklık İndeksleri (P: Yağış verisi, T: Sıcaklık verisi)	Ağırlıklı Anomali Standart Yağış İndeksini (WASP)		P	Tropikal bölgelerde kuraklığı izlemek için ızgara verilerini kullanır.
	Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi (PNPI)		P	Basit hesaplamalar
	Ondalık Kuraklık İndeksi		P	Hesaplanması kolay; Avustralya'daki örnekler yararlıdır.
	Standart Yağış İndeksi		P	Meteorolojik kuraklık izleme için başlangıç noktası olarak WMO tarafından önerilir.
	Yağış Konsantrasyon İndeksi (PCI)		P	Yağışın dağılımını kontrol eder.

Tablo 3.1 (devamı): Kuraklık İndeksleri (WMO, 2016)

		Kullanım kolaylığı	Giriş parametreleri	Ek Bilgiler
Meteorolojik Kuraklık İndeksleri (P: Yağış verisi, T: Sıcaklık verisi)	Çin Z İndeksi		P	SPI verilerini geliştirmek için tasarlanmıştır.
	De Martonne Kuraklık İndeksi (DMAI)		P, T	İklim sınıflandırmalarında da kullanılabilir.
	Efektif Kuraklık İndeksi (EDI)		P	Program yaratıcısı ile doğrudan temas yoluyla kullanılabilir.
	Evaporatif Talep Kuraklık İndeksi (EDDI)		T	SPEI'ya benzer fakat sadece PET değerleri kullanır.
	Keşif Kuraklık İndeksi (RDI)		P, T	Aylık sıcaklık ve yağış gereklidir.
	Pinna Kombinasyon İndeksi		P, T	İklim sınıflandırmalarında da kullanılabilir.
	Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI)		P, T	Seri olarak tam veri gereklidir.
	Selyaninov'un Hidrotermal Katsayısı (HTC)		P, T	Rusya Federasyonu'nda kolay hesaplamalar ve birkaç örnek mevcuttur.
	Yağış Anomali İndeksi (RAI)		P	Seri olarak tam veri gereklidir.
	Z-Skoru İndeksi		P	SPI verilerini geliştirmek için tasarlanmıştır.
Tarımsal (Uzaktan Algılama) Kuraklık İndeksi (Sat: uydu verisi)	Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI)		Sat	Çoğu konum için hesaplanır.
Hidrolojik Kuraklık İndeksi (SF: Akım verisi)	Akım Kuraklık İndeksi (SDI)		SF	Hesaplaması SPI'e benzer ancak yağış yerine akım verileri kullanılır.
	Standartlaştırılmış Akım Kuraklık İndeksi (SSFI)		SF	Akım verileri ile SPI programını kullanır.

3.1 Meteorolojik Kuraklık İndeksleri

3.1.1 Yağışa Dayalı Meteorolojik Kuraklık İndeksleri

Çeşitli indekslerinden her kategori için değer aralığı Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2: İndeks değerine göre çeşitli kuraklık indekslerinin kurak ve nemli kategorileri (Jain ve diğ., 2015; Adnan ve diğ., 2018)

Kategori	WASP	SPI	CZI	EDI	ZSI
Son Derece Kurak	≤ -2.0	≤ -2.0	≤ -2.0	≤ -2.0	≤ -2.0
Aşırı Kurak	$(-2.0) - (-1.5)$	$(-2.0) - (-1.5)$	$(-2.0) - (-1.5)$	$(-2.0) - (-1.5)$	$(-2.0) - (-1.5)$
Orta Derece Kurak	$(-1.5) - (-1.0)$	$(-1.5) - (-1.0)$	$(-1.5) - (-1.0)$	$(-1.5) - (-1.0)$	$(-1.5) - (-1.0)$
Normal	$(-1) - 1$	$(-1) - 1$	$(-1) - 1$	$(-1) - 1$	$(-1) - 1$
Orta Derece Nemli	$1.0 - 1.5$	$1.0 - 1.5$	$1.0 - 1.5$	$1.0 - 1.5$	$1.0 - 1.5$
Aşırı Nemli	$1.5 - 2.0$	$1.5 - 2.0$	$1.5 - 2.0$	$1.5 - 2.0$	$1.5 - 2.0$
Son Derece Nemli	≥ 2.0	≥ 2.0	≥ 2.0	≥ 2.0	≥ 2.0

3.1.1.1 Ağırlıklı Anomali Standart Yağış İndeksi (WASP)

Lyon (2004), tropik bölgedeki yağışları izlemek için Ağırlıklı Anomali Standart Yağış İndeksini (WASP) geliştirmiştir. Temel olarak, kuraklık nem eksikliği olarak adlandırılır, bu nedenle genellikle 6 veya 12 aylık yağış birikimi kullanılır.

$$WASP_N = \frac{1}{\sigma_{WASP_N}} \times \sum_{i=1}^N \left(\frac{P_i - \bar{P}_i}{\sigma_i} \times \frac{\bar{P}_i}{\bar{P}_A} \right) \quad (3.1)$$

P_i aylık yağış, $\bar{P}_i$ ve $\bar{P}_A$ aylık ve yıllık yağış klimatolojisidir. σ_i aylık yağışların standart sapmasıdır ve σ_{WASP} ise WASP'nin standart sapmasıdır (Adnan ve diğ., 2018).

3.1.1.2 Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi (PNPI)

PNPI, Werick ve diğ. (1994) tarafından normal yağış yüzdesi olarak tanımlanmıştır. Farklı zaman ölçekleri (aylık, mevsimsel ve yıllık) için hesaplanabilir (Salehnia ve diğ., 2017). Masoudi ve Hâkimi (2014) bölgedeki kuraklığı izlemek için aşağıdaki denklemi kullanmışlardır.

$$PNPI = \frac{P_i}{\bar{P}} \times 100 \quad (3.2)$$

P_i 'nin her yılın toplam yağış miktarı olduğu yerde, $\bar{P}$ ortalamadır. Elde edilen değerlerin kuraklık sonuçları Tablo 3.3'teki sınıflandırma ile kontrol edilebilir.

Tablo 3.3: PNPI'ye göre indeks değerleri ve sınıflandırma (Adnan ve diğ., 2018)

Kategori	PNPI
Son Derece Kurak	< 60
Aşırı Kurak	60 – 70
Orta Derece Kurak	70 – 80
Hafif Derece Kurak	80 – 90
Normal	90 – 110
Nemli	> 110

3.1.1.3 Ondalık Kuraklık İndeksi (DI)

Aylık yağış verilerinin ondalık olarak düzenlenmesi kuraklık izleme tekniğidir. Gibbs ve Maher (1967) tarafından “normalin yüzdesi” yaklaşımındaki bazı zayıflıklardan kaçınmak için geliştirilmiştir. Uzun vadeli bir yağış kaydı üzerindeki olayların dağılımını, dağılımın onda birine bölmüştür. Bu kategorilerin her birini bir ondalık olarak adlandırılmıştır. Aşağıdaki sınıflandırılma kullanılmaktadır (bkz. Tablo 3.4).

Bu indeks kuraklık çalışmalarında yaygın olarak kullanılmıştır (Lana ve Burgueno, 2000; Keyantash ve Dracup, 2002; Morid ve diğ., 2006 ve 2007; Smakhtin ve Hughes, 2007; Pandey ve diğ., 2008; Barua ve diğ., 2011).

Tablo 3.4: Ondalık Kuraklık İndeks'inin sınıflandırması

Kategori	Ondalık Kuraklık
Normalin Çok Altında	Ondalık 1–2: en düşük %20
Normalin Altında	Ondalık 3–4: sonraki en düşük %20
Normale Yakın	Ondalık 5–6: orta %20
Normalin Üstünde	Ondalık 7–8: sonraki en yüksek %20
Normalin Çok Üstünde	Ondalık 9–10: en yüksek %20

3.1.1.4 Standart Yağış İndeksi (SPI)

Farklı iklime sahip bölgelerin kuraklığını tanımlamak için yağış parametresini tek bir sayısal değere dönüştüren Standart Yağış İndeksi (SPI) yöntemi ilk olarak McKee ve diğ. (1993) tarafından geliştirilmiştir. Yağış verilerine en iyi uyan olasılık dağılımı Gamma olasılık dağılımıdır. SPI yönteminde, yağış verilerinden elde edilen olasılık dağılım fonksiyonları Gamma olasılık dağılım fonksiyonlarına dönüştürülmelidir (Thom, 1966; McKee ve diğ., 1993). Gamma dağılım fonksiyonundan elde edilen yağış olasılıkları, ters-standart normal dağılım fonksiyonu kullanılarak standart yağışlara dönüştürülür. Bu dönüşüm seçilen bir zaman diliminde yağış ile ortalama arasındaki farkın standart sapmaya bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$SPI = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x} \quad (3.3)$$

Denklem (3.3)'te, x_i gözlenen yağış değeri, $\bar{x}$ yağış serisinin ortalaması ve σ_x serinin standart sapmasıdır. Elde edilen SPI değerleri, yağış eksikliği ile doğrusal olarak artan ve azalan bir eğilim göstermektedir (Sırdaş ve Şen, 2003). Yağış eksikliğin farklı su kaynakları üzerindeki etkisini göz önünde bulundurmak için, indekslerdeki değişikliklerin gözleneceği 1, 3,..., 24 ay gibi farklı zaman dilimleri kullanılmaktadır. SPI, kuraklık indeksleri arasında en çok çalışılan kuraklık indekslerinden biridir (Caloiero, 2018).

3.1.1.5 Yağış Konsantrasyon İndeksi (PCI)

Yağış Konsantrasyon İndeksi (PCI, Oliver, 1980), yağış konsantrasyonunun ve yağış erozivitesinin bir göstergesi olarak önerilmiştir (Michiels ve diğ., 1992). 3. Bölümün 4. denklemine (3.4) göre yıllık ölçekte hesaplama yapılmıştır.

$$PCI = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{(\sum_{i=1}^{12} P_i)^2} \quad (3.4)$$

Burada P_i , i ayındaki yağış miktarıdır. Tablo 3.5'te yağışın dağılım sınıflandırması verilmiştir.

Tablo 3.5: PCI'nin sınıflandırması (De Luis ve diğ., 2011)

Kategori	PCI
Güçlü Düzensiz Dağılım (Yüksek Yağış Konsantrasyon)	> 20
Düzensiz Dağılım	15 – 20
Orta Derece Yağış Konsantrasyonu	10 – 15
Düşük Yağış Konsantrasyonu	≤ 10

3.1.1.6 Çin Z İndeksi (CZI)

CZI, Wilson-Hilferty küp kökü dönüşümüne dayanmaktadır (Kendall ve Stuart, 1963). Yağış verilerinin Pearson tip III dağılımını takip ettiği varsayıldığında (Wu ve diğ., 2001; Morid ve diğ., 2006), indeks şu şekilde hesaplanır:

$$CZ_i = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s}{2} \varphi_i + 1 \right)^{1/3} - \left(\frac{6}{C_s} \right) + \left(\frac{C_s}{6} \right) \quad (3.5)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n \times \sigma^3} \quad (3.6)$$

$$\varphi_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (3.7)$$

C_s 'nin çarpıklık katsayısı olduğu yerde, n kayıttaki toplam ay sayısıdır, φ_i , Z-skoru (Z) olarak da adlandırılan standart bir değişkendir ve x_i , i ayında aylık yağıştır (Morid ve diğ., 2006).

3.1.1.7 Efektif Kuraklık İndeksi (EDI)

EDI, zamana bağlı bir indirgeme fonksiyonu ile günlük yağışın toplam değeridir. Kuraklık indeksinin hesaplanması için gerekli olan tek veri, 30 yıl veya daha uzun bir süre için günlük yağış değerleridir (Kim ve diğ., 2011). Byun ve Wilhite'in (1999) orijinal çalışmalarına göre, eğer P_m günlük yağış ise ve n önceki dönemin süresi ise, o zaman geçerli gün için EP şu şekilde verilebilir:

$$EP_i = \sum_{n=1}^i \left[\frac{\sum_{m=1}^n P_m}{n} \right] \quad (3.8)$$

$$DEP = EP - MEP \quad (3.9)$$

$$EDI = \frac{DEP}{ST(DEP)} \quad (3.10)$$

Denklem 3.8'deki i , en yaygın yağış döngüsü olan toplama süresidir (=365). MEP ve ST(DEP) klimatolojik ortalama ve standart sapmaları temsil eder (Deo ve diğ., 2017). EDI ve SPI, benzer sınıflandırmayı kullanır (bkz. Tablo 3.2).

3.1.1.8 Yağış Anomali İndeksi (RAI)

Van-Rooy (1965) tarafından geliştirilen ve ilk olarak kullanılan ve Freitas (2005) tarafından uyarlanan RAI, aşağıdaki denklemler ile hesaplanmaktadır.

$$RAI = 3 \times \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \right], \text{ Pozitif anomaliler için} \quad (3.11)$$

$$RAI = -3 \times \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right], \text{ Negatif anomaliler için} \quad (3.12)$$

N = aylık / yıllık ortalama yağış miktarı (mm); $\bar{M}$ = en yüksek on aylık / yıllık yağışın ortalaması (mm); $\bar{X}$ = en düşük on aylık / yıllık yağışın ortalaması (mm) ve pozitif anomalilerin değerleri ortalamanın üzerindedir ve negatif anomalilerin değerleri ortalamanın altındadır. Belirtilen indekse göre kuraklık şiddeti ve kuraklık yoğunluğu Tablo 3.6'de belirlenmiştir.

Tablo 3.6: RAI yoğunluğunun sınıflandırılması (Costa ve Rodrigues, 2017)

Kategori	RAI
Son Derece Kurak	< -4
Çok Kurak	$(-4) - (-2)$
Kurak	$-2 - 0$
Nemli	$0 - (2)$
Çok Nemli	$2 - (4)$
Son Derece Nemli	> 4

3.1.1.9 Z-Skor İndeksi (ZSI)

Standart bir indeks olarak da bilinen Z-Skor İndeksi, bir yağışın ortalamanın üstünde veya altında bıraktığı standart sapmaların sayısını gösterir. Bu indeks birçok çalışmada yer almıştır (Morid ve diğ., 2006; Afzali ve diğ., 2016).

$$ZSI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad (3.13)$$

Burada $\bar{P}$ ortalama aylık yağış (mm); P_i belirli bir aydaki yağış miktarı (mm) ve SD herhangi bir zamanda standart sapmayı gösterir (Mashari Eshghabad ve diğ., 2014). İndeksin sınıflandırması SPI indeksiyle aynıdır (bkz. Tablo 3.2).

3.1.2 Potansiyel Evapotranspirasyon'a (PET) Dayalı Meteorolojik Kuraklık İndeksi

3.1.2.1 Evaporatif Talep Kuraklık İndeksi (EDDI)

Atmosferik Evaporatif Talep (E_0) ile yapıldığı için indeks sonuçları birden fazla yöntemle (Thornthwaite, Blaney-Criddle, Penman-Monteith, Hargreaves-Samani vb.) elde edilebilir (Dewes ve diğ., 2017). Hesaplama adımları Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksine (SPEI) benzemektedir (Hobbins ve diğ., 2016).

$$P(E_{0i}) = \frac{i - 0.33}{n + 0.33} \quad (3.14)$$

Burada i , tarihsel zaman serilerindeki E_0 'ların sıralamasıdır, maksimum E_0 için $i=1$ ve n , serideki gözlemlerin sayısıdır.

$$EDDI = W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_1W + d_2W^2 + d_3W^3} \quad (3.15)$$

Sabitler şu şekilde tanımlanır: $C_0 = 2.515517$, $C_1 = 0.802853$, $C_2 = 0.010328$, $d_1 = 1.432788$, $d_2 = 0.189269$, $d_3 = 0.001308$.

$$P(E_{0i}) \leq 0.5 \text{ ise } W = \sqrt{-2\ln[P(E_{0i})]} \quad (3.16)$$

$$P(E_{0i}) > 0.5 \text{ ise } W = \sqrt{-2\ln[1 - P(E_{0i})]} \quad (3.17)$$

Elde edilen EDDI sonuçları ile bir sınıflandırma yapılır (Tablo 3.7).

Tablo 3.7: EDDI kuraklık seviyesi sınıflandırması (Yao ve diğ., 2018)

Kategori	EDDI
Son Derece Kurak	≥ 2.0
Çok Kurak	$1.5 - 2.0$
Kurak	$1.0 - 1.5$
Normal	$(-1.0) - 1.0$
Nemli	≤ -1.0

3.1.3 Yağış ve PET'e Dayalı Meteorolojik Kuraklık İndeksleri

Yağış ve PET verilerinin kullanıldığı kuraklık indekslerinin sınıflandırılması Tablo 3.8'de verilmiştir. İki indekste aynı sınıflandırmayı kullanmaktadır.

Tablo 3.8: RDI ve SPEI'nin kuraklık sınıflandırması (Wable ve diğ., 2018)

Kategori	RDI	SPI
Son Derece Kurak	≤ -2.0	≤ -2.0
Aşırı Kurak	$(-2.0) - (-1.5)$	$(-2.0) - (-1.5)$
Orta Derece Kurak	$(-1.5) - (-1.0)$	$(-1.5) - (-1.0)$
Normal	$(-1) - 1$	$(-1) - 1$
Orta Derece Nemli	$1.0 - 1.5$	$1.0 - 1.5$
Aşırı Nemli	$1.5 - 2.0$	$1.5 - 2.0$
Son Derece Nemli	≥ 2.0	≥ 2.0

3.1.3.1 Keşif Kuraklık İndeksi (RDI)

Keşif Kuraklık İndeksi (RDI), Atina/Yunanistan Ulusal Teknik Üniversitesi'nden Tsakiris ve Vangelis tarafından bulunmuştur. RDI üç şekilde ifade edilir (Tsakiris ve Vangelis, 2004 ve 2005; Tsakiris ve diğ., 2007). RDI (α_k) başlangıç değeri olarak adlandırılan ilk ifade, ikinci ifade adı Normalleştirilmiş RDI (RDI_n) ve Standartlaştırılmış RDI (RDI_{st}) olarak adlandırılan üçüncü ifade bulunmaktadır (Zarei ve diğ., 2016).

$$\alpha_k^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^k P_{ij}}{\sum_{j=1}^k PET_{ij}}, i=1'den N'e kadar \quad (3.18)$$

P_{ij} ve PET_{ij} i-inci yılının j-inci ayının yağış ve potansiyel evapotranspirasyonudur. N, mevcut verilerin toplam yıl sayısıdır. α_k değerleri, çok çeşitli konumlarda ve farklı zaman ölçeklerinde hem lognormal hem de gama dağılımlarını takip eder (Tigkas ve diğ., 2013). Normalleştirilmiş RDI (RDI_n), N yıllık veriler için hesaplanan α_k değerlerinin aritmetik ortalaması olarak hesaplanır.

$$RDI_n^{(i)} = \frac{\alpha_k^{(i)}}{\alpha_k} - 1 \quad (3.19)$$

RDI_{st} 'in ilk formülasyonu (Tsakiris ve Vangelis, 2005) olan, α_k değerlerinin lognormal (LN) dağılımını takip ettiği varsayımı kullanılmıştır. Yani, RDI_{st} şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$RDI_{st}^{(i)} = \frac{y_k^{(i)} - \bar{y}_k}{\hat{\sigma}_{y_k}} \quad (3.20)$$

y_k , $\ln(\alpha_k^{(i)})$ değeridir. $\bar{y}_k$, y_k değerlerinin aritmetik ortalaması ve $\hat{\sigma}_{y_k}$, standart sapmasıdır.

3.1.3.2 Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI)

Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) Vicente-Serrano ve diğ. (2010) tarafından PDSI'nin buharlaşma talebindeki değişikliklere duyarlılığı ve SPI'nin çoklu zaman ölçeği özelliği birleştirilerek ortaya çıkmıştır. Kümülatif yağış ve potansiyel evapotranspirasyon arasındaki haftalık veya aylık fark olarak hesaplanan basit bir iklimsel su dengesini temsil eder (Beguería ve diğ., 2014; Telesca ve diğ., 2012; Vicente-Serrano ve diğ., 2010; Vicente-Serrano ve diğ., 2011, 2012 ve 2014; Vicente-Serrano ve diğ., 2020).

$$D_n^k = \sum_{i=0}^{k-1} (P_{n-i} - PET_{n-i}) \quad (3.21)$$

Burada, k (ay) toplam zaman ölçeğidir ve n hesaplanan ayıdır. Daha sonraki uygulama adımı olarak EDDI'nin hesaplamasına benzemektedir.

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_1W + d_2W^2 + d_3W^3} \quad (3.22)$$

Sabitler EDDI indeksi ile aynıdır: $C_0 = 2.515517$, $C_1 = 0.802853$, $C_2 = 0.010328$, $d_1 = 1.432788$, $d_2 = 0.189269$, $d_3 = 0.001308$.

$$P \leq 0.5 \text{ ise } W = \sqrt{-2\ln[P]} \quad (3.23)$$

$$P > 0.5 \text{ ise } W = \sqrt{-2\ln[1 - P]} \quad (3.24)$$

P, belirli bir D değerini aşma olasılığıdır (Wang ve diğ., 2021).

3.1.4 Yağış ve Sıcaklığa Dayalı Meteorolojik Kuraklık İndeksleri

Tablo 3.9: I_{DM} , I_M , I_P ve HTC kuraklık sınıflandırması (Vlăduț ve Licurici, 2020)

Kategori	I_{DM}	I_M	I_P	HTC
Çok Kurak	< 10	< 10	< 10	< 0.3
Kurak	10 – 20	10 – 24	10 – 20	0.3 – 0.6
Orta Derece Kurak	20 – 24	24 – 30	20 – 24	0.6 – 0.8
Yarı Kurak	24 – 28	30 – 35	24 – 28	0.8 – 1.0
Yarı Nemli	-	35 – 40	-	1.0 – 1.2
Orta Derece Nemli	28 – 35	40 – 50	28 – 35	1.2 – 1.4
Nemli	35 – 55	50 – 60	35 – 55	1.4 – 1.6
Çok nemli	>55	>60	>55	>1.6

3.1.4.1 De Martonne Kuraklık İndeksi (DMAI)

De Martonne Kuraklık İndeksi (DMAI) De Martonne (1925) tarafından bulunmuştur. Kuraklık, iklimde etkilidir. Nem eksikliğinden ortaya çıkmıştır. Ayrıca aylık veya yıllık olarak hesaplanabilir. Ancak, iki farklı hesaplama bulunmaktadır.

$$I_{DM} = \frac{P}{T + 10} \quad (3.25)$$

$$I_M = \frac{12P'}{T' + 10} \quad (3.26)$$

Denklem (3.25) ile yıllık hesaplamalar yapılırken (3.26) ile aylık hesaplamalar yapılır. Bu formüller sonucunda elde edilen kuraklık değerleri Tablo 3.11'e göre sınıflandırılmıştır. P yıllık yağış değerini (mm), T yıllık sıcaklık değerini ifade eder. P' ortalama aylık yağış; T' aylık ortalama sıcaklıktır (Muhire ve Ahmed, 2016; Vlăduț ve Licurici, 2020). İndeksin sınıflandırılması Tablo 3.9'da verilmiştir.

3.1.4.2 Pinna Kombinasyon İndeksi

Pinna Kombinasyon İndeksi (I_p) Pinna tarafından geliştirilmiştir (Zambakas, 1992; Vlăduț ve Licurici, 2020).

$$I_p = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{T + 10} + \frac{12P'_d}{T'_d + 10} \right) \quad (3.27)$$

P yıllık yağış değerini (mm), T yıllık sıcaklık değerini ifade eder. P'_d ve T'_d , en kurak ayın yağış ve sıcaklığının ortalama değerleridir. Bu indeks, en kurak ayın yağış ve hava sıcaklığını hesaba kattığı için sulamanın gerekli olduğu bölgeleri ve mevsimleri daha iyi açıklamaktadır (Deniz ve diğ., 2011).

3.1.4.3 Selyaninov'un Hidrotermal Katsayısı (HTC)

Selyaninov (1958) tarafından geliştirilen Selyaninov'un Hidrotermal Katsayısı (HTC) aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

$$HTC = \frac{P}{\sum_{T>10} \frac{T}{10}} \quad (3.28)$$

Burada P, yağış miktarlarının (mm) toplamıdır ve T, ortalama sıcaklıkların 10°C'yi aştığı aylar için sıcaklıkların (°C) toplamıdır ve bu da çoğunlukla Nisan–Ekim dönemine karşılık gelmektedir.

3.2 Tarımsal Kuraklık İndeksi

3.2.1 Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI)

Bitkiler organik maddeden inorganik madde üretmek için fotosentez yaparlar. Bitkilerin fotosentez yapmak için; ihtiyaç duyduğu gün ışığının, 0,63 μm – 0,69 μm dalga boyu aralığı ve kırmızı ışıktır (Kandemir, 2010). 0,7 μm 'den büyük yani yakın kızıl ötesi bant aralığı elektromanyetik enerjiyi soğurmaz (Duran, 2007). Bitkiler

kırmızı ışığı absorbe ettiği için kırmızı ışığın yansımaları ölçen bir uydu görüntüsü, düşük sayısal değerler verecektir. Bu durumun tam tersine yakın kızılötesi bant aralığındaki elektro manyetik enerjiyi yansıttıkları için; yakın kızılötesi bant aralığındaki ışığın yansımaları ölçen bir uydu görüntüsü, yüksek sayısal değerler verecektir (Kandemir, 2010).

Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI), yakın kızılötesi bant (NIR) ve kırmızı bant (R) farkı ve toplamının birbirine oranıdır (Rouse ve diğ., 1974).

$$NDVI = (NIR - R)/(NIR + R) \quad (3.29)$$

NDVI algoritması sonucunda -1 ile +1 arasındaki değerler elde edilir. Elde edilen değerlerin sadece pozitif değerleri bitkisel bölgelere karşılık gelir ve indeks ne kadar yüksekse, hedefin klorofil içeriği de o kadar büyük olur (Yengoh ve diğ., 2015).

3.3 Hidrolojik Kuraklık İndeksleri

3.3.1 Standartlaştırılmış Akım Kuraklık İndeksi (SSFI)

Standartlaştırılmış Akım Kuraklık İndeksi (SSFI), meteorolojik kuraklık analizi için McKee (1993) tarafından tanımlanan en yaygın kullanılan SPI'ye istatistiksel olarak benzemektedir (Modarres, 2007).

$$SSFI = \frac{F_i - \bar{F}}{\sigma_F} \quad (3.30)$$

F_i , i zaman içindeki akıştır. $\bar{F}$, serinin ortalaması ve σ_F , serinin standart sapmasıdır. Elde edilen hidrolojik sonuçlar Tablo 3.10'den kontrol edilebilir.

3.3.2 Akım Kuraklık İndeksi (SDI)

Nalbantis'e (2008) göre, i 'nin hidrolojik yılı ve j 'yi bu hidrolojik yıl içindeki ayı (Ekim için $j = 1$ ve Eylül için $j = 12$) gösterdiği bir aylık akış hacmi $Q_{i,j}$ zaman serisi mevcutsa, $V_{i,k}$ denkleminde dayanarak elde edilebilir.

$$V_{i,k} = \sum_{j=1}^{3k} Q_{i,j}, i = 1, 2, \dots j = 1, 2, \dots, 12 \text{ ve } k = 1, 2, 3, 4 \quad (3.31)$$

$V_{i,k}$ 'in i . hidrolojik yıl ve j . referans dönemi için kümülatif akış hacmi olduğu, Ekim-aralık için $k = 1$, Ekim-Mart için $k = 2$, Ekim-Haziran için $k = 3$ ve Ekim-Eylül için $k = 4$. Kümülatif akış hacimleri $V_{i,k}$ 'ya dayanarak, Akım Kuraklık İndeksi (SDI), i . hidrolojik yılın her bir referans dönemi k için aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - \bar{V}_k}{S_F}, i = 1, 2, \dots \text{ ve } k = 1, 2, 3, 4 \quad (3.32)$$

$\bar{V}_k$ ve S_F sırasıyla, k referans periyodunun kümülatif akış hacimlerinin ortalama ve standart sapmasıdır.

Tablo 3.10: SSFI ve SDI yardımı ile hidrolojik kuraklık durumlarının tanımı (Tigkas ve diğ., 2013; Li ve diğ., 2013).

Kategori	SSFI	SDI
Aşırı Kurak	< -2.0	< -2.0
Şiddetli Kurak	$(-2.0) - (-1.5)$	$(-2.0) - (-1.5)$
Orta Kurak	$(-1.5) - (-1.0)$	$(-1.5) - (-1.0)$
Hafif Kurak	$(-1.0) - 0.0$	$(-1.0) - 0.0$
Kuraklık yok	≥ 0.0	≥ 0.0

4. BULGULAR

Türkiye genelindeki kuraklığın mekânsal ve zamansal boyutta belirlenmesi amacıyla yapılan meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık analizleri ve sonuçları aşağıda ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

4.1 Meteorolojik Kuraklık Analizi

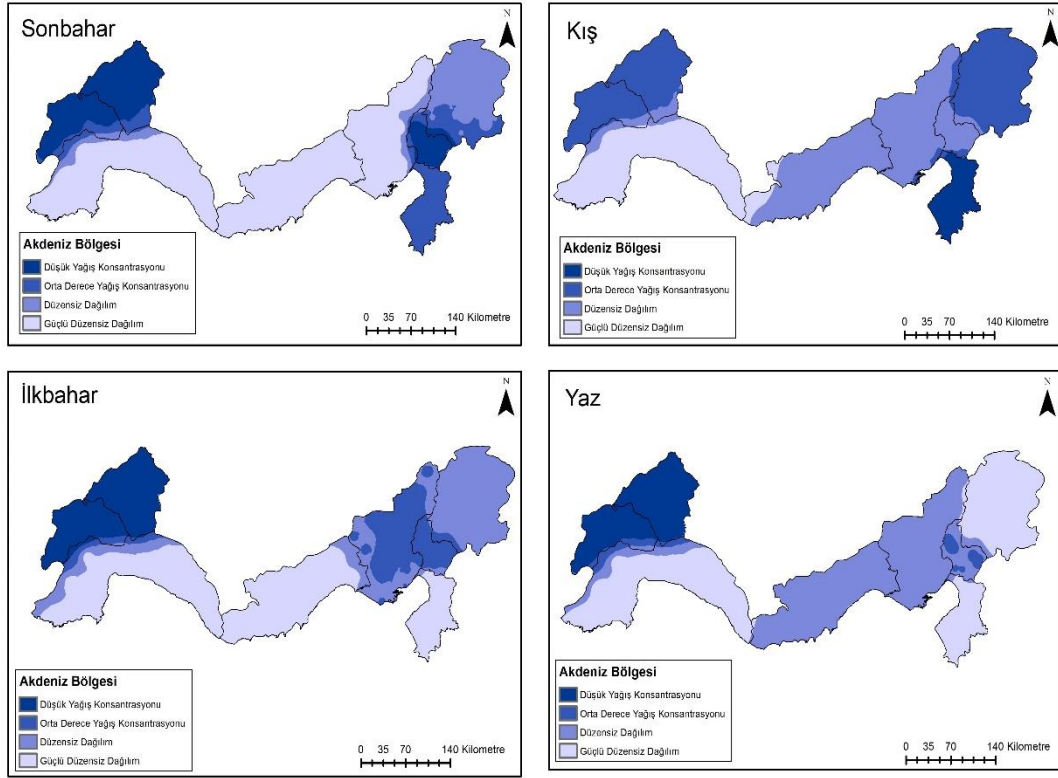
Türkiye’de coğrafik bölgelere göre meteorolojik kuraklık belirlenmesi için yağışa, potansiyel evapotranspirasyona, yağış ve potansiyel evapotranspirasyona, yağış ve sıcaklığa dayalı indekslere göre yapılan analizler sonuçları elde edilmiştir.

4.1.1 Yağışa Dayalı Meteorolojik Kuraklık Analizi

4.1.1.1 Akdeniz Bölgesi

Akdeniz Bölgesi için IDW analizinden 1950-2019 yılları için elde edilen mevsimsel ortalama PCI indeks sonuçları Şekil 4.1’de verilmiştir. PCI indeksine göre bölgenin istasyon bazındaki yağış durumları düşük yağış konsantrasyonu, orta derece yağış konsantrasyonu, düzensiz dağılım, güçlü düzensiz dağılım (yüksek yağış konsantrasyon) olarak dört sınıf altında değerlendirilmiştir.

Şekil 4.1 incelenecek olursa Antalya istasyonu tüm mevsimlerde yağış bakımında yetersiz olduğu görülmüştür. Bölgeye göre belli bir yağış dağılıma sahip istasyonlar Isparta ve Burdur’dur. Bölgenin geneline bakıldığında güçlü bir düzensizlik olduğu söylenebilir.



Şekil 4.1: Akdeniz Bölgesi için IDW analizinden elde edilen Mevsimsel PCI sonuçları

Aynı sınıflandırmayı kullanan yağışa dayalı kuraklık indeksleri üç farklı durum altında incelenmiştir. Kuraklık indekslerinin rölatif frekans analizine göre Tablo 4.1, Tablo 4.2 ve Tablo 4.3 arasında kıyaslama yapıldığında kurak durumun maksimum değeri RAI kuraklık indeksinde gözlenmiştir. Bu durum indekste normal sınıflandırmanın bulunmamasından kaynaklanmıştır. Ayrıca Hatay ve Kahramanmaraş dışındaki tüm istasyonlardaki PNPI rölatif frekans analizinde kurak durum değerlerinin nemli durum değerlerinden fazla olduğu gözlenmiştir. EDI kuraklık indeksinde ise bu durum tüm istasyonlarda gözlenmiştir.

Maksimum kurak durum değeri Antalya istasyonundaki (%67.0) RAI indeksinde bulunmuştur. Minimum kurak durum değeri Antalya istasyonundaki (%4.3) ZSI indeksinde bulunmuştur (Tablo 4.1). Maksimum normal durum değeri Antalya'nın (%79.8) ZSI indeksinde tespit edilmiştir. Minimum ise Adana istasyondaki (%21.7) PNPI kuraklık indeksinde tespit edilmiştir (Tablo 4.2). Nemli durum değerinin maksimum olduğu istasyon Osmaniye'nin (%43.4) RAI kuraklık indeksinde saptanmıştır. Minimum değer Isparta istasyonunun (%11.7) EDI kuraklık indeksinde görülmüştür (Tablo 4.3).

Tablo 4.1: Akdeniz Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Adana	Antalya	Burdur	Hatay	Isparta	K.maraş	Mersin	Osmaniye
WASP-Kurak (%)	10.1	17.4	14.5	18.9	14.5	18.8	14.5	15.2
PNPI-Kurak (%)	43.5	34.8	36.2	33.3	37.7	36.2	43.5	36.4
SPI-Kurak (%)	13.1	11.9	14.4	11.9	14.3	10.6	11.8	11.0
CZI-Kurak (%)	14.0	6.3	18.6	14.1	15.3	14.1	7.7	16.9
EDI-Kurak (%)	40.0	40.0	31.4	40.0	28.6	42.9	43.1	20.6
RAI-Kurak (%)	62.9	67.0	58.6	59.9	60.3	60.2	64.7	56.6
ZSI-Kurak (%)	10.1	4.4	15.5	12.1	12.7	11.6	6.0	12.6

Tablo 4.2: Akdeniz Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Adana	Antalya	Burdur	Hatay	Isparta	K.maraş	Mersin	Osmaniye
WASP-Normal (%)	76.8	68.1	68.1	65.2	71.0	62.4	72.5	66.6
PNPI- Normal (%)	21.7	33.3	36.2	30.5	36.2	26.1	27.5	27.2
SPI- Normal (%)	70.9	72.0	69.6	72.1	69.8	73.5	72.3	74.3
CZI- Normal (%)	69.2	76.6	63.5	67.9	66.8	67.8	75.5	64.6
EDI- Normal (%)	42.9	41.4	51.4	45.7	60.0	40.0	41.4	67.6
RAI- Normal (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
ZSI- Normal (%)	73.4	79.8	66.9	70.5	70.0	71.1	77.9	68.9

Tablo 4.3: Akdeniz Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Adana	Antalya	Burdur	Hatay	Isparta	K.maraş	Mersin	Osmaniye
WASP-Nemli (%)	13.1	14.5	17.4	15.9	14.5	18.8	13.0	18.2
PNPI- Nemli (%)	34.8	31.9	27.6	36.2	26.1	37.7	29.0	36.4
SPI- Nemli (%)	16.0	16.1	16.0	16.0	15.9	15.9	15.9	14.7
CZI- Nemli (%)	16.8	17.1	17.9	18.0	17.9	18.1	16.8	18.5
EDI- Nemli (%)	17.1	18.6	17.2	14.3	11.4	17.1	15.5	11.8
RAI- Nemli (%)	37.1	33.0	41.4	40.1	39.7	39.8	35.3	43.4
ZSI- Nemli (%)	16.5	15.8	17.6	17.4	17.3	17.3	16.1	18.5

Tablo 4.4'e göre Adana istasyonunda Haziran-Eylül ayları arası normalin çok altında (1-2 ondalık sınıf) yağışın gözlemlendiği görülmüştür. Aynı zamanda sonbahar aylarında da belli dönemlerde kuraklık gözlenmiştir. Normalin çok üstünde yağış verileri çoğunlukla aralık ve ocak aylarında görülmüştür.

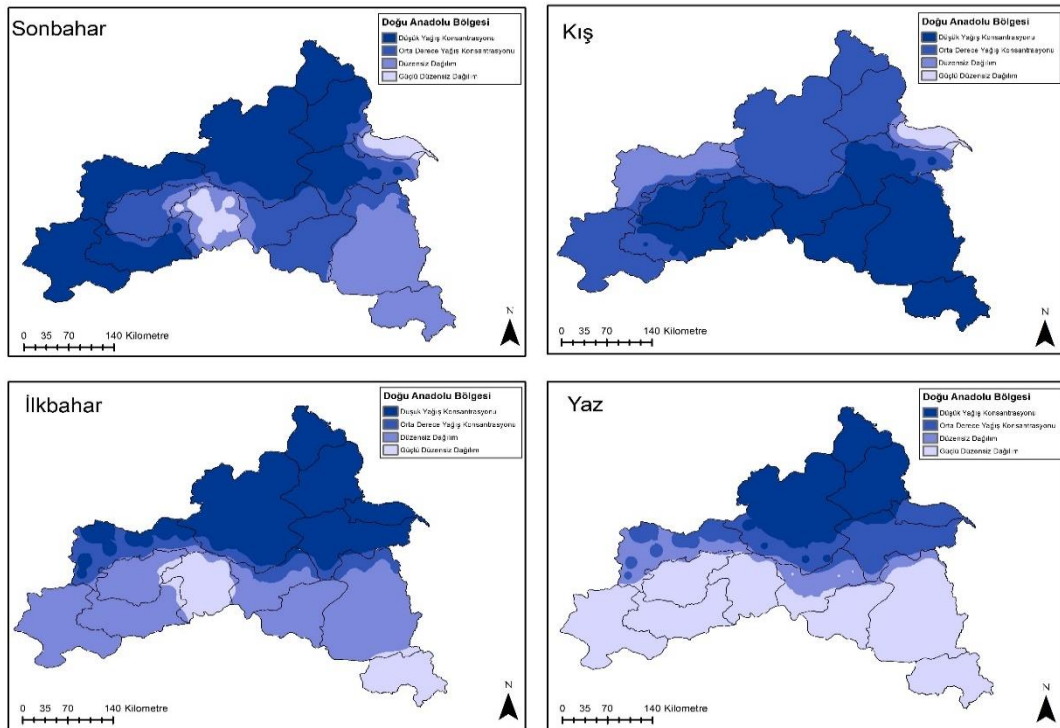
Tablo 4.4: Adana Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde)

ADANA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1950	7	7	9	7	10	3	4	2	5	6	4	6
1951	9	5	7	6	6	4	4	2	8	8	7	9
1952	6	9	8	4	7	3	2	2	2	2	8	10
1953	10	9	9	8	5	2	2	2	3	5	7	6
1954	10	5	6	9	3	4	2	2	3	8	8	10
1955	6	6	9	8	4	2	2	5	2	4	9	7
1956	9	10	6	3	8	2	2	3	4	2	3	8
1957	6	6	6	8	7	6	2	1	2	4	7	10
1958	10	7	8	5	4	6	2	2	4	4	3	7
1959	10	6	3	5	4	7	2	3	3	4	5	10
1960	7	5	10	5	7	3	2	1	2	3	7	7
1961	6	10	7	5	5	1	1	1	4	7	4	10
1962	8	10	6	7	5	1	1	1	1	5	2	10
1963	10	10	8	8	10	5	3	1	3	3	4	5
1964	3	10	9	6	6	8	1	1	2	1	9	6
1965	7	10	9	8	4	5	1	3	1	4	4	10
1966	10	4	8	4	3	2	3	1	3	3	8	10
1967	9	6	10	10	8	4	2	1	2	5	10	9
1968	10	8	7	3	7	5	3	2	7	7	10	10
1969	10	7	9	5	5	5	1	1	4	8	5	9
1970	7	9	8	3	4	2	3	1	3	6	9	7
1971	4	9	6	9	3	4	2	3	3	2	7	7
1972	4	8	5	6	6	5	3	1	3	6	5	1
1973	5	4	6	8	5	5	1	1	3	4	7	8
1974	9	5	7	6	2	1	1	6	7	5	5	10
1975	9	9	7	10	5	3	1	1	2	2	8	8
1976	10	7	7	9	10	2	7	2	5	9	10	10
1977	10	7	7	8	5	2	3	1	3	6	2	10
1978	10	10	8	6	3	4	1	1	4	9	4	10
1979	8	5	4	5	5	6	1	1	3	5	10	10
1980	10	9	9	9	7	2	1	1	2	5	9	8
1981	10	10	6	7	6	9	1	1	3	7	7	10
1982	7	5	6	5	4	6	5	3	4	8	4	8
1983	8	10	8	8	9	5	1	2	6	3	9	9
1984	10	8	7	9	2	2	2	4	1	3	8	7
1985	10	8	7	5	7	3	1	1	3	9	8	6
1986	9	8	3	3	6	4	1	1	2	7	7	8
1987	10	6	10	4	6	2	7	6	1	8	8	10
1988	6	9	10	6	7	7	1	1	2	9	9	8
1989	8	2	7	1	2	4	1	1	5	9	9	9
1990	4	9	7	5	6	7	1	2	4	5	4	7
1991	5	9	4	8	4	2	2	2	3	6	8	10
1992	3	6	5	4	8	6	7	1	2	3	10	10
1993	8	6	7	4	9	4	1	1	1	2	6	6
1994	10	8	6	5	8	3	3	4	1	6	10	10
1995	10	7	7	8	7	6	6	1	2	5	10	5
1996	10	9	9	7	4	4	1	2	2	8	4	9
1997	6	8	4	9	4	3	2	3	3	8	9	10
1998	6	3	9	7	5	2	3	1	6	4	9	10
1999	8	9	6	9	3	4	2	2	7	3	2	6
2000	9	9	5	8	8	1	1	1	6	10	5	6
2001	3	8	6	3	9	1	1	5	5	3	8	10
2002	9	8	6	8	4	2	3	5	2	3	5	8
2003	8	9	9	7	4	3	2	1	3	4	4	10
2004	10	9	3	5	4	1	2	3	1	3	10	5
2005	7	8	7	7	6	4	3	5	5	6	7	7
2006	6	9	6	3	4	3	6	1	6	10	9	1
2007	5	9	8	9	5	5	2	1	2	4	8	9
2008	5	7	5	4	4	3	1	3	4	5	6	7
2009	10	9	10	5	5	1	4	1	5	4	9	9
2010	9	8	4	8	7	2	2	1	2	5	1	10
2011	8	9	9	8	9	6	1	1	3	3	6	10
2012	10	9	7	4	8	4	4	2	1	7	9	10
2013	6	7	7	7	7	2	1	4	5	6	3	4
2014	5	6	6	4	5	8	2	2	9	7	8	9
2015	9	9	10	4	8	3	2	3	9	5	3	2
2016	10	8	8	6	8	6	2	3	6	1	3	10
2017	7	2	7	8	6	4	1	1	3	6	9	5
2018	10	7	6	5	5	5	1	1	2	8	4	10
2019	10	8	9	8	2	4	5	1	3	4	4	10

4.1.1.2 Doğu Anadolu Bölgesi

Doğu Anadolu Bölgesi için IDW analizinden 1950-2019 yılları için elde edilen mevsimsel ortalama PCI indeks sonuçları Şekil 4.2’de verilmiştir. PCI indeksine göre bölgenin istasyon bazındaki yağış durumları düşük yağış konsantrasyonu, orta derece yağış konsantrasyonu, düzensiz dağılım, güçlü düzensiz dağılım (yüksek yağış konsantrasyon) olarak dört sınıf altında değerlendirilmiştir.

Şekil 4.2’ye göre sonbahar ve kış mevsimlerinde düşük yağış konsantrasyonu gözlenmiştir. İlkbahar mevsiminde kuzey istasyonlar düşük yağış konsantrasyonunu gösterirken, güney istasyonlar düzensiz dağılımı göstermektedir. Yaz mevsiminde ise kuzey istasyonlarda düşük yağış konsantrasyonu gözlenirken, güney istasyonlarda yüksek yağış konsantrasyon gözlenmiştir.



Şekil 4.2: Mevsimsel PCI sonuçlarına göre Doğu Anadolu Bölgesi IDW analizi

Doğu Anadolu Bölgesi rölatif frekans analizleri incelendiğinde WASP, SPI, CZI, EDI ve ZSI indekslerinin tüm istasyonlarda normal durum kategorisinde olduğu gözlenmiştir. RAI indeksinde tüm istasyonlarda kurak durum gözlenmiştir. PNPI indeksinde ise Ağrı, Erzincan, Erzurum ve Malatya istasyonlarında normal durum rölatif frekans analizi sonuçlarına göre en fazla değerler gözlenirken, diğer

istasyonlarda kurak durum rölatif frekans analizi sonuçlarında en fazla değerler gözlenmiştir. Maksimum kuraklık Iğdır istasyonundaki (%61.9) RAI indeksinde bulunmaktadır (Tablo 4.5). Maksimum normal durum değeri Tunceli'nin (%76.8) WASP indeksinde tespit edilmiştir (Tablo 4.6). Nemliliğin maksimum olduğu istasyon Ağrı'nın (%45.0) RAI indeksinde saptanmıştır (Tablo 4.7).

Tablo 4.5: Doğu Anadolu Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Ağrı	Ardahan	Bingöl	Bitlis	Elâzığ	Erzincan	Erzurum
WASP-Kurak (%)	15.9	18.8	11.6	18.8	18.8	14.5	15.9
PNPI-Kurak (%)	33.4	36.2	36.2	36.2	34.8	27.5	29.0
SPI-Kurak (%)	15.8	15.8	11.9	11.9	13.0	15.8	15.8
CZI-Kurak (%)	18.8	14.5	18.3	21	21.6	16.4	15.4
EDI-Kurak (%)	27.1	32.2	33.9	29.5	32.9	32.9	32.9
RAI-Kurak (%)	55.0	61.4	57.0	58.1	57.3	56.9	60.6
ZSI-Kurak (%)	16.2	12.8	15.1	17.5	20.4	15.1	12.8

Tablo 4.5 (devamı): Doğu Anadolu Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Hakkâri	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
WASP-Kurak (%)	13.2	15.9	10.1	14.5	17.4	10.1	14.5
PNPI-Kurak (%)	44.1	36.3	40.6	34.8	37.7	42.0	34.8
SPI-Kurak (%)	12.1	15.9	15.8	11.9	11.9	11.9	11.9
CZI-Kurak (%)	20.5	15.3	15.8	21.6	22.0	20.0	20.4
EDI-Kurak (%)	33.9	32.9	31.4	34.3	26.8	31.7	37.1
RAI-Kurak (%)	57.4	61.9	61.0	55.1	55.4	57.9	56.6
ZSI-Kurak (%)	17.7	12.1	14.2	19.8	20.7	16.9	17.9

Tablo 4.6: Doğu Anadolu Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Ağrı	Ardahan	Bingöl	Bitlis	Elâzığ	Erzincan	Erzurum
WASP-Normal (%)	69.6	60.9	72.5	68.1	63.8	71.0	69.6
PNPI- Normal (%)	36.2	33.3	34.8	31.9	34.8	46.4	37.7
SPI- Normal (%)	68.2	68.3	72.2	72.2	71.1	68.2	68.1
CZI- Normal (%)	63.9	66.9	62.6	59.2	59.7	66.3	67.0
EDI- Normal (%)	55.8	46.8	52.5	52.5	50.0	57.1	50.0
RAI- Normal (%)	-	-	-	-	-	-	-
ZSI- Normal (%)	66.5	69.2	66.5	63.1	61.0	68.0	70.2

Tablo 4.6 (devamı): Doğu Anadolu Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Hakkâri	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
WASP-Normal (%)	70.6	71.1	72.5	72.5	65.2	76.8	69.6
PNPI- Normal (%)	25.0	33.3	31.9	36.2	30.4	34.8	31.9
SPI- Normal (%)	71.8	68.2	68.3	72.2	71.8	72.1	72.2
CZI- Normal (%)	60.4	66.2	65.1	59.4	58.9	60.3	61.7
EDI- Normal (%)	47.5	52.9	48.6	51.4	60.7	61.6	47.1
RAI- Normal (%)	-	-	-	-	-	-	-
ZSI- Normal (%)	63.4	70.5	67.0	61.7	60.5	64.3	64.5

Tablo 4.7: Doğu Anadolu Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Ağrı	Ardahan	Bingöl	Bitlis	Elâzığ	Erzincan	Erzurum
WASP-Nemli (%)	14.5	20.3	15.9	13.1	17.4	14.5	14.5
PNPI- Nemli (%)	30.4	30.5	29.0	31.9	30.4	26.1	33.3
SPI- Nemli (%)	16.0	15.9	15.9	15.9	15.9	16.0	16.1
CZI- Nemli (%)	17.3	18.6	19.1	19.8	18.7	17.3	17.6
EDI- Nemli (%)	17.1	21.0	13.6	18.0	17.1	10.0	17.1
RAI- Nemli (%)	45.0	38.6	43.0	41.9	42.7	43.1	39.4
ZSI- Nemli (%)	17.3	18.0	18.4	19.4	18.6	16.9	17.0

Tablo 4.7 (devamı): Doğu Anadolu Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Hakkâri	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
WASP-Nemli (%)	16.2	13.0	17.4	13.0	17.4	13.1	15.9
PNPI- Nemli (%)	30.9	30.4	27.5	29.0	31.9	23.2	33.3
SPI- Nemli (%)	16.1	15.9	15.9	15.9	16.3	16.0	15.9
CZI- Nemli (%)	19.1	18.5	19.1	19.0	19.1	19.7	17.9
EDI- Nemli (%)	18.6	14.2	20.0	14.3	12.5	6.7	15.8
RAI- Nemli (%)	42.6	38.1	39.0	44.9	44.6	42.1	43.4
ZSI- Nemli (%)	18.9	17.4	18.8	18.5	18.8	18.8	17.6

Tablo 4.8'e bakıldığında en düşük yağışlar haziran-ağustos aylarında görülmüştür. Normalin çok üstünde yağışlar ise en çok mart-mayıs aylarında gözlenmiştir. 1997-2009 yıllarında aralık, ocak ve şubat aylarında da normalin altında yağış gözlenmiştir.

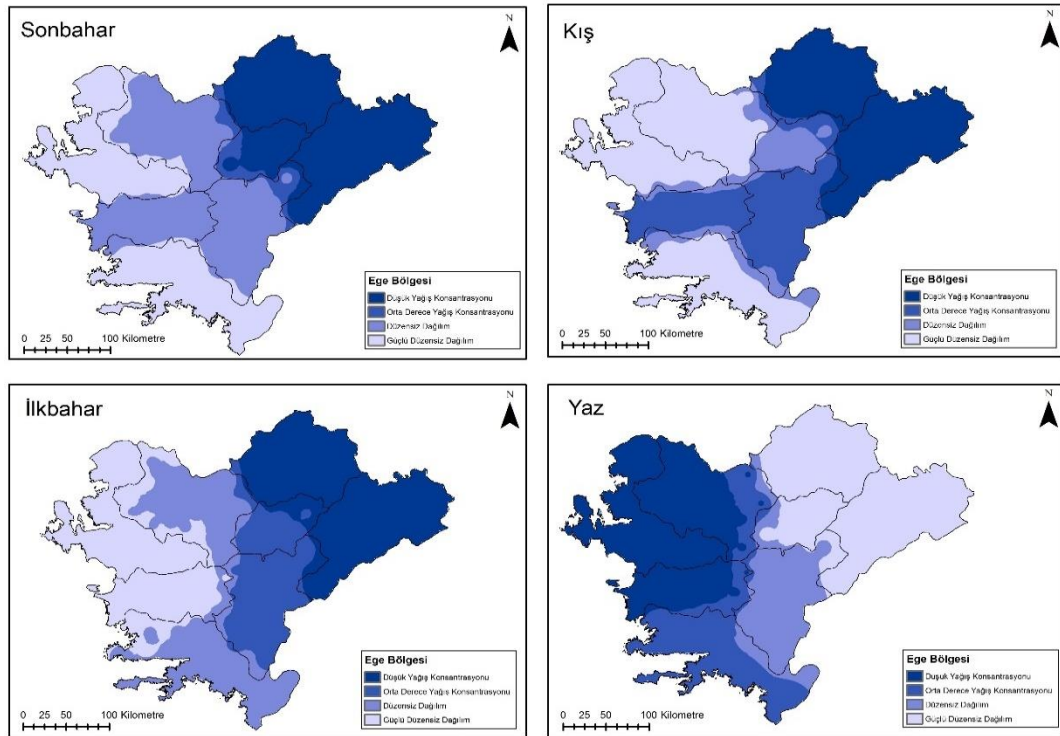
Tablo 4.8: Ağrı Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde)

AĞRI	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1950	7	5	8	4	8	7	2	1	1	10	9	5
1951	8	6	5	8	9	4	2	2	10	10	5	4
1952	6	10	5	9	6	10	1	2	1	4	2	5
1953	7	10	9	9	9	7	10	1	1	4	9	3
1954	10	6	7	7	6	4	4	3	5	3	4	5
1955	2	3	9	10	9	2	6	5	4	1	9	8
1956	4	8	10	9	4	2	3	1	3	3	5	1
1957	8	6	7	6	10	7	4	2	2	4	5	5
1958	7	2	9	7	9	9	4	1	2	1	3	8
1959	6	5	3	8	10	6	5	4	5	10	6	3
1960	7	7	7	10	6	8	5	1	2	4	5	2
1961	6	3	5	8	5	4	1	1	2	6	6	5
1962	3	8	4	9	8	3	2	2	1	3	5	8
1963	9	7	7	10	10	7	8	7	4	6	5	4
1964	5	8	10	4	6	10	2	1	1	2	7	2
1965	3	8	6	7	4	9	7	2	2	10	7	9
1966	6	3	4	8	10	2	4	1	7	3	1	8
1967	7	6	7	9	9	5	1	7	8	5	10	8
1968	7	7	9	6	9	6	1	2	5	4	8	7
1969	6	8	10	8	4	4	2	2	3	9	4	9
1970	4	9	4	4	5	1	3	3	1	8	4	5
1971	1	8	6	8	9	4	1	2	1	10	6	8
1972	5	4	6	8	10	8	4	2	1	10	7	1
1973	6	5	9	6	7	3	6	1	1	7	9	5
1974	3	2	5	10	7	2	2	6	5	1	7	4
1975	3	9	6	6	10	7	2	1	3	3	7	6
1976	9	9	3	10	9	8	5	1	3	9	3	7
1977	4	5	9	9	8	5	5	3	1	7	3	8
1978	8	7	7	10	8	10	1	1	2	5	1	9
1979	3	6	7	6	10	8	4	1	1	10	9	4
1980	6	5	8	7	6	4	2	1	1	3	8	4
1981	6	5	8	9	9	10	3	4	1	5	9	5
1982	6	5	10	9	7	4	3	2	1	4	5	3
1983	5	6	7	6	10	7	2	2	3	6	10	4
1984	4	6	10	10	10	3	2	1	1	7	6	5
1985	8	10	8	7	5	4	3	1	1	6	3	8
1986	7	8	6	9	10	9	4	2	2	8	10	6
1987	10	10	9	10	3	4	2	2	2	10	9	10
1988	8	9	8	9	10	8	3	7	5	9	6	9
1989	1	1	3	5	3	3	3	1	4	10	9	7
1990	5	7	2	10	8	8	2	2	1	8	8	7
1991	9	7	10	9	10	8	5	3	1	7	9	8
1992	8	10	4	3	10	10	1	5	5	2	10	8
1993	4	8	5	9	10	8	4	3	1	4	10	3
1994	6	9	6	9	10	7	1	1	1	8	9	8
1995	6	2	8	10	9	9	3	1	7	5	6	1
1996	5	5	6	10	7	6	3	1	4	10	1	7
1997	1	6	7	8	6	2	3	2	5	8	3	5
1998	4	3	7	9	10	4	3	3	2	1	6	9
1999	1	5	8	7	6	5	5	1	7	4	1	2
2000	9	6	5	8	9	2	2	1	2	8	1	6
2001	1	7	9	10	10	2	4	2	1	9	5	6
2002	5	2	7	10	9	8	5	2	3	7	6	6
2003	2	6	5	8	7	6	3	3	5	10	9	4
2004	3	3	4	7	10	3	2	1	2	2	8	2
2005	3	2	6	10	8	6	2	1	2	4	3	6
2006	5	3	4	10	6	1	6	1	2	10	5	3
2007	4	3	5	10	9	9	4	6	1	3	7	4
2008	4	3	1	3	9	5	2	2	5	5	3	6
2009	2	5	8	9	8	10	8	4	4	6	8	7
2010	8	6	6	10	10	3	3	4	3	9	1	2
2011	4	6	7	10	9	9	4	4	2	4	3	3
2012	4	9	7	7	7	4	7	1	7	5	2	10
2013	8	4	7	8	9	4	2	2	3	5	7	5
2014	7	2	6	4	8	4	3	2	9	10	5	4
2015	7	9	9	8	6	4	1	7	1	10	1	5
2016	10	5	6	6	9	7	9	1	5	4	7	10
2017	7	2	4	6	9	3	2	2	1	9	8	6
2018	6	3	10	5	10	9	2	2	2	8	8	10
2019	6	7	8	8	7	5	3	1	3	3	3	8

4.1.1.3 Ege Bölgesi

Ege Bölgesi için IDW analizinden 1950-2019 yılları için elde edilen mevsimsel ortalama PCI indeks sonuçları Şekil 4.3'te verilmiştir. PCI indeksine göre bölgenin istasyon bazındaki yağış durumları düşük yağış konsantrasyonu, orta derece yağış konsantrasyonu, düzensiz dağılım, güçlü düzensiz dağılım (yüksek yağış konsantrasyon) olarak dört sınıf altında değerlendirilmiştir.

Sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde düşük yağış konsantrasyonu bölgenin batı tarafına gözlenirken yaz aylarında bu durum doğu tarafında görülmüştür. Orta derece yağış konsantrasyonu sonbahar mevsiminde yok denecek kadar az görülmüştür.



Şekil 4.3: Mevsimsel PCI sonuçlarına göre Ege Bölgesi IDW analizi

Tablo 4.9, tablo 4.10 ve tablo 4.11'e bakıldığında PNPI indeksinde İzmir, Manisa ve Muğla istasyonlarında rölatif frekans analizinde kurak durumda diğer durumlara göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Tüm istasyonlarda rölatif frekans analizine göre nemli durumlarda, diğer durumlardan daha düşük değerler gözlenmiştir. WASP, SPI, CZI, EDI ve ZSI indekslerine göre istasyonlar normal sınıflandırmaya girmektedir.

Tablo 4.9: Ege Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Afyon	Aydın	Denizli	İzmir	Kütahya	Manisa	Muğla	Uşak
WASP-Kurak (%)	13.0	15.9	13.0	18.8	14.5	13.1	23.2	14.5
PNPI-Kurak (%)	31.9	34.8	33.3	36.2	31.9	37.7	31.9	31.9
SPI-Kurak (%)	15.9	11.8	13.1	10.6	15.9	11.9	11.9	14.6
CZI-Kurak (%)	18.5	13.0	16.6	7.5	17.6	13.2	8.1	17.8
EDI-Kurak (%)	30.0	22.9	34.9	30.0	38.6	31.4	28.6	21.4
RAI-Kurak (%)	57.3	59.6	58.8	63.3	57.2	61.9	63.8	57.6
ZSI-Kurak (%)	17.1	10.8	14.6	5.9	16.1	9.7	4.6	15.6

Tablo 4.10: Ege Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Afyon	Aydın	Denizli	İzmir	Kütahya	Manisa	Muğla	Uşak
WASP-Normal (%)	75.4	65.2	71.0	63.8	72.5	68.1	62.3	66.7
PNPI- Normal (%)	42.0	37.7	33.4	29.0	42.0	30.4	30.4	40.6
SPI- Normal (%)	68.2	72.3	71.0	73.5	68.2	72.1	72.1	69.4
CZI- Normal (%)	64.5	68.4	65.3	73.2	63.9	68.8	73.8	64.4
EDI- Normal (%)	58.6	60.0	49.2	52.9	40.0	50.0	52.8	65.7
RAI- Normal (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
ZSI- Normal (%)	66.2	71.0	67.5	75.4	66.1	73.3	78.3	67.0

Tablo 4.11: Ege Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Afyon	Aydın	Denizli	İzmir	Kütahya	Manisa	Muğla	Uşak
WASP-Nemli (%)	11.6	18.9	16.0	17.4	13.0	18.8	14.5	18.8
PNPI- Nemli (%)	26.1	27.5	33.3	34.8	26.1	31.9	37.7	27.5
SPI- Nemli (%)	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	16.0	16.0	16.0
CZI- Nemli (%)	17.0	18.6	18.1	19.3	18.5	18.0	18.1	17.8
EDI- Nemli (%)	11.4	17.1	15.9	17.1	21.4	18.6	18.6	12.9
RAI- Nemli (%)	42.7	40.4	41.2	36.7	42.8	38.1	36.2	42.4
ZSI- Nemli (%)	16.7	18.2	17.9	18.7	17.8	17.0	17.1	17.4

Tablo 4.12'e göre Afyonkarahisar istasyonunda temmuz-eylül aylarında normalin çok altında yağış meydana gelmiştir. Özellikle 1960 ve 2015 yıllarının kış ve ilkbahar aylarından normalin çok üstünde (9-10 ondalık sınıf) yağış gözlenmiştir.

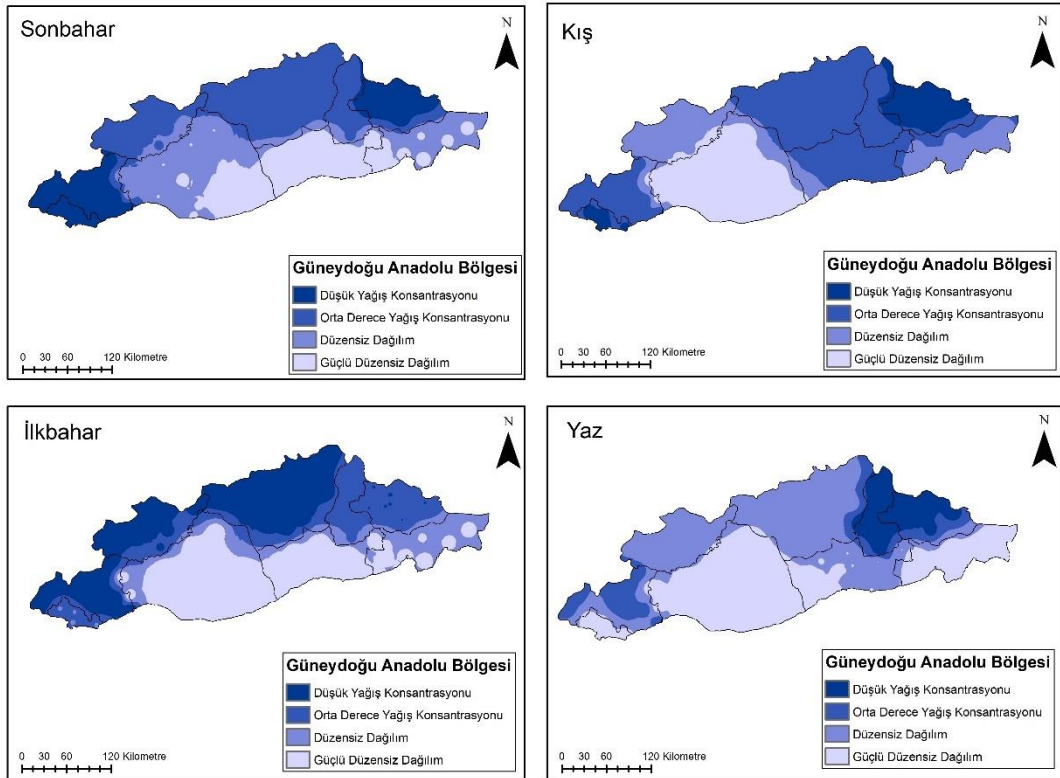
Tablo 4.12: Afyonkarahisar Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde)

AFYON	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1950	6	3	10	8	10	8	1	3	1	4	6	4
1951	6	7	10	9	3	8	10	1	1	10	4	7
1952	5	8	7	6	7	10	8	1	2	8	8	6
1953	10	9	5	5	9	8	1	1	6	2	4	3
1954	9	7	6	7	9	2	1	1	6	1	3	9
1955	6	6	5	9	9	1	5	4	5	5	10	6
1956	5	10	8	3	9	2	1	1	1	1	4	4
1957	6	3	5	9	10	10	6	2	6	4	8	6
1958	8	3	10	8	9	8	2	1	10	5	3	5
1959	10	3	2	4	8	7	4	2	2	6	5	6
1960	9	10	10	9	10	9	2	1	4	4	4	7
1961	5	9	5	7	5	8	6	1	8	8	2	8
1962	4	8	6	9	8	2	2	1	6	9	4	10
1963	9	8	8	7	10	10	7	1	3	9	3	3
1964	1	6	10	4	7	10	1	1	3	1	6	9
1965	4	7	7	7	6	3	2	1	1	2	5	7
1966	8	3	6	3	8	4	3	2	3	2	3	10
1967	4	4	5	9	7	2	1	2	3	6	4	7
1968	9	7	10	5	5	5	1	3	8	6	9	9
1969	10	8	7	9	8	4	3	1	2	3	6	10
1970	6	5	4	5	3	4	7	4	3	7	3	6
1971	4	6	9	8	9	5	3	2	7	9	4	8
1972	4	5	4	6	6	9	4	8	2	9	3	1
1973	2	4	7	5	8	2	2	3	1	8	2	7
1974	4	7	6	6	4	2	1	2	3	2	4	5
1975	6	7	8	4	10	10	4	3	1	3	8	7
1976	9	5	6	9	10	3	9	1	1	10	3	7
1977	5	4	3	9	6	6	2	1	6	6	3	6
1978	8	10	10	8	4	7	1	1	4	9	1	7
1979	8	3	4	7	10	9	1	1	2	7	9	6
1980	9	4	6	8	6	3	1	2	6	7	8	8
1981	10	4	5	5	5	7	3	3	1	7	6	8
1982	6	5	4	9	5	7	4	3	2	5	2	4
1983	5	6	6	7	4	10	7	2	3	3	10	8
1984	5	7	9	10	7	2	3	3	1	1	6	4
1985	9	8	5	5	7	7	1	4	1	8	3	9
1986	8	8	2	4	6	4	4	5	7	2	4	9
1987	8	7	7	10	5	7	2	4	1	4	8	9
1988	3	8	9	8	5	7	5	1	2	9	9	5
1989	2	2	3	3	9	1	3	2	1	10	10	7
1990	3	3	2	8	7	7	2	3	5	5	3	8
1991	8	7	3	10	10	2	5	5	2	6	4	10
1992	2	2	9	4	9	9	9	5	1	8	7	6
1993	7	5	6	8	10	4	1	1	1	1	9	5
1994	6	7	6	7	5	7	4	4	2	9	10	6
1995	6	3	10	6	4	4	7	2	1	6	8	4
1996	9	5	9	5	7	2	10	3	5	6	2	8
1997	4	7	4	9	5	9	2	9	1	9	6	6
1998	5	4	10	10	9	4	2	1	3	6	7	10
1999	7	10	9	9	1	6	4	8	5	2	5	4
2000	9	8	8	8	9	4	2	3	4	4	2	8
2001	2	8	8	7	8	1	4	4	1	1	9	10
2002	10	3	6	10	7	3	6	2	8	6	3	8
2003	4	10	5	8	9	3	1	2	2	9	1	10
2004	7	6	3	9	3	3	2	2	1	6	6	2
2005	5	6	8	8	6	7	3	1	5	7	9	3
2006	9	7	8	4	8	4	2	1	10	10	7	2
2007	10	5	7	5	2	6	1	2	1	4	10	9
2008	3	4	8	6	5	5	1	2	10	9	6	5
2009	10	9	8	9	7	1	3	3	6	5	7	10
2010	8	10	5	10	2	10	3	1	2	10	2	9
2011	7	6	7	8	10	10	1	1	2	10	1	6
2012	10	8	5	4	7	2	3	4	1	5	8	10
2013	6	5	5	9	8	3	7	1	1	8	3	2
2014	5	2	5	5	10	6	2	3	10	9	3	8
2015	10	10	10	10	9	10	5	10	7	5	2	1
2016	9	3	8	6	9	3	5	5	5	2	5	7
2017	7	1	5	8	1	6	2	9	2	7	5	4
2018	7	4	8	3	10	10	3	4	1	7	7	10
2019	9	6	3	4	7	10	5	2	1	2	3	9

4.1.1.4 Güneydoğu Anadolu Bölgesi

Güneydoğu Anadolu Bölgesi için IDW analizinden 1950-2019 yılları için elde edilen mevsimsel ortalama PCI indeks sonuçları Şekil 4.4'te verilmiştir. PCI indeksine göre bölgenin istasyon bazındaki yağış durumları düşük yağış konsantrasyonu, orta derece yağış konsantrasyonu, düzensiz dağılım, güçlü düzensiz dağılım (yüksek yağış konsantrasyon) olarak dört sınıf altında değerlendirilmiştir.

Şekil 4.4'e göre yaz mevsiminde düşük yağış konsantrasyonu sadece Siirt istasyonunda gözlenmiştir. Genel olarak tüm mevsimlerde Şanlıurfa ve Siirt istasyonunda yüksek yağış konsantrasyon gözlenmiştir. En çok yağışın gözleendiği mevsim İlkbahardır.



Şekil 4.4: Mevsimsel PCI sonuçlarına göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi IDW analizi

Rölatif frekans analizine göre bölgenin normal durum değerlerinde diğer bölgelerdeki değerlere göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca PNPI kurak durum rölatif frekans analizinde de diğer bölgelere göre maksimum değerler gözlenmiştir (Tablo 4.13).

PNPI kuraklık indeksine göre Gaziantep ve Şırnak istasyonları dışındaki istasyonlarda kurak durum değerleri maksimum değerlere sahiptir. WASP, SPI, CZI ve ZSI kuraklık indeksleri istasyonlarda benzer değerlere sahiptir (Tablo 4.13, Tablo 4.14 ve Tablo 4.15).

Tablo 4.13: Güneydoğu Anadolu Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Adıyaman	Batman	Diyarbakır	Gaziantep	Kilis	Mardin	Siirt	Şanlıurfa	Şırnak
WASP-Kurak (%)	8.7	16.7	17.4	18.9	11.6	13.0	13.0	10.1	15.8
PNPI-Kurak (%)	49.3	38.3	40.6	31.9	42.0	40.6	40.6	37.7	31.6
SPI-Kurak (%)	11.9	10.9	11.7	11.8	10.6	10.6	11.9	10.5	10.0
CZI-Kurak (%)	10.6	16.2	19.7	14.5	15.8	9.9	19.8	9.9	15.7
EDI-Kurak (%)	35.1	27.9	27.1	30.0	39.3	28.6	37.1	35.7	35.0
RAI-Kurak (%)	62.1	58.4	57.4	59.4	58.6	60.8	56.9	61.3	60.2
ZSI-Kurak (%)	7.0	15.0	16.8	11.8	11.7	9.3	16.8	7.7	14.5

Tablo 4.14: Güneydoğu Anadolu Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Adıyaman	Batman	Diyarbakır	Gaziantep	Kilis	Mardin	Siirt	Şanlıurfa	Şırnak
WASP-Normal (%)	79.7	73.3	69.6	65.2	71.0	71.1	73.9	75.4	78.9
PNPI- Normal (%)	18.8	31.7	21.7	40.6	23.2	29.0	31.9	39.1	52.6
SPI- Normal (%)	72.1	72.7	72.3	72.3	73.4	73.5	72.2	73.6	74.6
CZI- Normal (%)	71.0	64.6	62.0	67.6	66.8	71.7	60.3	71.7	65.4
EDI- Normal (%)	49.1	55.7	60.0	54.3	41.0	54.3	48.6	54.3	55.0
RAI- Normal (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZSI- Normal (%)	75.1	66.2	65.2	71.1	71.4	72.9	63.8	74.2	67.1

Tablo 4.15: Güneydoğu Anadolu Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Adıyaman	Batman	Diyarbakır	Gaziantep	Kilis	Mardin	Siirt	Şanlıurfa	Şırnak
WASP-Nemli (%)	11.6	10.0	13.0	15.9	17.4	15.9	13.1	14.5	5.3
PNPI- Nemli (%)	31.9	30.0	37.7	27.5	34.8	30.4	27.5	23.2	15.8
SPI- Nemli (%)	16.0	16.4	16.0	15.9	16.0	15.9	15.9	15.9	15.4
CZI- Nemli (%)	18.4	19.2	18.3	17.9	17.4	18.4	19.9	18.4	18.9
EDI- Nemli (%)	15.8	16.4	12.9	15.7	19.7	17.1	14.3	10.0	10.0
RAI- Nemli (%)	37.9	41.6	42.6	40.6	41.4	39.2	43.1	38.7	39.8
ZSI- Nemli (%)	17.9	18.8	18.0	17.1	16.9	17.8	19.4	18.1	18.4

Tablo 4.16'ya göre haziran-eylül aylarında normalin çok altında yağış gözlenmiştir. Diyarbakır istasyonu diğer istasyonlarla kıyaslandığında belli bir düzen içerisinde. Son zamanlarda ocak-mayıs aylarında normale yakın yağışlar meydana gelmiştir.

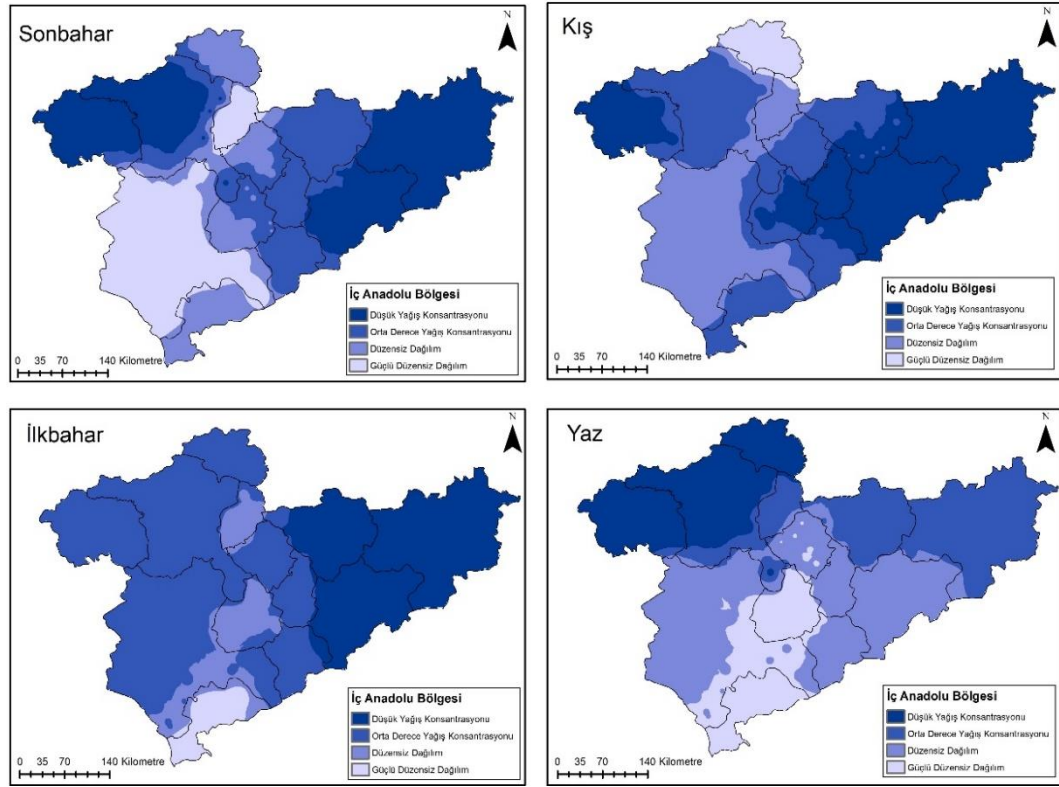
Tablo 4.16: Diyarbakır Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde)

DIYARBAKIR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1950	7	8	10	8	10	2	2	2	3	5	7	8
1951	7	6	7	10	6	5	3	2	5	8	5	8
1952	8	10	7	7	7	4	2	2	3	4	5	8
1953	8	10	10	10	4	3	4	2	2	6	10	8
1954	9	8	10	10	5	3	3	2	2	4	8	10
1955	7	7	6	7	6	2	2	2	3	4	8	10
1956	9	7	8	6	5	4	2	3	3	5	6	8
1957	9	8	9	8	10	5	2	3	2	4	9	7
1958	10	4	9	7	4	7	2	2	2	3	8	8
1959	9	6	6	5	9	4	2	2	3	7	5	5
1960	9	5	9	9	4	2	2	2	2	4	6	5
1961	8	5	6	5	9	4	2	3	2	4	8	10
1962	7	10	5	9	3	2	3	2	2	3	5	10
1963	9	8	8	10	10	4	3	2	4	9	6	7
1964	4	10	10	5	4	3	2	2	3	2	7	6
1965	8	10	6	8	3	3	2	2	3	9	8	6
1966	10	7	6	8	6	2	2	2	4	4	7	9
1967	7	10	8	10	7	3	3	2	4	10	8	9
1968	10	7	10	6	9	3	2	4	2	5	8	10
1969	10	9	10	9	4	4	3	2	2	7	6	6
1970	6	6	5	4	4	2	3	2	2	5	2	2
1971	4	8	8	10	4	4	2	2	2	5	5	9
1972	7	7	6	10	10	5	2	2	3	4	6	3
1973	9	6	5	6	3	3	2	2	2	4	6	6
1974	9	5	10	9	4	3	2	3	3	4	9	8
1975	5	10	5	9	5	2	2	2	3	4	8	9
1976	9	9	10	10	9	3	3	2	1	6	6	9
1977	5	7	9	8	7	4	1	1	3	5	5	10
1978	9	10	8	7	4	4	1	1	3	4	3	8
1979	9	7	8	6	6	4	1	2	1	8	9	10
1980	7	10	9	10	5	4	1	1	1	3	7	10
1981	9	8	10	6	7	5	1	1	2	5	7	7
1982	7	5	9	10	9	4	2	1	3	4	6	8
1983	9	8	7	5	7	5	3	2	3	4	9	6
1984	6	5	8	6	4	2	2	1	1	6	9	6
1985	8	10	7	10	5	2	1	1	1	6	7	9
1986	6	10	7	6	8	2	2	3	3	5	6	5
1987	9	5	10	4	1	4	1	1	1	10	7	10
1988	10	7	9	10	5	3	2	2	3	9	7	9
1989	3	5	9	3	3	3	1	4	3	7	9	5
1990	8	9	5	9	3	5	1	1	1	3	6	6
1991	8	8	10	6	7	4	1	1	1	5	8	10
1992	6	10	4	5	9	6	1	1	3	2	8	6
1993	8	9	7	7	10	4	1	3	1	4	10	4
1994	10	7	6	7	6	3	1	1	3	7	10	9
1995	9	7	7	10	5	5	1	1	1	4	7	1
1996	10	8	10	7	4	2	3	1	4	5	3	10
1997	5	7	6	6	4	4	1	1	5	9	8	9
1998	8	6	8	8	9	3	2	1	2	2	5	8
1999	5	7	7	8	5	3	3	1	4	3	3	6
2000	8	7	5	6	4	2	1	1	3	6	6	10
2001	4	8	10	7	9	1	1	1	1	8	7	10
2002	6	7	8	8	6	3	1	1	4	5	6	8
2003	8	10	9	9	4	5	1	2	3	6	8	9
2004	9	9	3	7	9	5	1	1	1	3	10	4
2005	8	7	7	6	5	6	1	1	3	4	6	9
2006	10	10	5	9	6	1	4	1	3	10	8	5
2007	6	9	7	9	7	5	1	2	1	4	5	6
2008	5	6	5	5	6	3	1	3	8	8	7	7
2009	4	8	8	6	4	5	3	1	5	8	7	9
2010	10	6	8	5	6	4	1	1	2	8	1	7
2011	6	7	7	10	9	4	3	1	4	4	8	6
2012	9	8	6	5	6	4	3	1	3	10	9	10
2013	9	9	5	6	9	3	1	1	1	1	7	7
2014	6	6	8	6	7	5	3	1	5	6	9	8
2015	8	7	10	7	7	4	1	1	1	9	4	6
2016	8	8	7	5	6	5	1	2	4	4	7	10
2017	5	4	9	9	5	3	1	1	1	5	5	4
2018	9	9	4	7	10	4	1	3	4	8	9	10
2019	8	8	10	10	7	3	1	1	2	7	4	10

4.1.1.5 İç Anadolu Bölgesi

İç Anadolu Bölgesi için IDW analizinden 1950-2019 yılları için elde edilen mevsimsel ortalama PCI indeks sonuçları Şekil 4.5'te verilmiştir. PCI indeksine göre bölgenin istasyon bazındaki yağış durumları düşük yağış konsantrasyonu, orta derece yağış konsantrasyonu, düzensiz dağılım, güçlü düzensiz dağılım (yüksek yağış konsantrasyon) olarak dört sınıf altında değerlendirilmiştir.

Tablo 4.5'e bakıldığında kış ve ilkbahar mevsimlerinde düşük yağış konsantrasyonu ve orta derece yağış konsantrasyonu gözlenmiştir. Genel olarak bölgenin güneyi kuzeyine göre daha az yağış almaktadır.



Şekil 4.5: Mevsimsel PCI sonuçlarına göre İç Anadolu Bölgesi IDW analizi

Tüm bölgeler içinde normal durum değeri maksimum olan bölgedir. Bu değer EDI kuraklık indeksinin Eskişehir istasyonunun (%91.3) bulunmaktadır. Ayrıca kurak durum değerlerinde en az değere sahip bölgedir. Bölge genel olarak normal kategoride yer almaktadır (Tablo 4.18).

Maksimum kurak ve nemli durum değerleri RAI indeksindeki sırasıyla Karaman ve Aksaray istasyonlarında bulunmaktadır (Tablo 4.17, tablo 4.19). WASP, SPI, CZI ve ZSI indekslerinde benzer sonuçlar gözlenmiştir. Bu sonuç indekslerin birbirinde türemesinden kaynaklanmaktadır. RAI rölatif frekans analizine göre tüm istasyonlarda kurak durum değerleri nemli durum değerlerinden yüksek çıkmıştır.

Tablo 4.17: İç Anadolu Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Aksaray	Ankara	Çankırı	Eskişehir	Karaman	Kayseri	Kırıkkale
WASP-Kurak (%)	17.4	10.1	14.5	13.0	10.3	13.0	15.2
PNPI-Kurak (%)	31.9	34.8	37.7	31.9	41.1	30.4	34.8
SPI-Kurak (%)	11.8	15.8	15.8	15.5	12.1	14.3	14.1
CZI-Kurak (%)	19.1	17.6	16.4	18.8	20.3	19.1	17.5
EDI-Kurak (%)	25.0	25.8	30.0	2.9	31.1	27.1	22.8
RAI-Kurak (%)	55.2	56.1	57.2	56.8	58.6	56.6	57.6
ZSI-Kurak (%)	18.1	16.3	14.3	17.6	19.0	17.8	15.4

Tablo 4.17 (devamı): İç Anadolu Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Kırşehir	Konya	Nevşehir	Niğde	Sivas	Yozgat
WASP-Kurak (%)	18.8	18.8	15.6	13.0	17.4	14.5
PNPI-Kurak (%)	24.6	33.3	29.7	33.4	24.6	30.4
SPI-Kurak (%)	13.0	13.1	14.3	13.2	14.5	14.5
CZI-Kurak (%)	18.7	17.9	21.0	20.1	19.2	19.0
EDI-Kurak (%)	41.4	25.7	31.1	22.9	32.8	27.1
RAI-Kurak (%)	56.4	58.1	55.5	55.5	55.2	56.3
ZSI-Kurak (%)	17.2	16.4	19.8	18.0	17.5	18.4

Tablo 4.18: İç Anadolu Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Aksaray	Ankara	Çankırı	Eskişehir	Karaman	Kayseri	Kırıkkale
WASP-Normal (%)	65.2	78.3	68.1	71.0	72.1	75.4	65.2
PNPI- Normal (%)	34.8	36.2	34.8	42.0	32.4	39.2	30.4
SPI- Normal (%)	72.3	68.4	68.4	68.6	71.8	69.7	70.4
CZI- Normal (%)	63.2	65.0	66.3	63.0	62.5	62.8	63.3
EDI- Normal (%)	58.9	57.1	52.9	91.3	54.1	57.1	56.1
RAI- Normal (%)	-	-	-	-	-	-	-
ZSI- Normal (%)	64.3	66.5	68.8	64.3	64.1	64.4	65.9

Tablo 4.18 (devamı): İç Anadolu Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Kırşehir	Konya	Nevşehir	Niğde	Sivas	Yozgat
WASP-Normal (%)	66.7	68.1	71.9	71.1	65.2	66.7
PNPI- Normal (%)	46.4	34.8	43.7	39.1	46.4	40.6
SPI- Normal (%)	71.0	70.8	70.0	70.9	69.6	69.6
CZI- Normal (%)	63.4	64.9	60.3	61.5	63.5	63.5
EDI- Normal (%)	37.2	60.0	50.8	60.0	48.6	55.8
RAI- Normal (%)	-	-	-	-	-	-
ZSI- Normal (%)	65.3	66.8	61.7	64.2	65.6	64.6

Tablo 4.19: İç Anadolu Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Aksaray	Ankara	Çankırı	Eskişehir	Karaman	Kayseri	Kırıkkale
WASP-Nemli (%)	17.4	11.6	17.4	16.0	17.6	11.6	19.6
PNPI- Nemli (%)	33.3	29.0	27.5	26.1	26.5	30.4	34.8
SPI- Nemli (%)	15.9	15.8	15.8	15.9	16.1	16.0	15.5
CZI- Nemli (%)	17.7	17.4	17.3	18.2	17.2	18.1	19.2
EDI- Nemli (%)	16.1	17.1	17.1	5.8	14.8	15.8	21.1
RAI- Nemli (%)	44.8	43.9	42.8	43.2	41.4	43.4	42.4
ZSI- Nemli (%)	17.6	17.2	16.9	18.1	16.9	17.8	18.7

Tablo 4.19 (devamı): İç Anadolu Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Kırşehir	Konya	Nevşehir	Niğde	Sivas	Yozgat
WASP-Nemli (%)	14.5	13.1	12.5	15.9	17.4	18.8
PNPI- Nemli (%)	29.0	31.9	26.6	27.5	29.0	29.0
SPI- Nemli (%)	16.0	16.1	15.7	15.9	15.9	15.9
CZI- Nemli (%)	17.9	17.2	18.7	18.4	17.3	17.5
EDI- Nemli (%)	21.4	14.3	18.1	17.1	18.6	17.1
RAI- Nemli (%)	43.6	41.9	44.5	44.5	44.8	43.7
ZSI- Nemli (%)	17.5	16.8	18.5	17.8	16.9	17.0

Tablo 4.20'ye göre Ankara istasyonunun yağış miktarları değişkenlik göstermektedir. Normalin çok altında yağışlar temmuz-eylül ayları arasında görülmektedir. Fakat istasyonda bazı dönemlerde kış ve ilkbahar mevsimlerinde de normalin çok altında yağış gözlenmiştir.

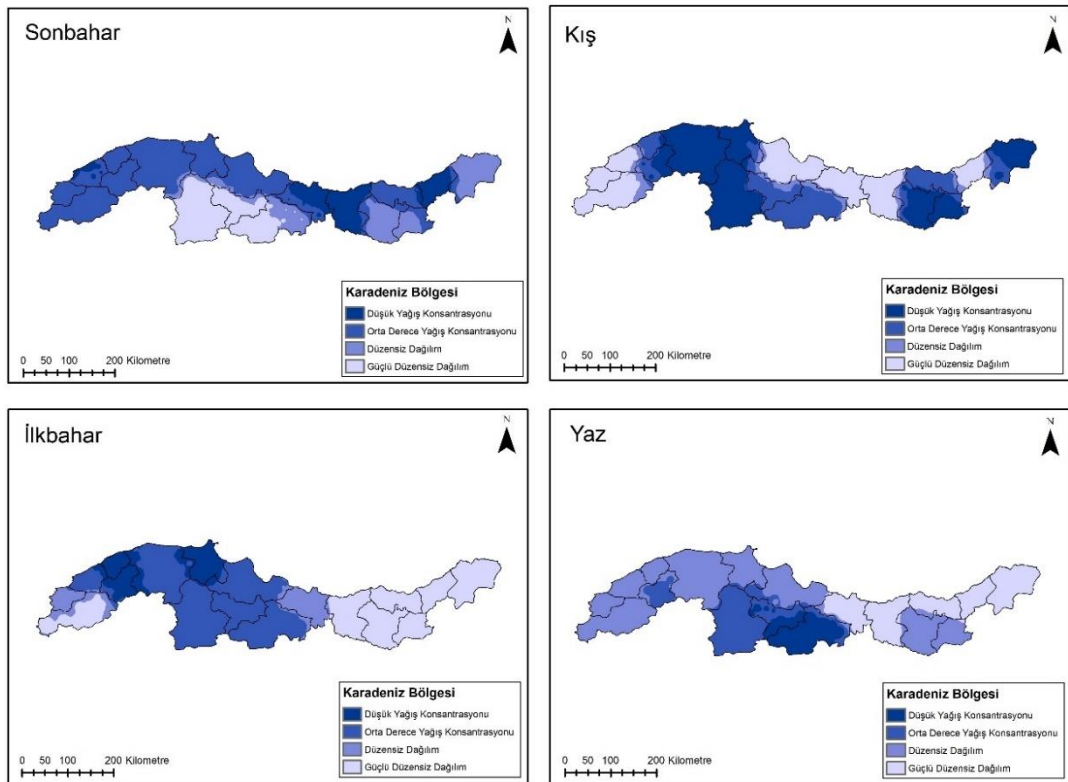
Tablo 4.20: Ankara Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde)

ANKARA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1950	8	4	6	3	9	3	2	2	1	3	5	4
1951	4	6	10	9	8	7	6	2	1	7	6	3
1952	6	7	7	4	10	6	4	1	1	3	7	4
1953	8	8	5	7	10	6	1	2	2	2	1	5
1954	9	8	5	8	4	9	4	4	1	2	7	7
1955	6	4	7	9	8	1	3	4	7	8	6	7
1956	6	10	5	3	6	3	1	1	2	2	2	5
1957	3	5	5	7	10	7	2	1	10	6	3	8
1958	9	5	10	7	5	9	1	1	4	5	2	8
1959	10	4	2	4	8	5	8	1	2	4	6	6
1960	6	8	8	8	5	7	4	2	2	6	4	5
1961	6	9	5	3	6	10	2	1	5	5	2	9
1962	6	10	9	4	5	2	1	3	9	6	3	10
1963	10	10	6	10	10	5	4	1	9	5	3	9
1964	2	9	8	3	7	9	2	1	3	1	7	10
1965	4	10	7	8	9	3	2	1	1	3	7	6
1966	9	1	9	8	9	4	5	5	3	2	4	8
1967	7	5	8	10	8	3	2	2	2	3	6	7
1968	10	4	8	8	7	9	3	3	7	6	9	10
1969	10	9	8	10	9	6	2	1	1	2	6	10
1970	8	9	6	3	8	4	6	1	3	6	5	7
1971	7	4	7	7	10	5	2	2	4	3	8	8
1972	3	4	3	7	8	10	7	6	7	9	4	3
1973	3	4	7	9	4	9	4	2	4	1	3	8
1974	2	5	5	5	10	8	3	4	4	3	3	9
1975	9	6	4	10	10	10	2	5	1	4	9	7
1976	10	4	5	8	9	5	1	1	4	10	4	9
1977	5	3	5	8	5	3	2	3	4	2	4	5
1978	8	8	6	10	3	2	1	2	9	8	1	9
1979	10	5	4	2	9	4	2	1	1	7	7	6
1980	10	6	6	9	9	4	3	2	1	1	9	7
1981	9	7	10	5	8	5	5	2	5	3	9	10
1982	6	2	5	10	5	8	4	10	1	5	1	5
1983	7	7	3	7	10	7	7	5	2	4	10	5
1984	7	5	7	10	5	5	7	3	1	1	5	2
1985	9	10	4	8	8	2	2	1	1	9	8	6
1986	10	8	3	3	7	9	2	1	3	2	5	10
1987	10	4	8	7	8	7	4	1	1	4	5	10
1988	3	7	9	9	8	10	1	1	3	10	6	4
1989	2	3	4	2	10	4	3	3	1	9	10	6
1990	4	3	5	10	8	3	4	5	8	7	3	8
1991	5	8	3	9	10	6	1	8	2	2	3	9
1992	2	2	8	7	1	9	6	4	1	6	8	7
1993	5	6	5	5	10	3	1	3	1	1	6	6
1994	6	6	4	6	7	2	2	1	2	6	9	4
1995	6	3	10	9	6	9	10	1	3	5	9	4
1996	6	7	10	6	10	1	2	5	9	8	2	9
1997	7	4	3	10	10	10	1	6	1	9	6	9
1998	3	8	8	10	9	8	4	1	2	6	7	8
1999	5	10	8	3	2	6	8	6	4	7	6	7
2000	8	7	7	10	4	6	1	5	2	4	2	6
2001	2	7	6	5	10	1	1	4	3	1	9	10
2002	6	3	5	10	7	6	6	2	8	5	4	3
2003	7	8	2	10	4	1	1	1	3	6	2	9
2004	8	4	3	7	6	5	2	3	1	3	6	2
2005	4	5	9	10	10	7	3	1	7	5	8	3
2006	6	9	7	6	6	6	1	1	10	7	4	1
2007	7	3	7	5	4	6	2	3	1	3	9	8
2008	4	2	9	6	8	3	1	1	9	4	7	5
2009	9	10	9	10	5	5	3	1	3	3	7	9
2010	9	9	8	7	6	9	5	1	1	10	6	9
2011	7	5	9	8	10	8	3	4	1	9	3	7
2012	10	8	7	5	9	1	2	2	1	4	6	10
2013	8	6	9	8	4	4	4	1	1	5	4	2
2014	6	3	9	7	10	9	2	8	9	7	5	8
2015	8	7	10	5	9	10	2	5	2	7	4	2
2016	10	7	10	4	8	4	1	9	5	2	5	8
2017	6	2	8	5	8	9	3	4	2	6	7	8
2018	8	6	10	2	10	8	3	3	2	9	5	10
2019	8	7	7	8	6	7	6	5	1	2	4	9

4.1.1.6 Karadeniz Bölgesi

Karadeniz Bölgesi için IDW analizinden 1950-2019 yılları için elde edilen mevsimsel ortalama PCI indeks sonuçları Şekil 4.6’te verilmiştir. PCI indeksine göre bölgenin istasyon bazındaki yağış durumları düşük yağış konsantrasyonu, orta derece yağış konsantrasyonu, düzensiz dağılım, güçlü düzensiz dağılım (yüksek yağış konsantrasyon) olarak dört sınıf altında değerlendirilmiştir.

Şekil 4.6’ya göre bölgede yaz mevsiminde yüksek yağış konsantrasyon gözlenmektedir. Sonbahar mevsiminde kıyı boyunca orta derece yağış konsantrasyonu gözlenmektedir. Kış mevsiminde bazı istasyonlarda düşük yağış konsantrasyonu gözlenirken bazı istasyonlarda yüksek yağış konsantrasyonu gözlenmiştir.



Şekil 4.6: Mevsimsel PCI sonuçlarına göre Karadeniz Bölgesi IDW analizi

Tablo 4.21’deki PNPI rölatif frekans analizine bakıldığında Karadeniz Bölgesinin batısı doğusuna göre daha kurak olduğu söylenebilir. Tablo 4.22’deki Rize istasyonuna bakıldığında tüm indekslerde normal durum rölatif frekans analizi sonuçları en yüksek değere sahiptir.

Maksimum kurak durum değeri Kastamonu istasyonundaki (%60.5) RAI kuraklık indeksinde bulunmaktadır. Minimum kurak durum değeri ise Karabük istasyonundaki (%9.3) WASP indeksinde bulunmaktadır (Tablo 4.21). Maksimum normal durum değeri Karabük istasyonunun (%79.1) WASP kuraklık indeksinde tespit edilmiştir. Minimum ise Kastamonu istasyonundaki (%34.8) PNPI kuraklık indeksinde gözlenmiştir (Tablo 4.22). Nemli durum değerinin maksimum olduğu değer Tokat istasyonunun (%44.8) RAI indeksinde bulunmaktadır. Minimum değeri ise Trabzon istasyonunun (%11.4) EDI indeksinde görülmektedir (Tablo 4.23).

Tablo 4.21: Karadeniz Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Amasya	Artvin	Bartın	Bayburt	Bolu	Çorum	Düzce	Giresun	Gümüşhane
WASP-Kurak (%)	15.9	13.0	13.2	15.9	14.5	21.7	20.3	14.5	11.6
PNPI-Kurak (%)	30.4	27.5	29.4	29.0	29.0	31.9	30.4	23.2	26.1
SPI-Kurak (%)	14.6	15.9	16.1	15.6	15.6	15.9	15.9	15.8	15.8
CZI-Kurak (%)	17.1	15.1	16.8	16.3	17.4	18.0	17.4	16.2	17.3
EDI-Kurak (%)	30.5	32.9	34.5	36.0	30.0	35.7	35.1	22.8	38.2
RAI-Kurak (%)	57.0	60.3	59.8	56.7	56.1	55.2	57.4	58.7	56.7
ZSI-Kurak (%)	15.6	12.6	14.1	14.7	15.9	16.4	16.2	14.4	15.8

Tablo 4.21 (devamı): Karadeniz Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Karabük	Kastamonu	Ordu	Rize	Samsun	Sinop	Tokat	Trabzon	Zonguldak
WASP-Kurak (%)	9.3	15.9	11.6	14.5	14.5	21.7	18.8	17.4	17.4
PNPI-Kurak (%)	30.2	36.2	24.6	23.2	30.4	31.9	29.0	26.1	27.5
SPI-Kurak (%)	16.2	15.5	15.9	15.9	15.9	15.8	14.4	15.9	15.9
CZI-Kurak (%)	16.3	15.1	16.4	16.8	16.7	16.2	18.5	16.8	16.9
EDI-Kurak (%)	35.6	37.1	35.6	31.4	32.8	34.3	28.3	32.9	38.6
RAI-Kurak (%)	58.4	60.5	56.9	57.3	56.6	59.3	55.2	58.7	56.7
ZSI-Kurak (%)	15.1	12.4	15.3	16.8	15.1	14.4	17.0	15.3	15.9

Tablo 4.22: Karadeniz Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Amasya	Artvin	Bartın	Bayburt	Bolu	Çorum	Düzce	Giresun	Gümüşhane
WASP-Normal (%)	69.6	72.5	72.1	69.6	72.5	65.2	63.8	72.5	76.8
PNPI- Normal (%)	37.7	47.9	44.1	39.1	37.7	36.2	39.2	56.5	53.6
SPI- Normal (%)	69.3	68.2	67.7	68.5	68.5	68.2	68.2	68.3	68.3
CZI- Normal (%)	64.9	69.3	65.7	65.3	65.9	63.6	65.0	66.2	63.5
EDI- Normal (%)	50.9	55.7	49.1	49.2	54.3	52.9	50.9	58.6	38.2
RAI- Normal (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZSI- Normal (%)	66.8	72.8	68.9	67.3	67.9	65.7	66.4	68.6	65.2

Tablo 4.22 (devamı): Karadeniz Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Karabük	Kastamonu	Ordu	Rize	Samsun	Sinop	Tokat	Trabzon	Zonguldak
WASP-Normal (%)	79.1	68.2	75.4	73.9	72.5	63.8	62.4	66.7	71.0
PNPI- Normal (%)	46.5	34.8	50.8	60.9	40.6	39.1	43.5	47.8	52.2
SPI- Normal (%)	67.6	68.6	68.2	68.1	68.1	68.2	69.7	68.2	68.2
CZI- Normal (%)	65.5	69.4	67.5	66.1	66.3	65.9	64.1	65.6	64.5
EDI- Normal (%)	48.8	45.8	49.2	51.4	48.6	51.4	56.7	55.7	45.7
RAI- Normal (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZSI- Normal (%)	67.1	72.6	69.0	65.2	68.1	68.0	66.0	67.5	65.9

Tablo 4.23: Karadeniz Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Amasya	Artvin	Bartın	Bayburt	Bolu	Çorum	Düzce	Giresun	Gümüşhane
WASP-Nemli (%)	14.5	14.5	14.7	14.5	13.0	13.1	15.9	13.0	11.6
PNPI- Nemli (%)	31.9	24.6	26.5	31.9	33.3	31.9	30.4	20.3	20.3
SPI- Nemli (%)	16.1	15.9	16.2	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
CZI- Nemli (%)	18.0	15.6	17.5	18.4	16.7	18.4	17.6	17.6	19.2
EDI- Nemli (%)	18.6	11.4	16.4	14.8	15.7	11.4	14.0	18.6	23.6
RAI- Nemli (%)	43.0	39.7	40.2	43.3	43.9	44.8	42.6	41.3	43.3
ZSI- Nemli (%)	17.6	14.6	17.0	18.0	16.2	17.9	17.4	17.0	19.0

Tablo 4.23 (devamı): Karadeniz Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Karabük	Kastamonu	Ordu	Rize	Samsun	Sinop	Tokat	Trabzon	Zonguldak
WASP-Nemli (%)	11.6	15.9	13.0	11.6	13.0	14.5	18.8	15.9	11.6
PNPI- Nemli (%)	23.3	29.0	24.6	15.9	29.0	29.0	27.5	26.1	20.3
SPI- Nemli (%)	16.2	15.9	15.9	16.0	16.0	16.0	15.9	15.9	15.9
CZI- Nemli (%)	18.2	15.5	16.1	17.1	17.0	17.9	17.4	17.6	18.6
EDI- Nemli (%)	15.6	17.1	15.2	17.2	18.6	14.3	15.0	11.4	15.7
RAI- Nemli (%)	41.6	39.5	43.1	42.7	43.4	40.7	44.8	41.3	43.3
ZSI- Nemli (%)	17.8	15.0	15.7	18.0	16.8	17.6	17.0	17.2	18.2

Tablo 4.24'e göre Rize istasyonunda nisan-temmuz ayları arasında normalden az yağış gözlenmiştir. Özellikle nisan aylarına beklenenden az yağış gözlenmiştir. Eylül-aralık ayları arasında genel olarak normalin çok üstünde yağışlar meydana gelmiştir. İstasyon aylar bazında yağış değişkenliği göstermektedir. İstasyon diğer bölgelerdeki istasyonlara göre oldukça farklıdır.

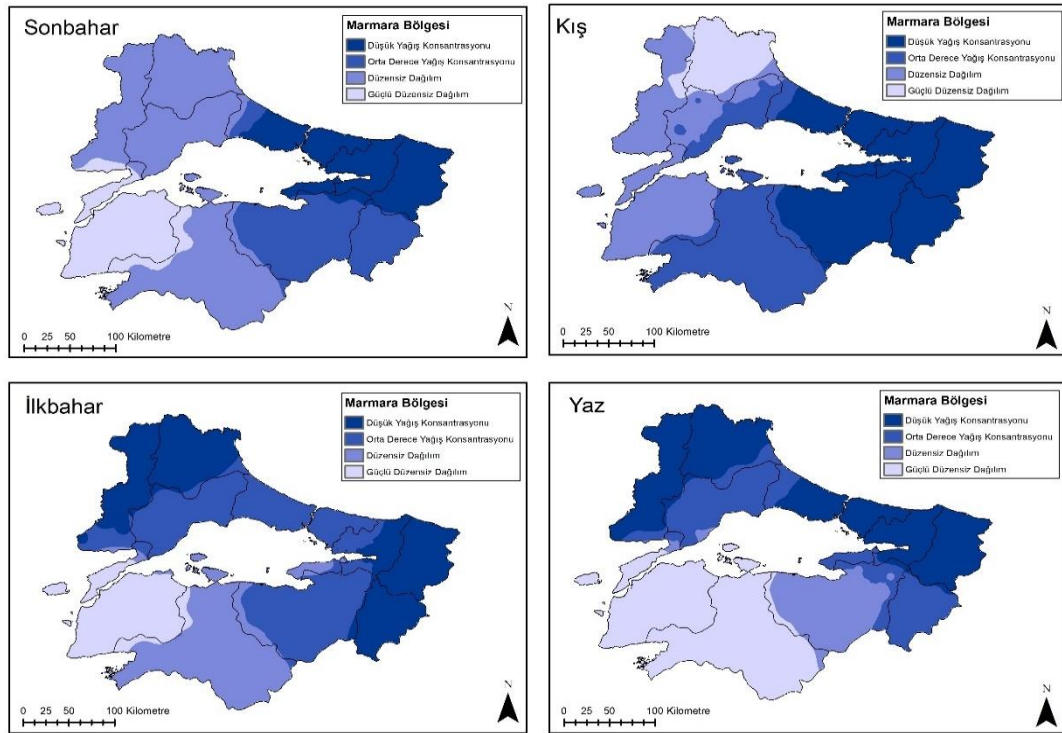
Tablo 4.24: Rize Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde)

RİZE	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1950	10	4	5	1	1	3	2	5	5	10	6	8
1951	8	6	5	1	5	5	4	10	10	10	3	8
1952	4	5	8	1	3	7	1	3	7	9	6	2
1953	6	8	9	1	1	2	1	3	6	8	10	5
1954	9	5	2	2	2	2	4	4	7	5	4	4
1955	6	4	5	3	1	1	6	3	9	2	10	10
1956	7	8	8	1	5	6	5	2	10	8	10	8
1957	8	3	4	1	2	3	3	9	7	9	10	7
1958	9	5	7	4	1	4	8	4	10	10	7	8
1959	6	10	6	1	8	4	3	9	10	9	8	4
1960	7	9	7	3	1	4	9	10	8	5	6	5
1961	9	5	7	2	5	2	2	3	9	3	9	8
1962	6	8	4	3	2	5	3	5	5	6	2	8
1963	9	2	8	2	3	7	5	10	5	7	9	10
1964	9	4	5	6	3	2	7	7	5	8	10	4
1965	5	8	6	6	1	4	6	2	2	10	7	6
1966	3	3	7	2	3	1	3	7	9	2	1	8
1967	9	8	4	4	2	3	4	8	5	5	9	9
1968	10	3	4	2	3	6	1	7	9	10	9	6
1969	7	4	4	4	1	3	3	1	8	9	5	8
1970	7	6	5	1	3	1	8	9	9	10	6	6
1971	1	7	6	2	1	6	4	4	10	10	8	10
1972	9	4	4	1	5	1	3	8	6	6	10	6
1973	6	4	6	2	2	8	4	2	3	8	10	9
1974	7	1	1	7	2	2	5	5	10	1	8	8
1975	5	10	2	2	2	4	6	5	10	8	9	9
1976	9	7	2	1	4	4	2	7	7	9	3	4
1977	7	1	5	3	2	3	3	7	9	9	3	8
1978	7	4	2	7	1	8	4	4	4	6	9	9
1979	7	7	2	3	6	2	6	4	7	10	7	5
1980	10	2	5	2	1	2	1	9	9	5	9	7
1981	4	6	7	1	6	1	2	9	4	6	10	4
1982	8	8	4	3	1	2	5	3	6	9	8	6
1983	7	4	7	1	2	6	5	2	8	9	9	6
1984	4	1	4	3	2	1	5	7	1	10	7	5
1985	4	10	5	1	4	5	8	3	7	10	4	9
1986	7	8	3	1	3	4	5	1	8	9	8	7
1987	8	6	5	4	1	2	3	10	6	8	5	9
1988	8	6	7	1	4	5	3	9	6	10	10	6
1989	6	3	3	1	4	3	2	3	8	10	8	9
1990	8	3	2	5	4	6	1	4	10	9	7	7
1991	7	6	8	1	6	8	2	6	6	10	3	10
1992	9	9	2	3	2	5	6	1	9	7	10	8
1993	8	3	2	3	1	5	5	8	7	5	8	6
1994	6	8	4	1	1	2	4	3	2	9	10	10
1995	6	1	5	3	1	7	2	7	8	8	9	7
1996	4	3	3	2	1	5	3	5	10	10	1	9
1997	9	7	7	2	1	8	10	3	9	10	2	9
1998	7	7	6	1	5	2	3	3	6	8	7	10
1999	4	5	4	2	6	2	5	7	9	10	9	1
2000	10	7	5	1	2	5	1	9	9	8	1	7
2001	2	6	6	4	4	4	2	8	9	9	10	10
2002	6	3	2	2	1	5	7	4	8	10	4	10
2003	3	6	4	2	1	1	7	2	10	10	7	9
2004	4	8	6	4	5	6	3	8	5	9	10	9
2005	4	4	8	4	1	7	1	7	9	10	10	6
2006	9	7	3	3	2	3	6	1	9	9	10	8
2007	6	5	5	3	1	2	7	10	7	8	10	8
2008	9	5	2	1	6	3	7	3	10	7	6	9
2009	5	8	6	2	4	2	9	2	10	5	9	5
2010	9	5	7	3	3	8	6	10	6	10	1	3
2011	9	9	5	5	2	8	5	5	10	10	8	4
2012	7	6	7	1	1	7	3	8	3	6	7	9
2013	7	3	7	1	1	2	5	1	10	8	5	8
2014	3	3	4	1	2	4	3	9	10	4	10	7
2015	8	5	5	5	2	8	6	9	1	10	8	9
2016	10	1	6	2	4	7	10	7	10	10	8	9
2017	8	7	2	2	5	2	3	8	7	10	6	6
2018	9	3	6	1	5	1	4	4	6	6	7	10
2019	4	3	3	4	1	4	3	10	10	6	5	6

4.1.1.7 Marmara Bölgesi

Marmara Bölgesi için IDW analizinden 1950-2019 yılları için elde edilen mevsimsel ortalama PCI indeks sonuçları Şekil 4.7’te verilmiştir. PCI indeksine göre bölgenin istasyon bazındaki yağış durumları düşük yağış konsantrasyonu, orta derece yağış konsantrasyonu, düzensiz dağılım, güçlü düzensiz dağılım (yüksek yağış konsantrasyonu) olarak dört sınıf altında değerlendirilmiştir.

Şekil 4.7’e göre kış mevsiminde düşük yağış konsantrasyonu ve orta derece yağış konsantrasyonu görülmüştür. Genel olarak Çanakkale istasyonunda yüksek yağış konsantrasyonu gözlenmiştir. Marmara bölgesinin kuzey kısmının düşük yağış konsantrasyonu gözlenmiştir.



Şekil 4.7: Mevsimsel PCI sonuçlarına göre Marmara Bölgesi IDW analizi

WASP, SPI CZI, EDI ve ZSI indekslerine göre bölgede normal durum gözlenmiştir. Genel olarak PNPI ve RAI indekslerine göre ise bölgenin kurak durum rölatif frekans analizi sonuçları yüksek değerlere sahiptir. Maksimum kurak durum değeri Tekirdağ istasyonundaki (%60.9) RAI indeksinde bulunmaktadır. Minimum kurak durum değeri ise Çanakkale istasyonundaki (%10.6) ZSI indeksinde bulunmaktadır (Tablo 4.25). Maksimum normal durum değeri İstanbul istasyonunun

(%72.5) WASP indeksinde tespit edilmiştir. Minimum ise Balıkesir istasyondaki (%31.9) PNPI indeksinde tespit edilmiştir (Tablo 4.26). Nemli durum değerinin maksimum olduğu değer Sakarya istasyonunun (%44.5) RAI indeksinde bulunmaktadır. Minimum değer ise Tekirdağ istasyonunun (%14.2) EDI indeksinde görülmektedir (Tablo 4.27).

Tablo 4.25: Marmara Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Balıkesir	Bilecik	Bursa	Çanakkale	Edirne	İstanbul
WASP-Kurak (%)	11.6	21.7	18.8	21.7	14.5	11.6
PNPI-Kurak (%)	33.3	31.9	31.9	31.9	36.2	26.1
SPI-Kurak (%)	13.0	15.8	15.9	13.2	15.9	15.6
CZI-Kurak (%)	16.3	19.4	17.6	13.6	16.6	16.4
EDI-Kurak (%)	31.4	34.3	32.8	28.6	32.4	28.6
RAI-Kurak (%)	59.1	55.8	56.3	60.2	58.1	59.7
ZSI-Kurak (%)	14.6	18.2	16.7	10.6	15.2	14.1

Tablo 4.25 (devamı): Marmara Bölgesi Kurak Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Kırklareli	Kocaeli	Sakarya	Tekirdağ	Yalova
WASP-Kurak (%)	14.5	14.5	12.7	11.6	14.8
PNPI-Kurak (%)	34.8	30.4	28.6	29.0	26.2
SPI-Kurak (%)	15.8	15.9	15.7	14.4	16.3
CZI-Kurak (%)	16.9	18.0	18.8	15.8	16.9
EDI-Kurak (%)	34.4	39.0	32.8	32.9	33.9
RAI-Kurak (%)	57.6	56.7	55.5	60.9	59.3
ZSI-Kurak (%)	15.1	17.0	17.3	13.8	14.6

Tablo 4.26: Marmara Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Balıkesir	Bilecik	Bursa	Çanakkale	Edirne	İstanbul
WASP-Normal (%)	71.0	62.3	63.8	58.0	65.2	72.5
PNPI- Normal (%)	31.9	34.8	40.6	37.7	36.2	47.8
SPI- Normal (%)	71.1	68.3	68.2	70.9	68.2	68.5
CZI- Normal (%)	65.2	62.4	64.6	68.8	64.9	66.1
EDI- Normal (%)	54.3	50.0	48.6	54.3	50.0	55.7
RAI- Normal (%)	-	-	-	-	-	-
ZSI- Normal (%)	67.3	64.4	65.8	72.1	66.7	68.9

Tablo 4.26 (devamı): Marmara Bölgesi Normal Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Kırklareli	Kocaeli	Sakarya	Tekirdağ	Yalova
WASP-Normal (%)	69.6	68.1	71.4	72.5	70.4
PNPI- Normal (%)	36.2	36.2	44.4	44.9	47.6
SPI- Normal (%)	68.3	68.1	68.5	69.7	67.1
CZI- Normal (%)	66.1	64.9	63.2	65.5	65.2
EDI- Normal (%)	45.9	44.1	50.0	52.9	51.6
RAI- Normal (%)	-	-	-	-	-
ZSI- Normal (%)	68.2	66.1	65.4	67.8	68.0

Tablo 4.27: Marmara Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Balıkesir	Bilecik	Bursa	Çanakkale	Edirne	İstanbul
WASP-Nemli (%)	17.4	16.0	17.4	20.3	20.3	15.9
PNPI- Nemli (%)	34.8	33.3	27.5	30.4	27.6	26.1
SPI- Nemli (%)	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
CZI- Nemli (%)	18.5	18.2	17.8	17.6	18.5	17.5
EDI- Nemli (%)	14.3	15.7	18.6	17.1	17.6	15.7
RAI- Nemli (%)	40.9	44.2	43.7	39.8	41.9	40.3
ZSI- Nemli (%)	18.1	17.4	17.5	17.3	18.1	17.0

Tablo 4.27 (devamı): Marmara Bölgesi Nemli Durum Rölatif Frekans Analizi (1950-2019)

	Kırklareli	Kocaeli	Sakarya	Tekirdağ	Yalova
WASP-Nemli (%)	15.9	17.4	15.9	15.9	14.8
PNPI- Nemli (%)	29.0	33.4	27.0	26.1	26.2
SPI- Nemli (%)	15.9	16.0	15.8	15.9	16.6
CZI- Nemli (%)	17.0	17.1	18.0	18.7	17.9
EDI- Nemli (%)	19.7	16.9	17.2	14.2	14.5
RAI- Nemli (%)	42.4	43.3	44.5	39.1	40.7
ZSI- Nemli (%)	16.7	16.9	17.3	18.4	17.4

Tablo 4.28 incelendiğinde Balıkesir istasyonunun haziran-eylül ayları arasında normalin çok altında yağış gözlenmiştir. Kasım ve aralık aylarında normalin çok üstünde yağışlar gözlenmiştir. Ocak-mayıs ayları arasında değerler değişkenlik göstermektedir.

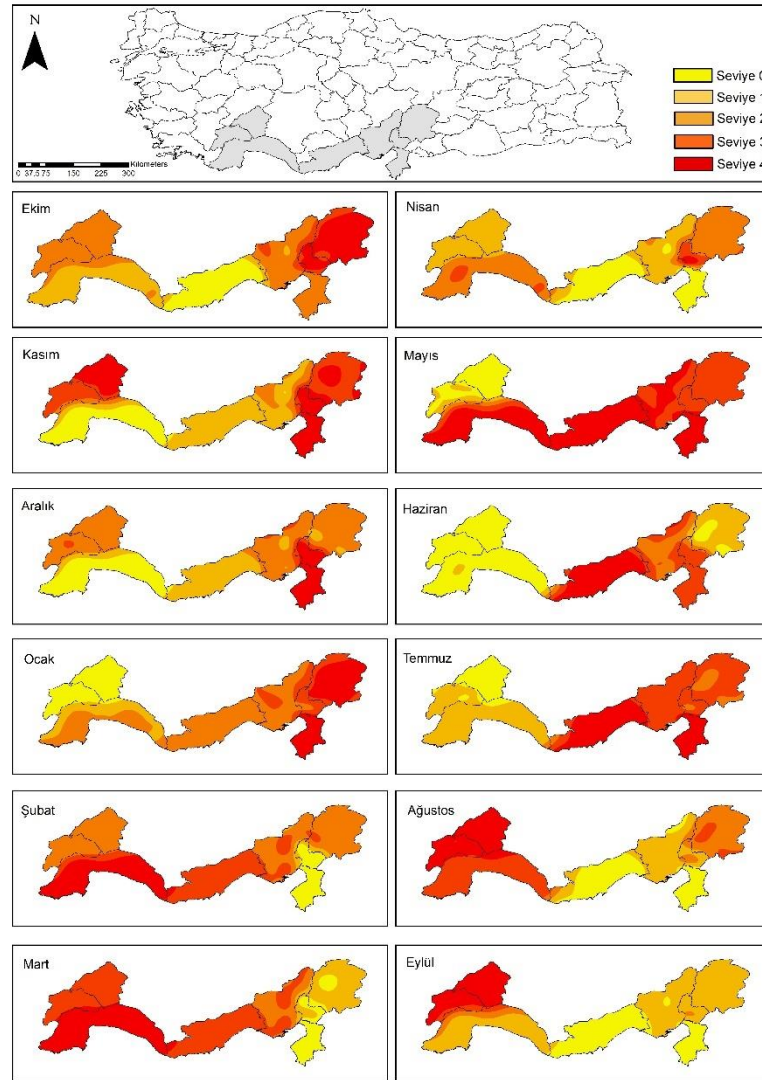
Tablo 4.28: Balıkesir Ondalık Kuraklık İndeksi Sonuçları (1-2: Normalin Çok Altında; 3-4: Normalin Altında; 5-6: Normale Yakın; 7-8: Normalin Üstünde; 9-10: Normalin Çok Üstünde)

BALIKESİR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1950	10	6	5	5	8	3	2	3	4	4	8	9
1951	8	9	8	4	8	2	4	2	2	7	6	7
1952	10	10	4	2	7	3	1	1	3	10	10	6
1953	9	10	6	5	7	8	1	1	4	7	4	6
1954	9	9	6	7	6	2	3	1	3	3	8	9
1955	8	9	6	8	2	2	3	2	1	7	10	6
1956	8	9	8	5	4	4	3	2	1	3	7	6
1957	6	5	4	4	6	5	1	1	4	2	9	7
1958	9	4	10	7	4	3	1	2	5	8	6	9
1959	10	3	6	4	5	6	6	1	2	5	7	10
1960	10	9	6	5	9	8	2	1	4	4	8	10
1961	7	8	3	7	5	6	2	2	3	4	7	7
1962	7	9	9	6	4	3	2	1	2	7	10	10
1963	10	9	6	7	5	5	1	1	1	7	7	10
1964	3	8	10	3	6	2	1	3	8	1	8	10
1965	6	10	5	10	6	2	1	3	1	3	10	9
1966	10	3	10	9	5	6	1	4	6	3	7	10
1967	10	5	7	8	3	5	1	1	5	7	3	9
1968	10	7	7	4	7	4	1	6	8	3	6	7
1969	10	8	7	6	3	8	7	2	1	2	2	10
1970	8	10	7	7	6	3	2	2	4	5	8	8
1971	8	8	9	4	5	3	3	2	3	4	9	9
1972	5	4	4	8	8	5	3	7	7	9	5	1
1973	4	10	6	8	5	3	3	3	3	8	10	9
1974	4	8	8	7	9	2	3	2	4	2	9	9
1975	10	5	8	7	9	4	1	2	3	5	9	10
1976	6	7	5	7	7	2	3	5	3	9	4	9
1977	7	6	6	6	4	2	2	1	7	6	10	8
1978	9	9	8	8	8	2	1	1	10	7	7	3
1979	9	7	4	7	6	4	2	3	3	5	10	8
1980	10	4	9	7	7	9	1	1	2	2	10	10
1981	10	5	6	2	8	1	3	2	2	6	9	10
1982	7	5	4	8	8	2	4	1	1	6	2	9
1983	6	7	3	6	5	3	7	1	3	6	9	7
1984	8	8	8	9	3	2	5	2	3	2	8	3
1985	10	5	7	3	6	5	1	2	1	8	9	6
1986	10	9	3	5	3	4	1	1	3	7	4	9
1987	10	6	7	4	6	4	3	2	1	5	10	10
1988	4	6	9	6	4	4	2	1	2	5	10	10
1989	3	2	6	3	5	5	2	1	3	7	8	10
1990	2	5	5	8	4	4	1	1	4	5	10	10
1991	4	4	4	9	10	1	4	1	3	4	5	5
1992	2	4	7	6	4	6	2	1	1	6	8	9
1993	5	8	6	7	7	3	3	2	4	3	8	7
1994	5	9	4	5	5	4	2	1	1	7	9	7
1995	10	4	10	8	3	4	3	3	6	5	9	8
1996	5	9	9	6	5	1	3	2	7	5	6	9
1997	8	6	8	9	2	3	3	5	1	10	7	10
1998	8	8	8	4	9	3	2	1	4	9	9	9
1999	5	10	9	5	1	2	4	1	2	3	8	7
2000	6	9	9	8	5	4	1	2	2	7	5	4
2001	4	9	4	8	9	4	1	2	5	1	10	10
2002	7	6	8	8	6	2	3	2	7	7	8	7
2003	8	8	5	8	4	1	1	1	6	7	6	8
2004	10	5	4	7	3	4	2	2	1	2	10	5
2005	9	9	9	5	5	4	3	1	3	4	9	7
2006	6	8	9	4	3	8	2	1	8	6	5	5
2007	5	4	6	3	6	2	1	1	1	9	9	10
2008	5	3	7	6	2	3	1	2	5	6	7	7
2009	10	10	10	7	7	5	2	1	5	5	9	10
2010	10	10	6	5	6	9	1	2	7	10	5	10
2011	5	5	6	8	5	2	2	1	9	9	1	10
2012	8	10	6	8	9	1	1	3	2	4	5	10
2013	10	10	9	6	2	4	1	1	3	8	10	4
2014	6	3	6	10	6	9	2	5	9	8	6	10
2015	9	8	7	8	5	9	1	1	7	9	8	2
2016	10	7	10	3	7	4	1	1	1	3	10	6
2017	10	6	7	5	6	4	3	2	2	6	7	9
2018	6	8	9	4	5	9	6	1	4	4	9	10
2019	10	7	4	8	5	3	5	1	2	6	7	8

4.1.2 Potansiyel Evapotranspirasyona (PET) Dayalı Meteorolojik Kuraklık Analizi

4.1.2.1 Akdeniz Bölgesi

Şekil 4.8’te EDDI kuraklık indeksinin Akdeniz Bölgesindeki aylık ortalamalarının ArcGIS/Spline yöntemi ile haritalandırılmıştır. Sonuçlara göre eylül-ocak ayları arasında kıyı istasyonlar nemli ve normal sınıflandırmaya girmiştir. Şubat, mart ve mayıs ayları kurak olarak sınıflandırılmıştır. Haziran ve temmuz aylarında bölgenin doğusunda kuraklık gözlenmiş, ağustos aylarında bu durum bölgenin batısında gözlenmiştir.

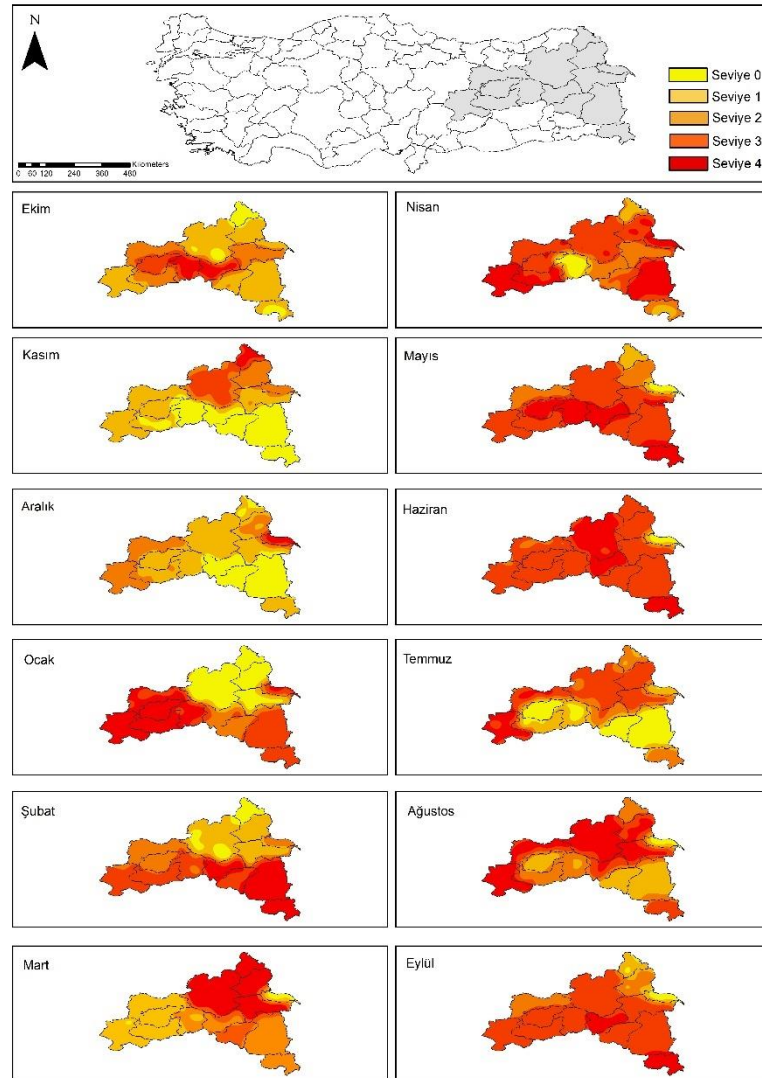


Şekil 4.8: Spline yöntemi ile Akdeniz Bölgesi EDDI haritası

4.1.2.2 Doğu Anadolu Bölgesi

Şekil 4.9’da EDDI kuraklık indeksinin Doğu Anadolu Bölgesindeki aylık ortalamalarının ArcGIS/Spline yöntemi ile haritalandırılmıştır. Nisan-eylül arasındaki aylarda kurak, ekim-aralık aylarında nemli ve normal durum gözlenmiştir. Ocak ve şubat aylarında bölgenin güney kısmında kurak iken mart ayında kuzey kısmında kurak durum ortaya çıkmıştır.

Aralık ayında seviye 0’ın, haziran ayında seviye 4’ün hâkim olduğu gözlenmiştir.

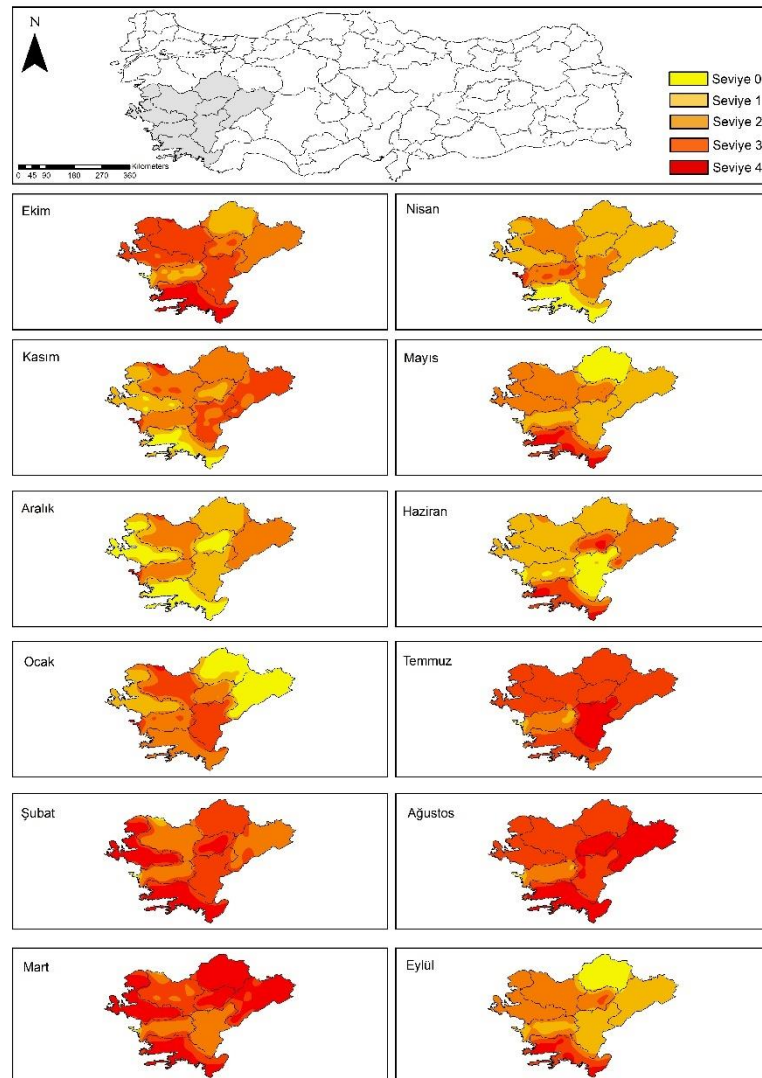


Şekil 4.9: Spline yöntemi ile Doğu Anadolu Bölgesi EDDI haritası

4.1.2.3 Ege Bölgesi

Şekil 4.10'da EDDI kuraklık indeksinin Ege Bölgesindeki aylık ortalamalarının ArcGIS/Spline yöntemi ile haritalandırılmıştır. Şubat-mart ve temmuz-ağustos aylarında kuraklık gözlenmiştir. Nisan-haziran arası aylarda, eylül ve aralık aylarında normal ve nemli durum gözlenmiştir. En çok kuraklık istasyonlar arasında Muğla ilinde gözlenmiştir.

Aralık ayında seviye 0'ın, temmuz ve ağustos aylarında seviye 4'ün hâkim olduğu gözlenmiştir.

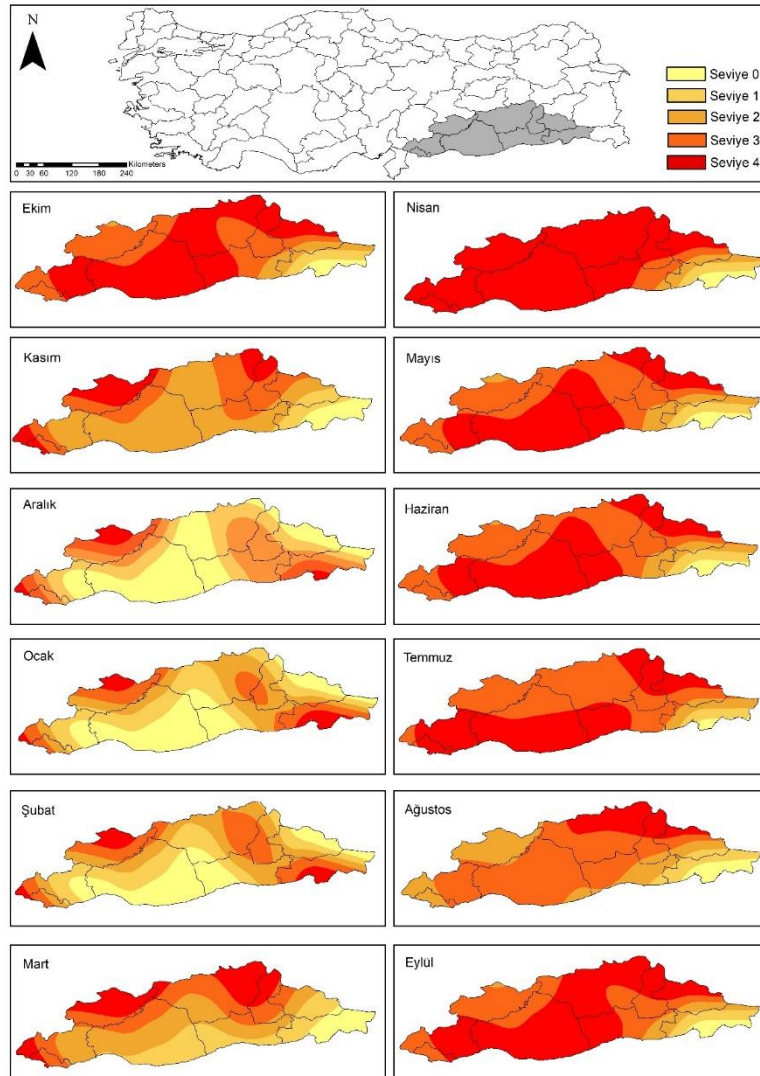


Şekil 4.10: Spline yöntemi ile Ege Bölgesi EDDI haritası

4.1.2.4 Güneydoğu Anadolu Bölgesi

Şekil 4.11’de EDDI kuraklık indeksinin Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki aylık ortalamalarının ArcGIS/Spline yöntemi ile haritalanması gösterilmiştir. Nisan ayından Ekim ayına kadar kuraklık gözlenmiştir. Aralık ile şubat ayları arasında ise istasyonlar arasında değişkenlik görülmüştür. Ülke sınırlarındaki istasyonlarda mevsimsel farklılıkların fazla olduğu söylenebilir.

Kasım ve mart ayında bir geçiş gözlenmiştir. Ocak ayında seviye 0’ın, nisan ayında seviye 4’ün hâkim olduğu gözlenmiştir.

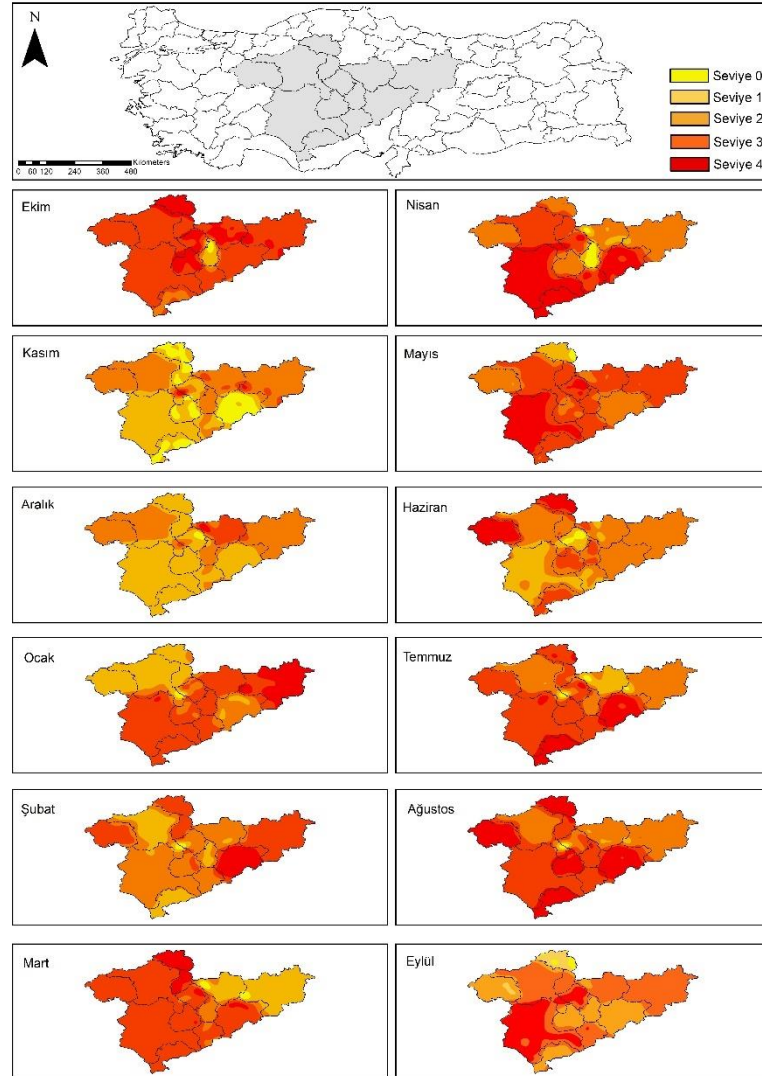


Şekil 4.11: Spline yöntemi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi EDDI haritası

4.1.2.5 İç Anadolu Bölgesi

Şekil 4.12’de EDDI kuraklık indeksinin İç Anadolu Bölgesindeki aylık ortalamalarının ArcGIS/Spline yöntemi ile haritalandırılmıştır. Kasım ve aralık aylarında nemli ve normal durumlar gözlenmiştir. Bölgenin pek çok aylarında kuraklık görülmüştür. Haziran, kasım ve aralık aylarında bölgenin kuzey kısmında kuraklık, diğer aylarda güney kısmında kuraklık görülmüştür.

Seviye 1’in hâkim olduğu ay aralık, seviye 4’ün hâkim olduğu ay ekim olarak saptanmıştır.

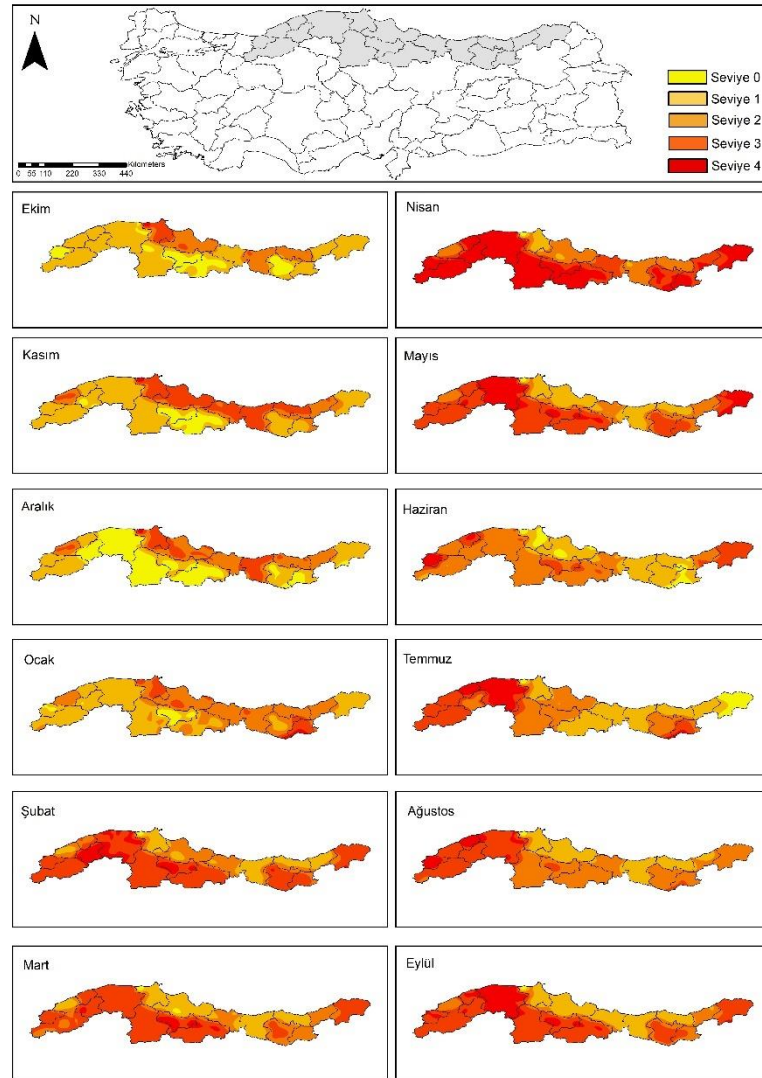


Şekil 4.12: Spline yöntemi ile İç Anadolu Bölgesi EDDI haritası

4.1.2.6 Karadeniz Bölgesi

Şekil 4.13'te EDDI kuraklık indeksinin Karadeniz Bölgesindeki aylık ortalamalarının ArcGIS/Spline yöntemi ile haritalandırılmıştır. Ekim-ocak ayları arasına nemli ve normal durum hâkim gözlenmiştir. Ayrıca bölgenin genelinde kıyı kısımlarda nemli ve normal durumlar gözlenmiştir. En kurak dönemler şubat-mayıs ve eylül aylarında saptanmıştır.

Aralık ayında seviye 1'in, nisan ayında seviye 4'ün hâkim olduğu gözlenmiştir.

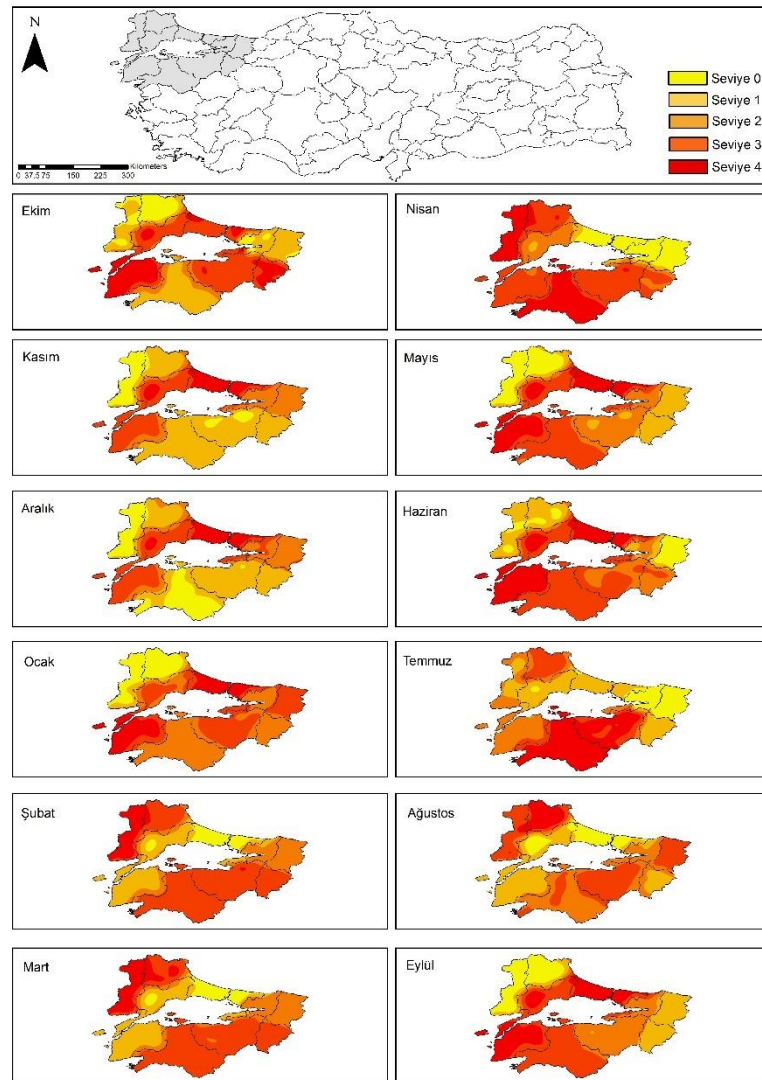


Şekil 4.13: Spline yöntemi ile Karadeniz Bölgesi EDDI haritası

4.1.2.7 Marmara Bölgesi

Şekil 4.14'te EDDI kuraklık indeksinin Marmara Bölgesindeki aylık ortalamalarının ArcGIS/Spline yöntemi ile haritalandırılmıştır. Bölgede aylarda sürekli bir değişkenlik görülmüştür. Eylül-ocak ayları arasında bölgenin kuzeydoğusunda seviye 0 iken, şubat ayında bu durum değişim göstermektedir. Daha sonra sadece mayıs ayında bölgenin kuzeydoğusunda seviye 0 görülmektedir.

Seviye 1'in hâkim olduğu ay aralık iken seviye 4'ün hâkim olduğu ay haziran olarak saptanmıştır.

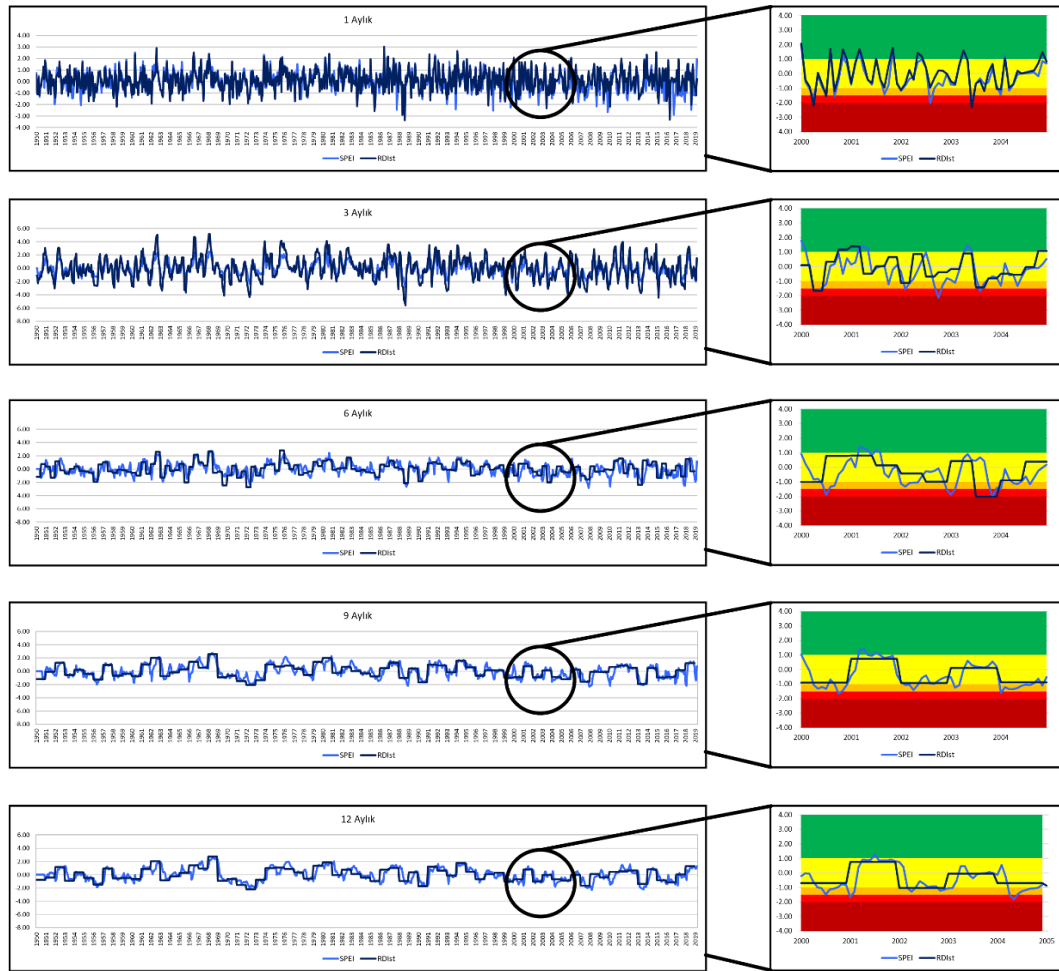


Şekil 4.14: Spline yöntemi ile Marmara Bölgesi EDDI haritası

4.1.3 Yağış ve PET'e Dayalı Meteorolojik Kuraklık Analizi

4.1.3.1 Akdeniz Bölgesi

RDI kuraklık indeksi Normalleştirilmiş RDI ve Standartlaştırılmış RDI olarak ayrılrsa da SPEI standardize bir değer olduğu için Standartlaştırılmış RDI ile karşılaştırmak daha doğru sonuçlar göstermektedir. SPEI ve RDI değerleri kısa (1 ve 3 ay), orta (6 aylık) ve uzun (9 ve 12 aylık) zaman ölçeklerinde hesaplanarak kuraklık analizi yapılmıştır. Şekil 4.15'te Adana istasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kuraklık indekslerinin sonuçları gösterilmiştir. 2000-2005 yılları arasındaki değerler grafikte daha detaylı verilmiştir. Sonuçlara göre 1 aylık değerlerin sıklıkla 12 aylık değerlerin sıklıkları farklılık göstermiştir.

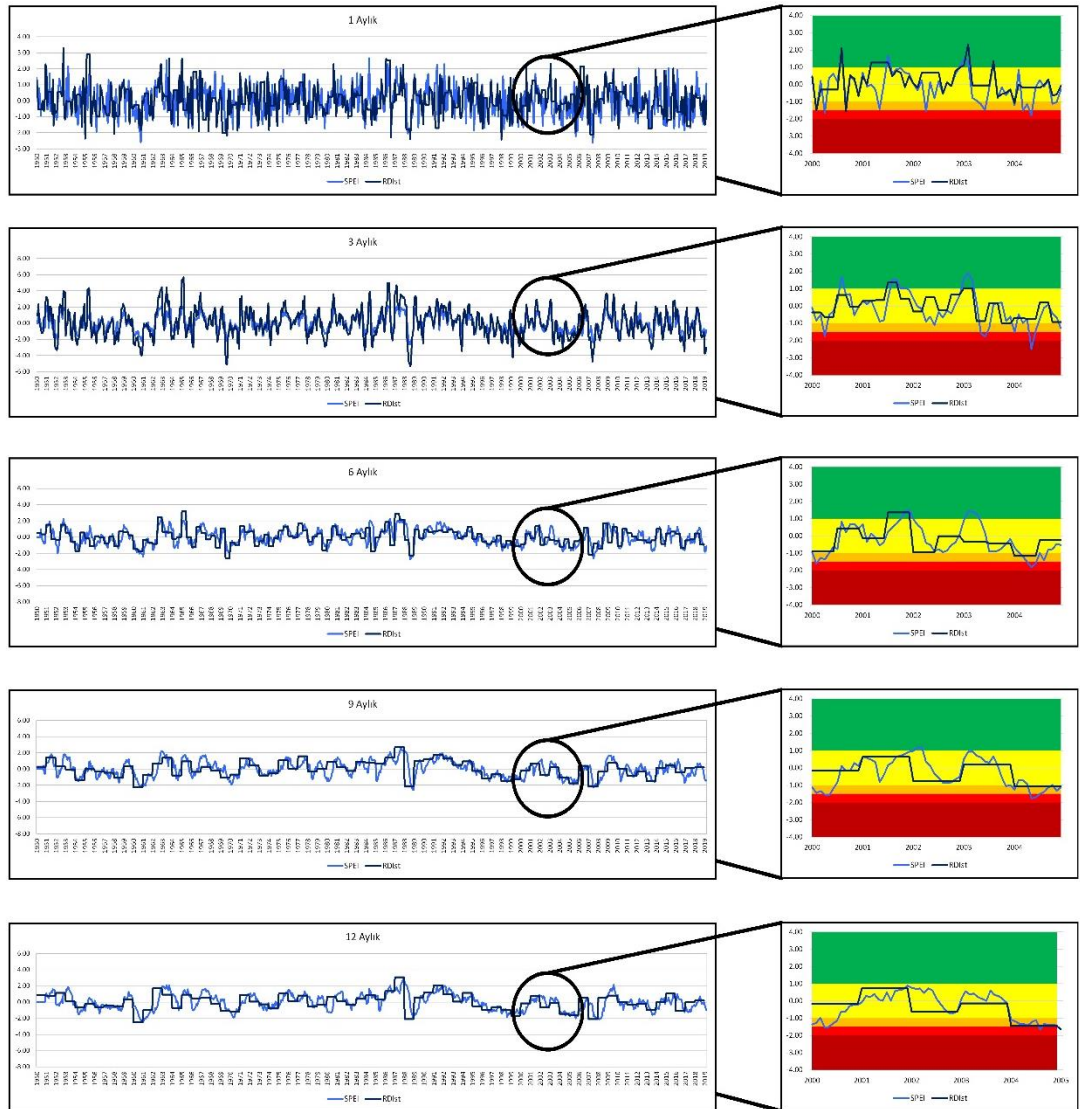


Şekil 4.15: Adana İstasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kıyaslaması

4.1.3.2 Doğu Anadolu Bölgesi

Şekil 4.16’da Ağrı istasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kuraklık indekslerinin sonuçları gösterilmiştir. 2000-2005 yılları arasındaki değerler grafikte daha detaylı gösterilmiştir. Sonuçlara göre 1 aylık değerlerin sıklıkları ile 12 aylık değerlerin sıklıkları farklılık göstermiştir.

İki indeks değerleri birbirinden farklı sonuçlar gözlenmiştir. SPEI indeksinin arttığı durumlarda RDI_{st} indeksinde düşük değerler görülmüştür. En düşük değerler 3 aylık frekansta görülmüştür.

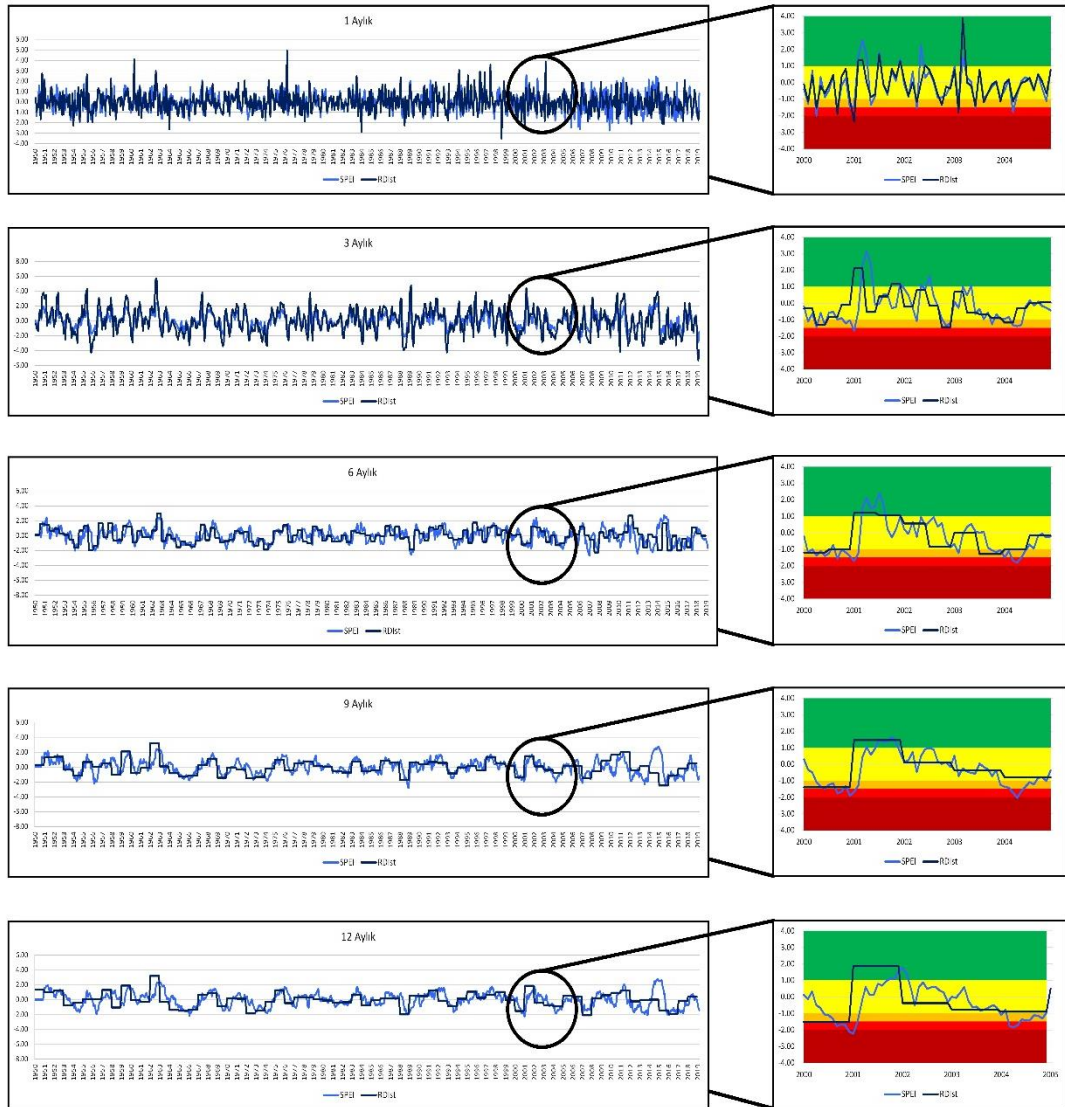


Şekil 4.16: Ağrı İstasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kıyaslaması

4.1.3.3 Ege Bölgesi

Şekil 4.17’de Afyonkarahisar istasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kuraklık indekslerinin sonuçları gösterilmiştir. 1950-2019 yılları arasındaki 2000-2005 yılları arasındaki değerlerin grafikte daha detaylı gösterimi de verilmiştir. 1 aylık değerlerin sıklıkları ile 12 aylık değerlerin sıklıkları farklılık göstermiştir.

İndeksler ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. 1 aylık frekanstaki 1976 yılında maksimum RDI_{st} değerine ulaşılmıştır. SPEI sonuçlarına göre değerler normal durum aralıklarında bulunmaktadır.

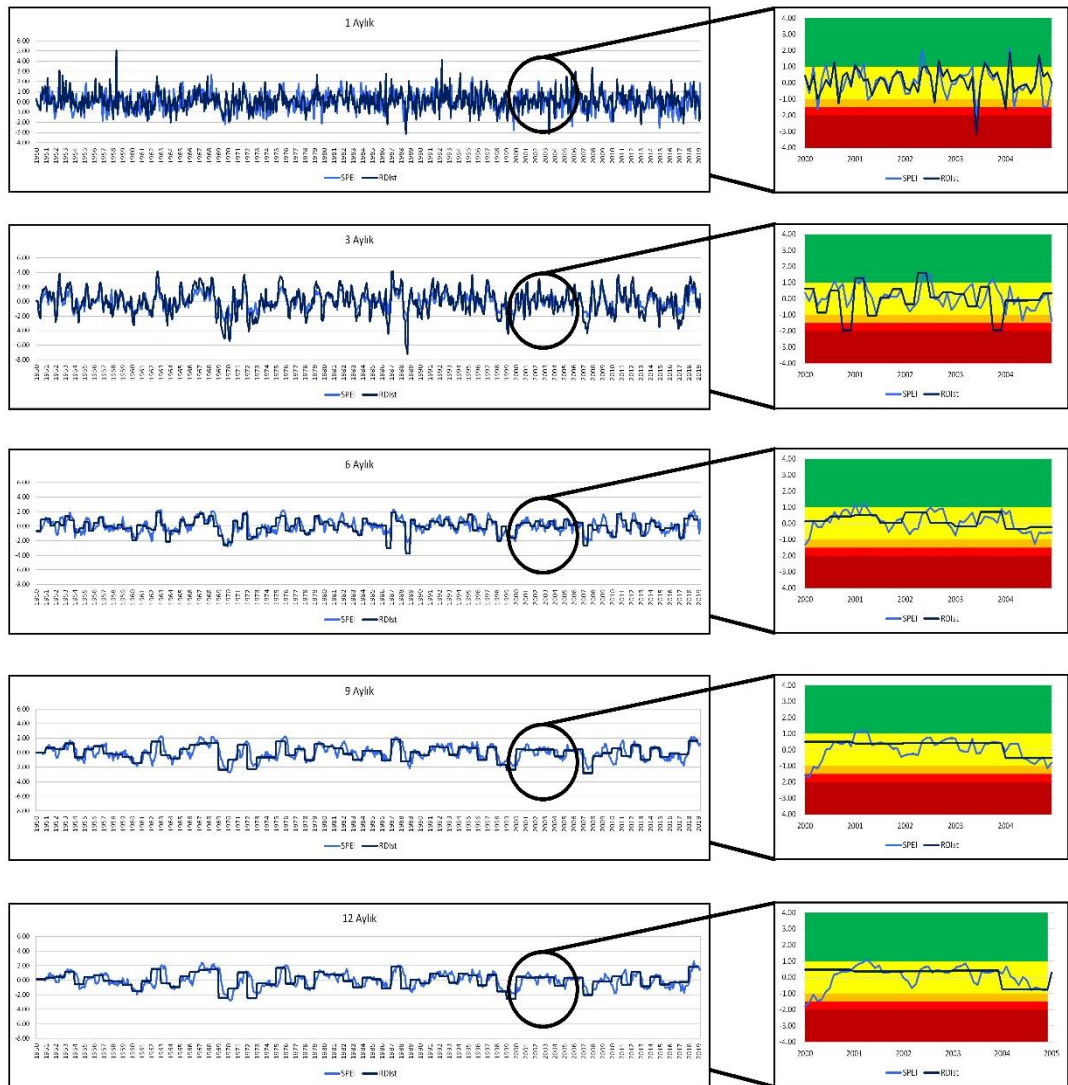


Şekil 4.17: Afyonkarahisar İstasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kıyaslaması

4.1.3.4 Güneydoğu Anadolu Bölgesi

Şekil 4.18’de Diyarbakır istasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kuraklık indekslerinin sonuçları gösterilmiştir. 2000-2005 yılları arasındaki değerlerin grafikte daha detaylı gösterilmiştir. Sonuçlara göre 1 aylık değerlerin sıklıkları ile 12 aylık değerlerin sıklıkları farklılık göstermiştir. 1 aylık frekanstan 12 aya gidildikçe sıklıklar azalmıştır.

SPEI ve RDI de tüm istasyonlarda 3 aylık sıklıkta maksimum kuraklık gözlenmiştir.

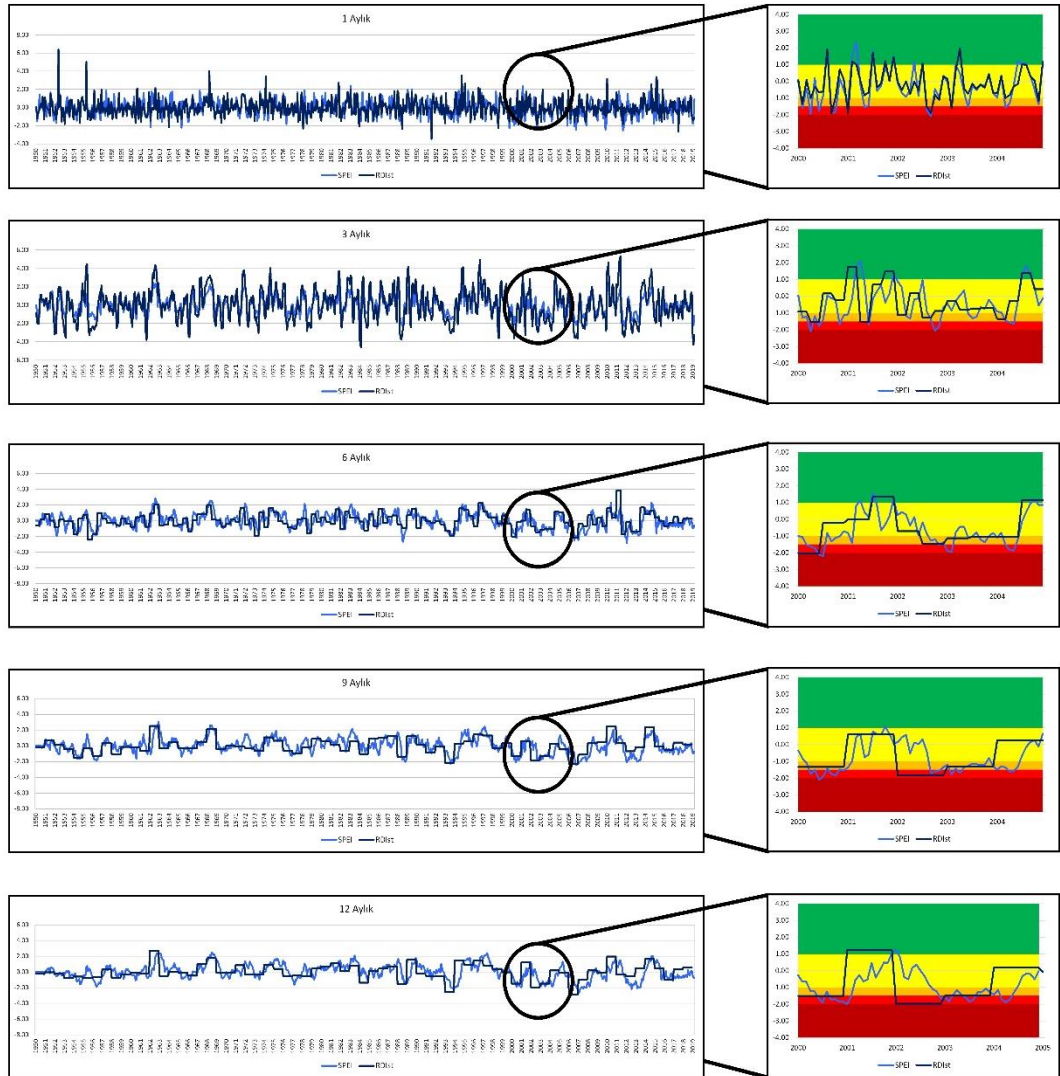


Şekil 4.18: Diyarbakır İstasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kıyaslaması

4.1.3.5 İç Anadolu Bölgesi

Şekil 4.19’te Ankara istasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kuraklık indekslerinin sonuçları gösterilmiştir. 2000-2005 yılları arasındaki değerlerin grafikte daha detaylı gösterilmiştir. Sonuçlara göre 1 aylık değerlerin sıklıkları ile 12 aylık değerlerin sıklıkları farklılık göstermiştir.

Tüm bölgelerdeki RDI_{st} indeksinin frekans analizinde 1 aylık frekansta maksimum değer elde edilmiştir (1952 yılında). İndeksler arasında tutarlı sonuçlar ortaya çıkmıştır.

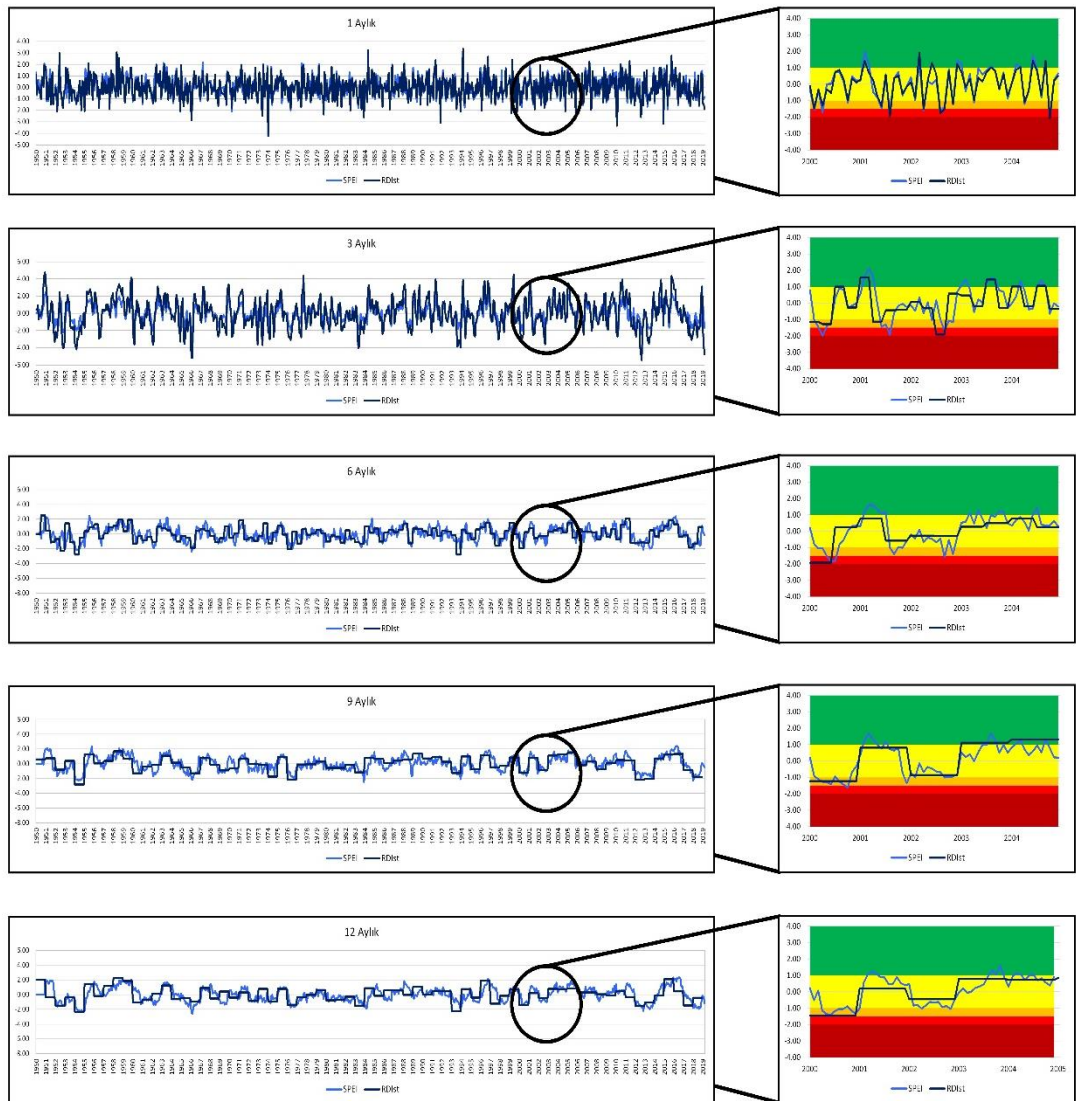


Şekil 4.19: Ankara İstasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kıyaslaması

4.1.3.6 Karadeniz Bölgesi

Şekil 4.20’de Rize istasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kuraklık indekslerinin sonuçları verilmiştir. 2000-2005 yılları arasındaki değerlerin grafikte daha detaylı gösterilmiştir. Sonuçlara göre 1 aylık değerlerin sıklıkları ile 12 aylık değerlerin sıklıkları farklılık göstermiştir

Orta (6 aylık) ve uzun (9 ve 12 aylık) zaman ölçeklerinde indeksler genel olarak normal durum aralıklarında dağılmıştır. Kısa (1 ve 3 ay) zaman ölçeğinde ise hem nemli hem de kurak durumlarla karşılaşmıştır.

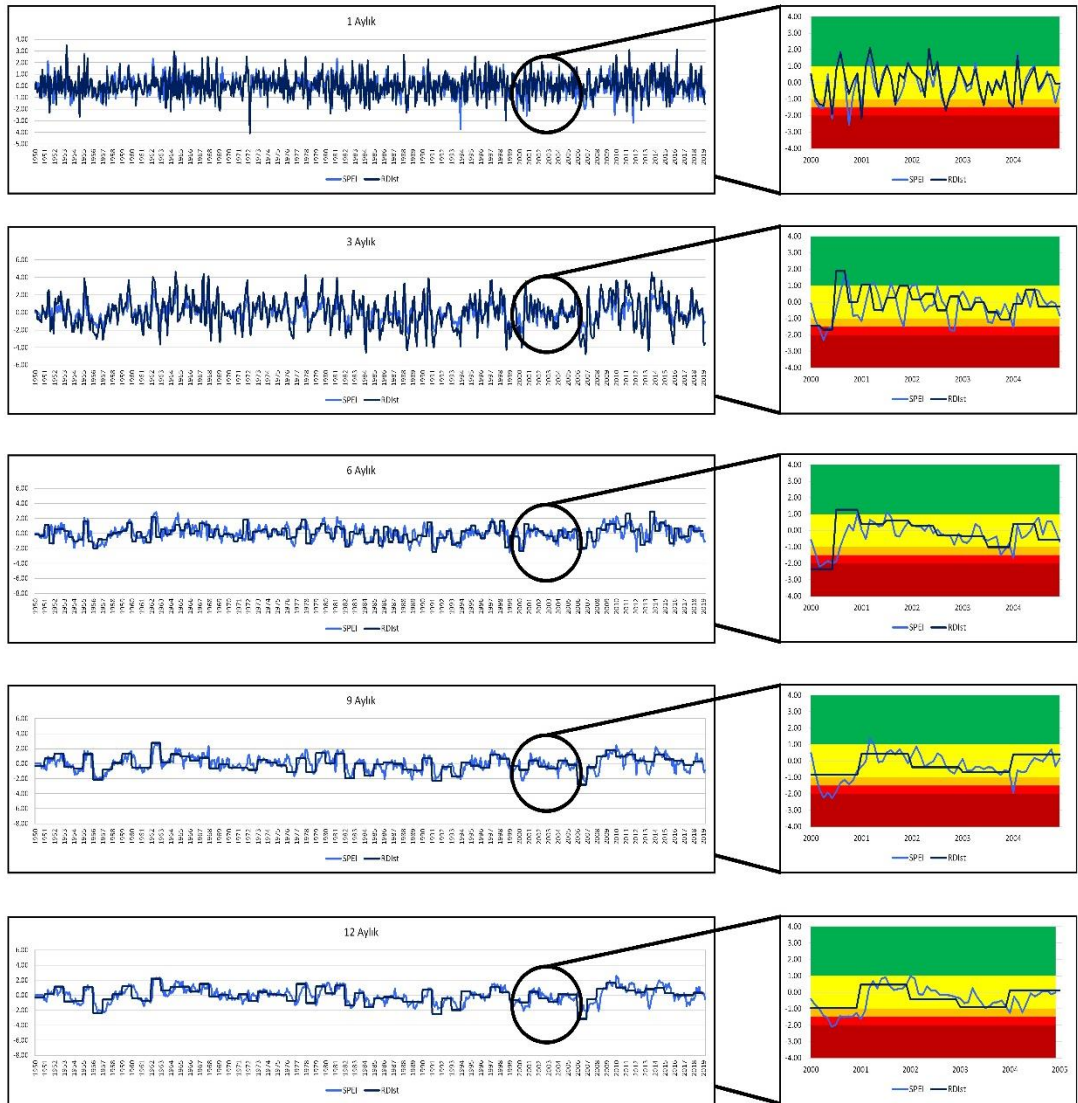


Şekil 4.20: Rize İstasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kıyaslaması

4.1.3.7 Marmara Bölgesi

Şekil 4.21’de Balıkesir istasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kuraklık indekslerinin sonuçları verilmiştir. 1950-2019 yılları arasındaki 2000-2005 yılları arasındaki değerlerin grafikte daha detaylı gösterilmiştir. Sonuçlara göre 1 aylık değerlerin sıklıkları ile 12 aylık değerlerin sıklıkları farklılık göstermiştir.

SPEI indeksinde maksimum kurak değer 1 aylık frekanstaki 1994 yılında saptanmıştır RDI_{st} indeksinde ise maksimum kurak değer 3 aylık frekanstaki 2007 yılında saptanmıştır. İndeksler arasında tutarlılık gözlenmiştir.



Şekil 4.21: Balıkesir İstasyonuna ait SPEI ve RDI_{st} kıyaslaması

4.1.4 Yağış ve Sıcaklığa Dayalı Meteorolojik Kuraklık Analizi

4.1.4.1 Akdeniz Bölgesi

Yağış ve sıcaklığa dayalı meteorolojik kuraklık indeksleri yıllık ortalama değerlerine göre Akdeniz Bölgesi için Tablo 4.29 da karşılaştırılmıştır. Çok kurak: ÇK, kurak: K, orta derece kurak: ODK, yarı kurak: YK, yarı nemli: YN, orta derece nemli: ODN, nemli: N, çok nemli: ÇK sınıflandırılması yapılmıştır. I_p ve HTC indekste kurak durumlar hakimken, I_{DM} indeksinde istasyon bazında farklılıklar saptanmıştır. Adana ve Mersin istasyonlarında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bölgede kuraklığın hâkim olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.29: I_{DM} , I_p ve HTC kuraklık indekslerine göre Akdeniz Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)

	Yıllık		
	I_{DM}	I_p	HTC
Adana	ODK	K	ÇK
Antalya	N	K	K
Burdur	K	K	K
Hatay	N	ODK	K
Isparta	YK	K	K
Kahramanmaraş	YK	K	K
Mersin	ODK	K	ÇK
Osmaniye	ODN	ÇK	K

Akdeniz Bölgesinde kurak ayların varlığını değerlendirmek için DMAI kullanmıştır (Tablo 4.30). DMAI aylık sonuçları ile tutarlı değerler elde edilmiştir. Mayıs-eylül aylarına tüm istasyonlarda çok kurak ve kurak değerler hâkim olduğu belirlenmiştir. Aralık-mart aylarında nemli durumlar gözlenmiştir. Nisan ve kasım aylarında geçişler yaşanmıştır.

Tablo 4.30: De Martonne Kuraklık İndeksine göre Akdeniz Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	I _M											
Adana	ÇN	ODN	YK	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	YK	ÇN
Antalya	ÇN	ÇN	N	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	ODK	ÇN	ÇN
Burdur	N	YN	YK	ODK	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	ODN
Hatay	ÇN	ÇN	ÇN	ODN	YK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	N	ÇN
Isparta	ÇN	N	ODN	YK	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	YK	ÇN
K.maraş	ÇN	ÇN	N	YK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODN	ÇN
Mersin	ÇN	ODN	YK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	YN	ÇN
Osmaniye	ÇN	N	ÇN	YN	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ODK	ODN	N

4.1.4.2 Doğu Anadolu Bölgesi

Yağış ve sıcaklığa dayalı meteorolojik kuraklık indeksleri yıllık ortalama değerlerine göre Doğu Anadolu Bölgesi için Tablo 4.31 de karşılaştırılmıştır.

I_P ve HTC kuraklık indekslerine göre Ağrı, Bingöl, Hakkâri, Kars, Muş ve Tunceli istasyonlarında kurak durum gözlenmiştir. I_{DM} indeksi ise bu istasyonlarda farklı sonuç gözlenmiştir. Ardahan istasyonunda I_{DM} ve I_P indekslerinde nemli durum gözlenmiştir. Diğer istasyonlarda üç indekste de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4.31: I_{DM}, I_P ve HTC kuraklık indekslerine göre Doğu Anadolu Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)

	Yıllık		
	I _{DM}	I _P	HTC
Ağrı	ODN	K	K
Ardahan	N	ODN	YK
Bingöl	N	ODK	ODK
Bitlis	ÇN	ODN	YN
Elâzığ	K	ÇK	ÇK
Erzincan	K	K	K
Erzurum	YK	K	K
Hakkâri	N	K	ODK
Iğdır	K	ÇK	ÇK
Kars	ODN	YK	ODK
Malatya	K	ÇK	ÇK
Muş	N	K	ODK
Tunceli	N	K	ODK
Van	ODK	K	K

Doğu Anadolu Bölgesinde kurak ayların varlığını değerlendirmek için De Martonne Kuraklık İndeksi sonuçları Tablo 4.32 de verilmiştir. Iğdır istasyonunda 10 ay boyunca kuraklık gözlenmiştir. Erzinan istasyonunda ise 9 ay boyunca kuraklık gözlenmiştir. Bu iki istasyonun en kurak istasyonlar olduğu saptanmıştır. Haziran-ekim ayları arasında bölgede kuraklık, kasım-mart ayları genellikle nemli kategoride yer almıştır.

Tablo 4.32: De Martonne Kuraklık İndeksine göre Doğu Anadolu Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	I _M											
Ağrı	ÇN	ÇN	ÇN	N	YN	K	ÇK	ÇK	ÇK	YK	N	ÇN
Ardahan	YN	N	ÇN	ODN	N	ODN	YK	ODK	K	ODK	ODN	N
Bingöl	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	YN	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	YK	ÇN	ÇN
Bitlis	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	N	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	N	ÇN	ÇN
Elâzığ	ÇN	N	ODN	YN	ODK	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	YK	ODN
Erzincan	N	ÇN	YK	YK	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	ODN
Erzurum	ÇN	ÇN	ODN	ODN	ODN	K	K	ÇK	K	YK	YN	K
Hakkâri	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	YK	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	YK	ÇN	ÇN
Iğdır	N	K	K	K	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	K	N
Kars	N	ÇN	ODN	ODN	ODN	YN	ODK	K	K	ODK	YK	ÇN
Malatya	N	ODN	YN	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	ODN
Muş	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	YK	K	ÇK	ÇK	ÇK	YK	ÇN	ÇN
Tunceli	ÇN	ÇN	ÇN	N	YK	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	YK	ÇN	ÇN
Van	ÇN	ÇN	ODN	YN	ODK	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	ODK	YN	N

4.1.4.3 Ege Bölgesi

Ege Bölgesi için yağış ve sıcaklığa dayalı meteorolojik kuraklık indeksleri yıllık ortalama değerlerine göre sınıflandırma Tablo 4.33 de verilmiştir.

Genel olarak bölgede üç indekste de kuraklık hâkim olduğu gözlenmiştir. Sadece Muğla istasyonu I_{DM} indeksinde nemli olduğunu saptanmıştır. I_p ve HTC indeksleri Muğla dışındaki tüm istasyonlarda aynı kategoride yer almıştır.

Tablo 4.33: I_{DM} , I_p ve HTC kuraklık indekslerine göre Ege Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)

	Yıllık		
	I_{DM}	I_p	HTC
Afyon	ODK	K	K
Aydın	ODK	K	K
Denizli	ODK	K	K
İzmir	YK	K	K
Kütahya	YK	K	K
Manisa	YK	K	K
Muğla	N	YK	ODK
Uşak	YK	K	K

Ege Bölgesinde De Martonne Kuraklık İndeksi sonuçları Tablo 4.34 de verilmiştir. Nisan ve kasım ayları geçiş ayları olduğu; mayıs-ekim ayları arasına kuraklığın hâkim olduğu saptanmıştır. Temmuz ve ağustos aylarında tüm istasyonlarda çok kurak durum gözlenmiştir.

Tablo 4.34: De Martonne Kuraklık İndeksine göre Ege Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	I_M											
Afyon	N	ODN	YN	ODK	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	K	ODN
Aydın	ÇN	N	YN	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODN	ÇN
Denizli	ÇN	N	YN	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	YK	ÇN
İzmir	ÇN	ÇN	ODN	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODN	ÇN
Kütahya	ÇN	ÇN	ODN	YK	ODK	K	ÇK	ÇK	K	K	YN	ÇN
Manisa	ÇN	ÇN	ODN	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODN	ÇN
Muğla	ÇN	ÇN	ÇN	YN	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	YK	ÇN	ÇN
Uşak	ÇN	N	ODN	YK	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	YN	ÇN

4.1.4.4 Güneydoğu Anadolu Bölgesi

Yağış ve sıcaklığa dayalı meteorolojik kuraklık indeksleri yıllık ortalama değerlerine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi için Tablo 4.35 de karşılaştırılmıştır.

I_p ve HTC indeksleri ile tüm istasyonlarda aynı sonuçları elde edilmiştir. Bölgenin geneli üç indeks için de kurak kategoride yer almıştır. Sadece Şırnak istasyonunda I_{DM} sonucu farklılık göstermiştir.

Tablo 4.35: I_{DM} , I_p ve HTC kuraklık indekslerine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)

	Yıllık		
	I_{DM}	I_p	HTC
Adıyaman	YK	K	K
Batman	K	ÇK	ÇK
Diyarbakır	K	ÇK	ÇK
Gaziantep	ODK	K	K
Kilis	K	ÇK	ÇK
Mardin	YK	K	K
Siirt	YK	K	K
Şanlıurfa	K	ÇK	ÇK
Şırnak	ODN	K	K

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde De Martonne Kuraklık İndeksi sonuçları Tablo 4.36 da verilmiştir. Haziran-eylül ayları arasında tüm istasyonlarda çok kurak sonuçlar elde edilmiştir. Ekim ayında ise tüm istasyonlarda kurak sonuçlar gözlenmiştir. Nisan ve kasım ayları geçiş ayları ve aralık-mart ayları arası nemli durum olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.36: De Martonne Kuraklık İndeksine göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	I_M											
Adıyaman	ÇN	ÇN	N	YK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODN	ÇN
Batman	ÇN	N	ODN	YN	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	YK	N
Diyarbakır	ÇN	ÇN	ODN	YN	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	YK	ÇN
Gaziantep	ÇN	ÇN	ODN	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	YN	ÇN
Kilis	ÇN	N	ODN	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	ÇN
Mardin	ÇN	ÇN	ÇN	ODN	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODN	ÇN
Siirt	ÇN	ÇN	ÇN	N	ODK	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODN	ÇN
Şanlıurfa	ÇN	N	YN	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	N
Şırnak	ÇN	ÇN	ÇN	N	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODN	ÇN

4.1.4.5 İç Anadolu Bölgesi

Yağış ve sıcaklığa dayalı meteorolojik kuraklık indeksleri yıllık ortalama değerlerine göre İç Anadolu Bölgesi için Tablo 4.37 de karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.37'e göre Yozgat I_{DM} dışında; I_{DM} , I_p ve HTC indeksleri tüm istasyonların kurak kategoride olduğunu saptanmıştır.

Tablo 4.37: I_{DM} , I_p ve HTC kuraklık indekslerine göre İç Anadolu Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)

	Yıllık		
	I_{DM}	I_p	HTC
Aksaray	K	ÇK	ÇK
Ankara	K	K	K
Çankırı	K	K	K
Eskişehir	K	K	K
Karaman	K	ÇK	ÇK
Kayseri	K	K	K
Kırıkkale	K	K	ÇK
Kırşehir	K	ÇK	K
Konya	K	ÇK	ÇK
Nevşehir	ODK	K	K
Niğde	K	ÇK	ÇK
Sivas	ODK	K	K
Yozgat	ODN	K	ODK

İç Anadolu Bölgesinde De Martonne Kuraklık İndeksi sonuçları Tablo 4.38 de verilmiştir. Sivas istasyonunda aralık ve ocak ayında bölgeye göre farklılıklar saptanmıştır. Bu indekse göre Yozgat istasyonu bölgedeki diğer istasyonlara göre daha nemli bir istasyon olduğu gözlenmiştir. Tüm istasyonlar temmuz-eylül aylarında çok kurak sınıfında yer almıştır.

Tablo 4.38: De Martonne Kuraklık İndeksine göre İç Anadolu Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	I_M											
Aksaray	ODN	YN	ODK	ODK	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	K	ODN
Ankara	N	YN	YK	ODK	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	K	ODN
Çankırı	ÇN	YN	ODK	ODK	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	K	ODN
Eskişehir	ODN	YK	ODK	ODK	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	K	ODN
Karaman	N	ODN	ODK	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	ODN
Kayseri	ÇN	ODN	YK	ODK	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	ODN
Kırıkkale	N	YK	ODK	ODK	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	K	ODN
Kırşehir	N	YN	YK	ODK	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	ODN
Konya	ODN	YK	K	K	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	ODN
Nevşehir	ÇN	ÇN	YN	YK	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	N
Niğde	ODN	ODN	ODK	ODK	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	K	ODN
Sivas	ÇK	YN	ODN	YN	YK	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	YK	ÇK
Yozgat	ÇN	ÇN	ÇN	YN	YN	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODN	ÇN

4.1.4.6 Karadeniz Bölgesi

Karadeniz Bölgesi için yağış ve sıcaklığa dayalı meteorolojik kuraklık indeksleri Tablo 4.39 da verilmiştir.

Rize istasyonu üç indeks için de nemli kategoride yer almıştır. I_{DM} sonuçlarına göre bölge genel olarak nemli kategoride yer almıştır. Amasya ve Tokat istasyonları bölgenin en kurak istasyonları olarak saptanmıştır.

Tablo 4.39: I_{DM} , I_P ve HTC kuraklık indekslerine göre Karadeniz Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)

	Yıllık		
	I_{DM}	I_P	HTC
Amasya	K	K	K
Artvin	ODN	ODK	K
Bartın	N	ODN	YK
Bayburt	YK	K	K
Bolu	YK	K	K
Çorum	ODK	K	K
Düzce	N	YK	ODK
Giresun	N	N	YK
Gümüşhane	ODK	K	K
Karabük	ODK	K	K
Kastamonu	YK	K	K
Ordu	N	ODN	ODK
Rize	ÇN	ÇN	N
Samsun	ODN	ODK	K
Sinop	ODN	ODK	K
Tokat	K	K	K
Trabzon	ODN	ODK	K
Zonguldak	N	N	YK

Karadeniz Bölgesinde kurak ayların varlığını değerlendirmek için De Martonne Kuraklık İndeksi kullanılmıştır (Tablo 4.40). Rize istasyonunda hiçbir ayda kurak değerler elde edilmemiştir. En kurak aylar temmuz ve ağustos ayları olarak saptanmıştır. Tablo 4.40 değerleri Tablo 4.39'u desteklemiştir. Aylar bazında bakıldığında da en kurak istasyonlar Amasya ve Tokat'tır.

Tablo 4.40: De Martonne Kuraklık İndeksine göre Karadeniz Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	I_M											
Amasya	ODN	YK	YK	ODK	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	ODN
Artvin	ÇN	ÇN	ODN	ODK	ODK	K	K	K	K	YK	N	ÇN
Bartın	ÇN	ÇN	N	YK	ODK	ODK	K	ODK	YN	N	ÇN	ÇN
Bayburt	ÇN	YN	ODN	ODN	ODN	ODK	ÇK	ÇK	K	ODK	YK	ÇN
Bolu	ÇN	N	ODN	YK	YK	ODK	K	K	K	ODK	YK	N
Çorum	N	YN	YK	ODK	YK	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	ODN
Düzce	ÇN	N	ODN	YK	ODK	ODK	K	K	K	ODN	N	ÇN
Giresun	ÇN	ÇN	ÇN	ODN	YK	YK	ODK	YK	N	ÇN	ÇN	ÇN
Gümüşhane	N	ODN	YN	YN	YN	K	ÇK	ÇK	ÇK	ODK	YK	N
Karabük	ODN	ODK	YK	ODK	ODK	K	ÇK	ÇK	K	K	ODK	ODN
Kastamonu	ODN	YK	YK	YK	YN	YK	K	K	K	K	K	YN
Ordu	ÇN	N	N	YN	ODK	ODK	K	K	YK	ÇN	ÇN	ÇN
Rize	ÇN	ÇN	ÇN	N	ODN	N	N	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN
Samsun	ODN	ODN	ODN	YK	K	K	K	K	K	YN	ODN	N
Sinop	N	YN	YN	K	K	K	K	K	ODK	ODN	ODN	N
Tokat	ODN	YK	ODK	ODK	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	ODN
Trabzon	N	ODN	YN	YK	ODK	K	K	K	YK	N	N	N
Zonguldak	ÇN	ÇN	ÇN	YN	ODK	ODK	ODK	YK	ODN	ÇN	ÇN	ÇN

4.1.4.7 Marmara Bölgesi

Yağış ve sıcaklığa dayalı meteorolojik kuraklık indeksleri yıllık ortalama değerlerine göre Marmara Bölgesi için Tablo 4.41 de karşılaştırılmıştır.

Bursa, Kocaeli, Sakarya ve Yalova istasyonlarında I_{DM} indeksi ile I_P ve HTC indeksleri farklı kategoride yer almıştır. Çanakkale, Edirne, İstanbul, Kırklareli ve Tekirdağ istasyonları üç indeks için de aynı sonuçları elde etmiştir.

Tablo 4.41: I_{DM} , I_p ve HTC kuraklık indekslerine göre Marmara Bölgesi'nin yıllık karakteristiği (1950-2019)

	Yıllık		
	I_{DM}	I_p	HTC
Balıkesir	ODK	K	K
Bilecik	ODK	K	K
Bursa	ODN	K	K
Çanakkale	YK	K	K
Edirne	YK	K	K
İstanbul	YK	K	K
Kırklareli	YK	K	K
Kocaeli	ODN	ODK	K
Sakarya	ODN	YK	K
Tekirdağ	YK	K	K
Yalova	ODN	K	K

Marmara Bölgesinde kurak ayların varlığını değerlendirmek için De Martonne Kuraklık İndeksi kullanmıştır (Tablo 4.42). En kurak aylar temmuz ve ağustos ayları olduğu saptanmıştır. Mayıs ayında tüm istasyonlarda aynı sonuçları gözlenmiştir. En kurak istasyon 9 ay boyunca kurak durumun yaşandığı Bilecik' tir. Bilecik dışında tüm istasyonlarda kasım-mart ayları arasında nemli durumlar yaşanmıştır.

Tablo 4.42: De Martonne Kuraklık İndeksine göre Marmara Bölgesi'nin aylık karakteristiği (1950-2019)

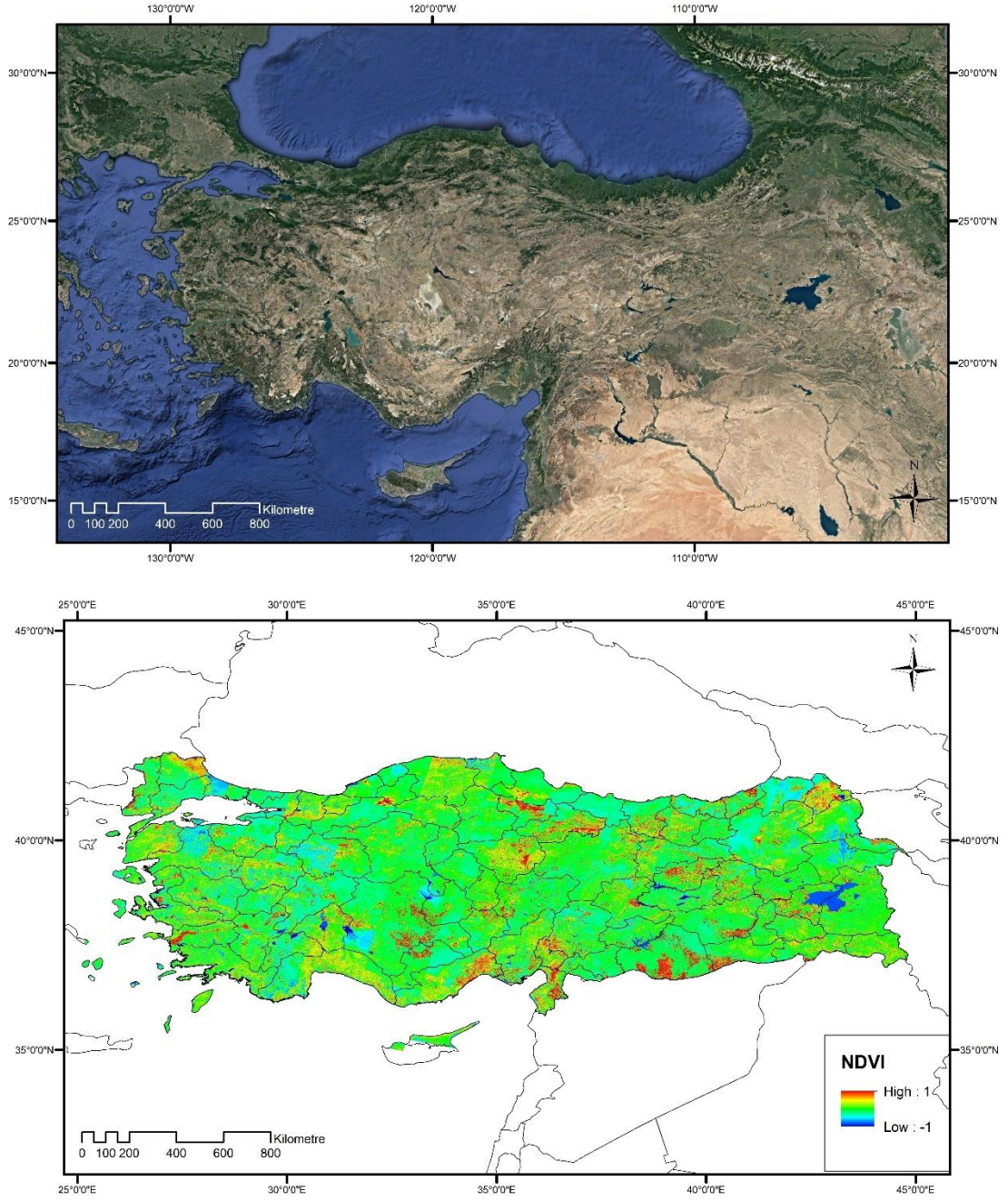
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	I_M											
Balıkesir	ÇN	N	YN	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODN	ÇN
Bilecik	ODN	YN	YK	ODK	K	K	ÇK	ÇK	ÇK	K	ODK	ODN
Bursa	ÇN	N	ODN	YK	K	K	ÇK	ÇK	K	YK	ODN	ÇN
Çanakkale	ÇN	N	ODN	ODK	K	ÇK	ÇK	ÇK	ÇK	ODK	ODN	ÇN
Edirne	ÇN	ODN	YN	ODK	K	K	K	ÇK	K	ODK	ODN	N
İstanbul	ÇN	N	ODN	ODK	K	K	ÇK	ÇK	K	YK	ODN	ÇN
Kırklareli	ÇN	ODN	YN	ODK	K	K	K	ÇK	K	ODK	ODN	N
Kocaeli	ÇN	N	ODN	ODK	K	K	K	K	K	ODN	ODN	ÇN
Sakarya	ÇN	N	ODN	YK	K	ODK	K	K	K	YN	ODN	ÇN
Tekirdağ	N	ODN	YN	K	K	K	ÇK	ÇK	K	YK	ODN	N
Yalova	ÇN	N	ODN	ODK	K	K	ÇK	K	K	YN	ODN	ÇN

4.3 Tarımsal Kuraklık Analizi

Farklı ekosistemler içerisinde yaşayan bitkiler farklı sezonlarda ve düzeylerde yaşamsal aktivite devam ettirirler. Türkiye, coğrafi konumu ve morfolojik özelliklerinden dolayı ekosistem çeşitliliğine sahiptir. Fakat insan faaliyetlerinden kaynaklı doğal peyzaj üzerinde değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Bu durum Türkiye'deki bitki örtüsünün hem dağılışı hem de niteliksel ve niceliksel durumu üzerinde etkili olur. Geniş bir alanda böylesine karmaşık yapılarıdaki vejetasyonun izlenmesi için bitkilerin nerede ve ne zaman yüksek ya da düşük yaşamsal aktivite gösterdiklerinin tespit edilmesi önemlidir (Göksu ve diğ., 2015). Bu durumun Türkiye ölçeğinde izlenebilmesi için 2019 yılına ait Landsat-8 uydusu verileri kullanılarak NDVI değerlerinden yararlanılmıştır.

NDVI değer aralığı -1 ile +1 arasındadır. Eksi değerler sulak veya buzul alanları gösterirken +1 yakın değerler ise bitki örtüsü yoğunluğu ve çeşitliliğinin arttığı alanları göstermektedir.

Şekil 4.22'de Türkiye'nin 19.08.2019 – 30.08.2019 tarihindeki NDVI sonuçları ve bölgenin Google Earth'deki görüntüsü verilmiştir. Sonuçlara göre yeşil alanlar yıl içerisinde biyolojik aktivitenin çok değişken olduğu alanları temsil etmektedir. Mavi alanlar ise gölleri temsil etmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesinde kuraklığın olduğu tespit edilmiştir.

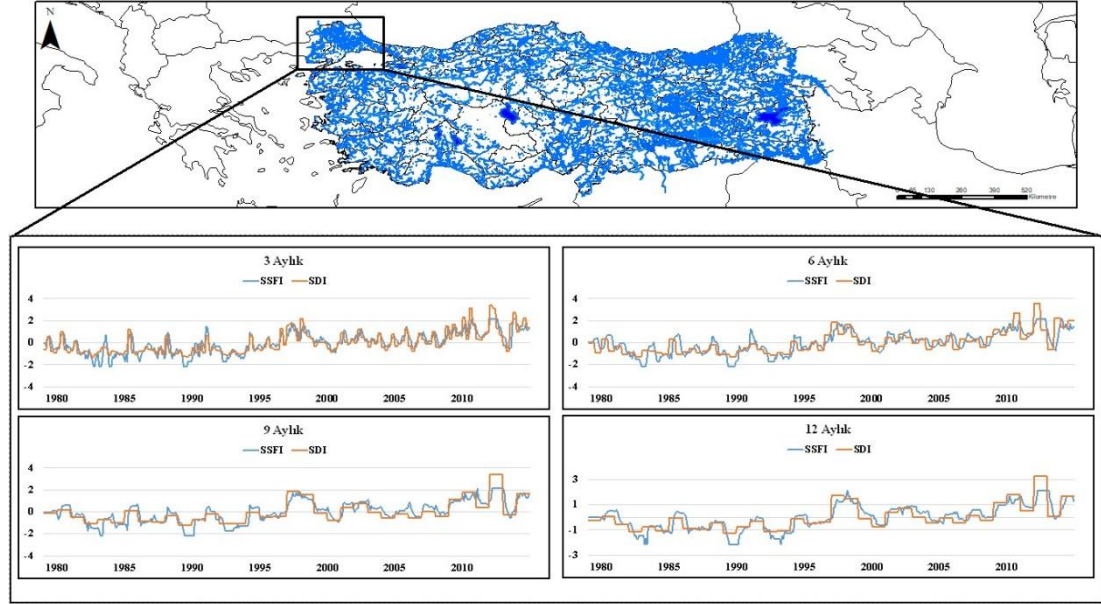


Şekil 4.22: Türkiye'nin Google Earth ve NDVI sonucu görüntüsü

4.4 Hidrolojik Kuraklık Analizi

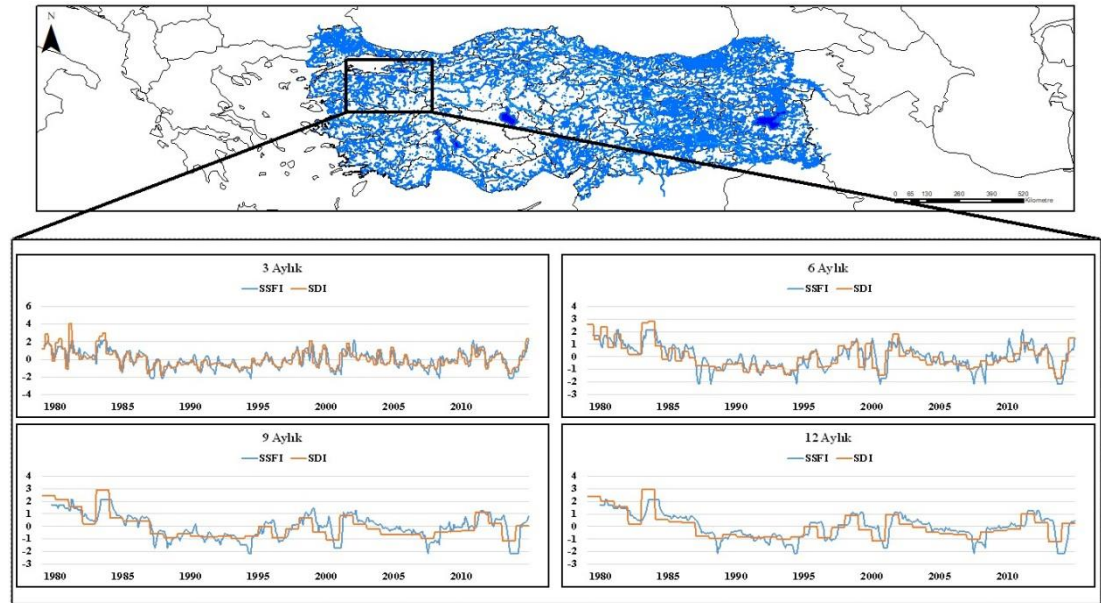
10 akım gözlem istasyonuna ait akım verileri kullanılarak Standartlaştırılmış Akım Kuraklık İndeksi (SSFI) ve Akım Kuraklık İndeksi (SDI) 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman serisine göre hidrolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Tüm AGİ lerde 3'ten 12 aylığa gidildikçe sıklıklar azalmıştır.

Şekil 4.23'e bakıldığında istasyonun SSFI ye göre 1983-1985 ve 1989-1991 yılları arasında maksimum kuraklık meydana gelmiştir. SSFI ve SDI indekslerine göre 1997-2000 ve 2009-2013 yılları arasında maksimum akış gerçekleşmiştir.



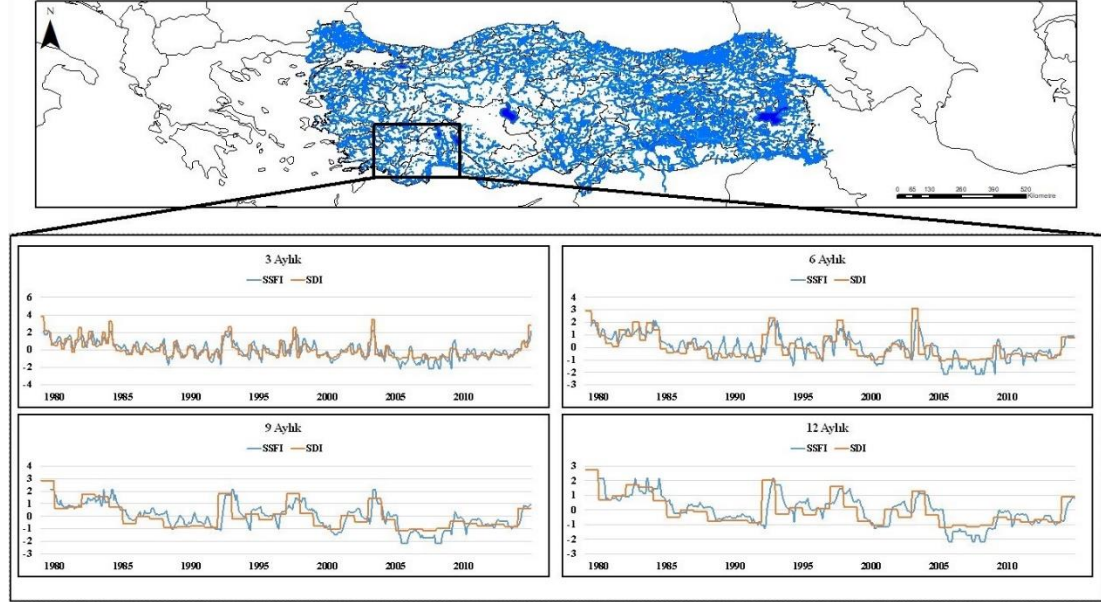
Şekil 4.23: D01A008'de zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması

Şekil 4.24'e göre SSFI ve SDI indeksleri birbiriyle tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Maksimum akış 3 aylık SDI indeksinde bulunmuştur. SSFI indeksine göre istasyonda kuraklık gözlenmemiştir. SDI ya göre hafif kuraklık gözlenmiştir.



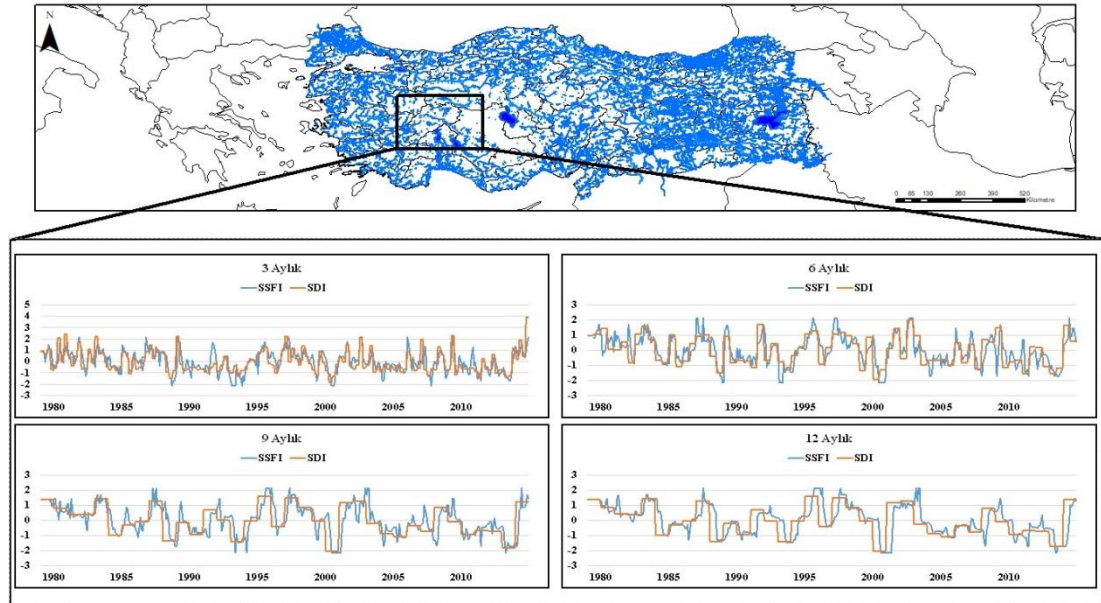
Şekil 4.24: D03A020'de zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması

Şekil 4.25'e bakıldığında SSFI indeksinde 2006-2009 yılları arasında aşırı kurak durum gözlenmiştir. SDI indeksine göre istasyon frekans analizine göre hafif kurak olarak saptanmıştır. 3 aylık frekansta maksimum SDI değerine ulaşılmıştır.



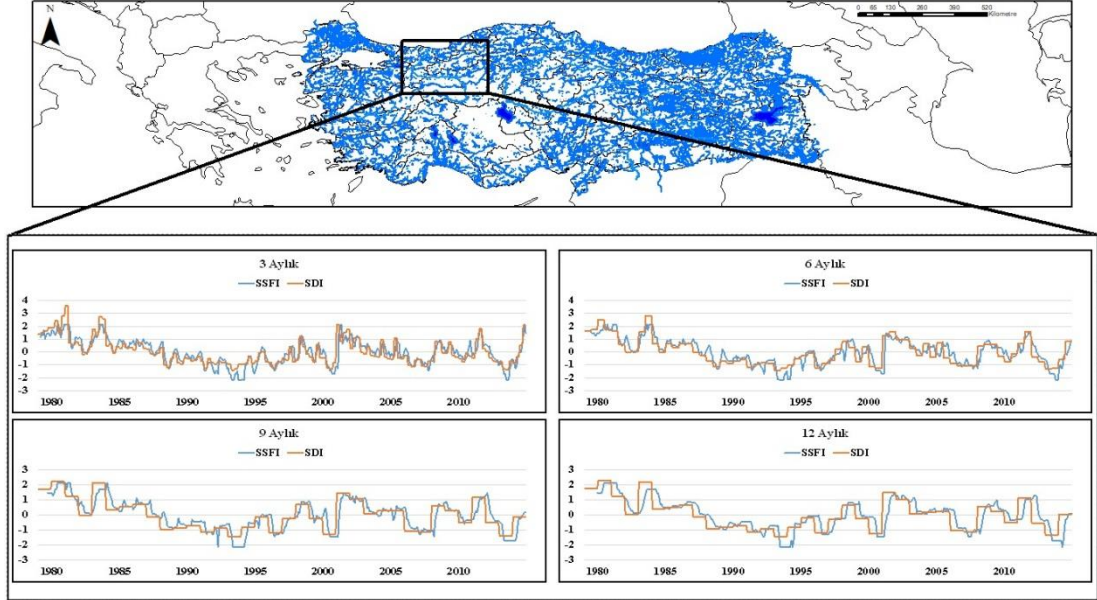
Şekil 4.25: D10A027'de zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması

Şekil 4.26 incelendiğinde iki indekste de aynı artış ve azalış gözlenmiştir. SDI indeksinin 9 ve 12 aylık frekanslarında aşırı kuraklık gözlenmiştir. Bu durum SSFI indeksinde tüm aylık frekanslarda gözlenmiştir.



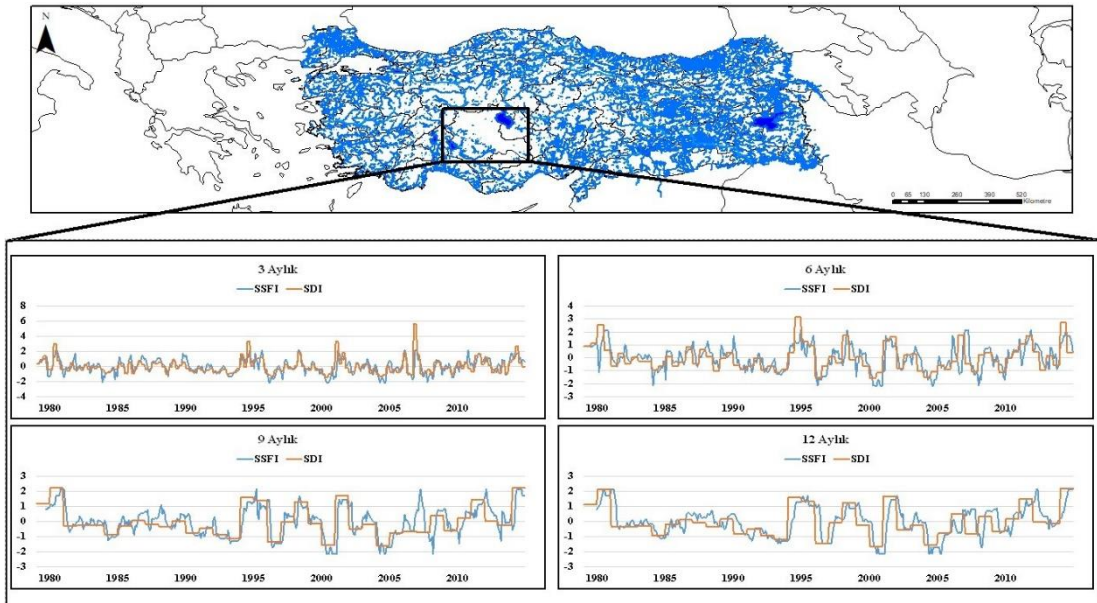
Şekil 4.26: D11A015'te zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması

SDI indeksinin 6, 9 ve 12 aylık frekanslarına hafif kuraklık hakimken, 3 aylık frekansta kuraklık yok durumu gözlenmiştir. SSFI indeksinde tüm aylık frekanslarda kuraklık yok durumu hakim olarak gözlenmiştir (Şekil 4.27).



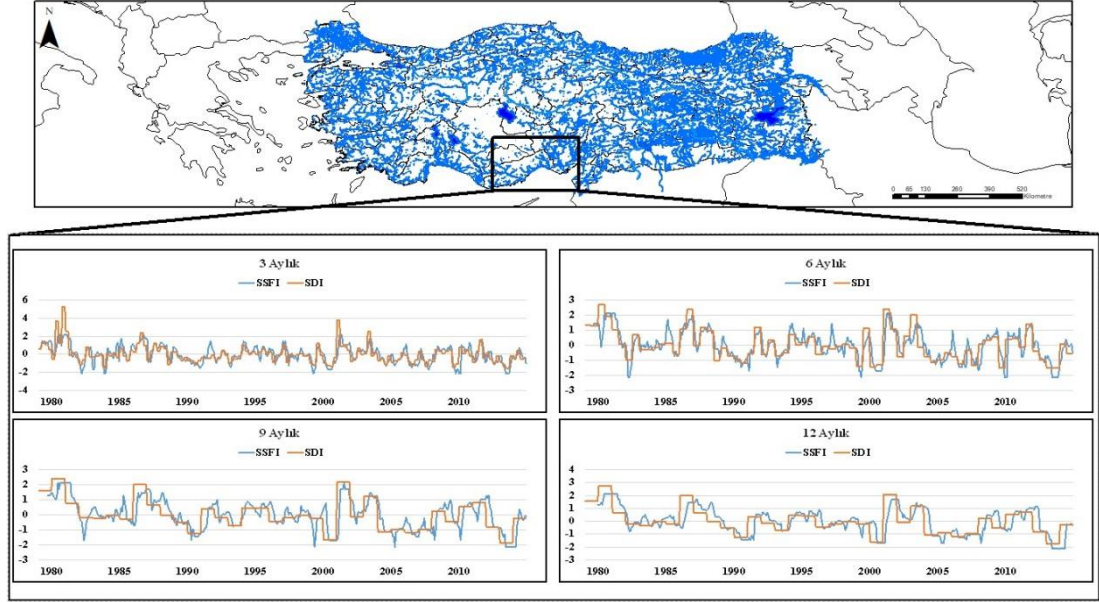
Şekil 4.27: D12A033'te zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması

D16A101 istasyonu incelenen istasyonlar arasındaki en kurak istasyondur. 3 aylık SDI indeksinde maksimum akış gözlenmiştir. İndeksler aynı zamanlarda artış ve azalış gözlenmiştir (Şekil 4.28).



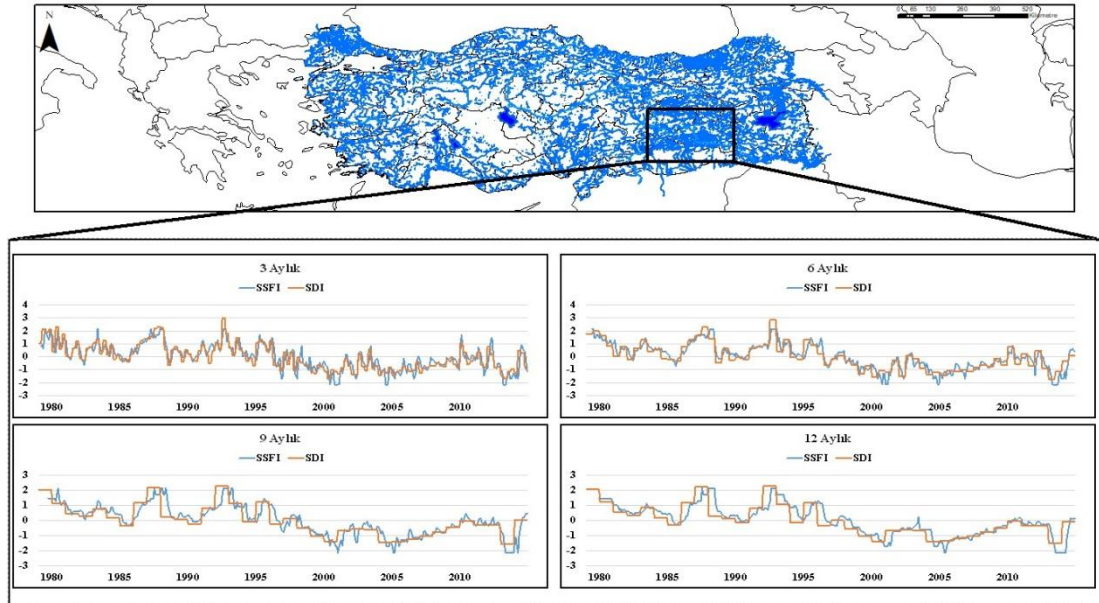
Şekil 4.28: D16A101'de zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması

D17A016 istasyonda diğer istasyonlarla da kıyaslandığında 3 aylık SDI indeksinde maksimum akış gözlenmiştir. SSFI indeksinde diğer indeksler ile aynı sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.29).



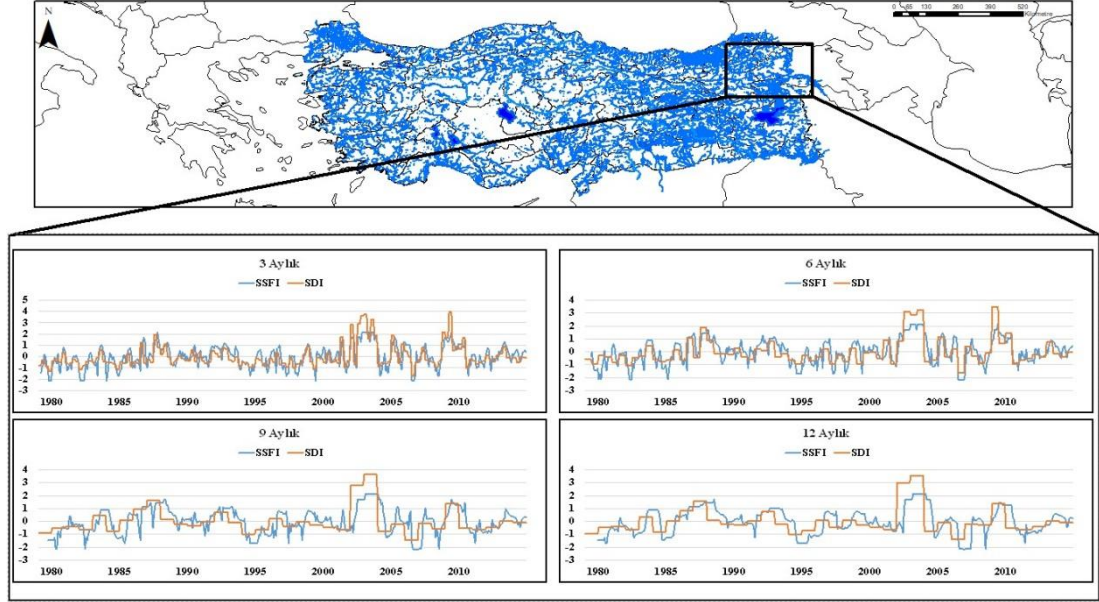
Şekil 4.29: D17A016'de zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması

Şekil 4.30'a göre indeksler birbiri ile uyumlu sonuçlar vermiştir. SDI indeksine göre istasyonda kuraklık yok durumu gözlenmiştir. SSFI ye göre hafif kurak durum gözlenmiştir.



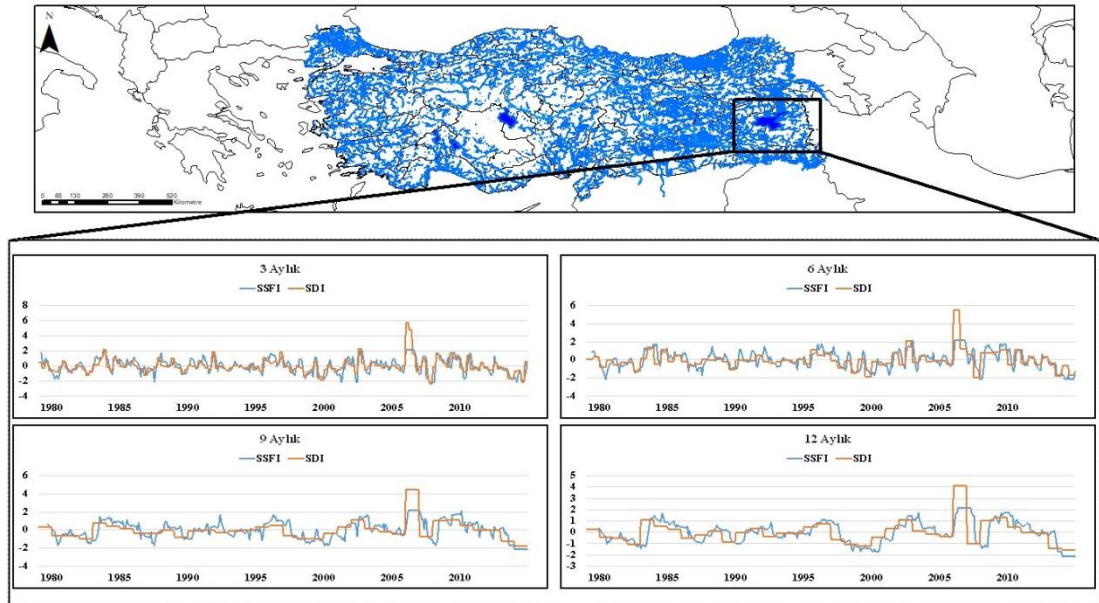
Şekil 4.30: D21A096'da zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması

Şekil 4.31'e bakıldığında SDI indeksinde akışlar fazla iken, SSFI indeksinde akış daha az gözlenmiştir. Diğer istasyonlara göre D24A018 istasyon SDI indeksinde en fazla hafif kuraklığın gözleendiği istasyondur.



Şekil 4.31: D24A018'de zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması

2005 yılı sonu ve 2007 yılı başına kadar SDI indeksinde maksimum akış gözlenmiştir. Minimum akış ise SSFI indeksinin 2007 yılı sonu ve 2008 yılı sonu arasında yaşanmıştır (Şekil 4.32).



Şekil 4.32: D25A013'te zaman serisine göre SSFI ve SDI'nin karşılaştırılması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kuraklık, her geçen gün daha geniş bir alanda başta çölleşme, kıtlık ve su tehlikesi şeklinde kendini göstermektedir.

Bu çalışmada Türkiye'nin 81 meteoroloji istasyonunda meteorolojik kuraklık indeksleri hesaplanmıştır. Türkiye geneli için tarımsal kuraklık hesabı için 19.08.2019 – 30.08.2019 yılına ait 63 adet Landsat-8 uydu verileri kullanılmıştır. 10 akım gözlem istasyonu üzerinden ise hidrolojik kuraklık hesaplanmıştır.

WASP, SPI, CZI ve ZSI indekslerinin benzer sonuçlar saptanmıştır. Bu sonuç indekslerin birbirinden türemesinden kaynaklanmaktadır. Ondalık Kuraklık İndeksine (DI) göre genel olarak temmuz ve ağustos aylarında normalin çok altında yağışlar meydana gelmiştir. PCI indeksine göre yazın yüksek yağış konsantrasyonunun en fazla yaşandığı bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir. Kışın en fazla düşük yağış konsantrasyonunun yaşandığı bölge ise Doğu Anadolu Bölgesi'dir.

EDDI indeksine göre neredeyse tüm bölgelerde seviye 0'ın hâkim olduğu ay aralık olurken, seviye 4'ün hâkim olduğu ay temmuz ayı olarak saptanmıştır.

RDI ve SPEI sonuçlarına göre 1 aylık değerlerin sıklıkları ile 12 aylık değerlerin sıklıkları farklılık göstermiştir. Çoğunlukla indeksler birbiriyle benzer sonuçlar elde edilmiştir. İki indeksin değerleri normal durum aralıklarında bulunmuştur.

I_p ve HTC kuraklık indeksleri benzer sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar tüm bölgelerin yıllık sonuçlarının kurak durumda olduğunu göstermiştir. I_{DM} indeksinin yıllık sonuçları diğer iki indeksten çoğunlukla farklı çıkmıştır. I_{DM} indeksinin aylık sonuçlarına göre ise tüm bölgelerde temmuz-eylül aylarında kurak durum gözlenmiştir. Rize istasyonunu en nemli istasyon olarak saptanmıştır.

Sürdürülebilir çevre ve doğal kaynak yönetimi çerçevesinde alınacak kararlarda, insan faaliyetleri ile doğal süreçler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak için bitki örtüsü değişikliklerinin gözlemlenmesi ve değerlendirilmesi oldukça

önemlidir. Yapılan analizler hem vejetasyonun niteliğinin hem de yükselti faktörünün bitki aktivitesi üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu yüzden de NDVI kuraklık indeksi Türkiye için uygulanmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesinde kuraklığın olduğu tespit edilmiştir.

Standartlaştırılmış Akım Kuraklık İndeksi (SSFI) ve Akım Kuraklık İndeksi (SDI) sonuçlarına göre SDI indeksinde daha fazla akış gözlenmiştir. Fakat SSFI indeksine göre istasyonda kuraklık yok iken, SDI ya göre hafif kuraklık gözlenmiştir. İndekslerde aynı zamanlarda artış ve azalış gözlenmiştir.

Türkiye için uygulanan bu çalışmada, PCI indeksi sadece yağışın durumunu tespit ettiği için yeterli bir indeks değildir. Fakat indeks gelecek yağışın durumunu tespit etmemiz için tercih edilebilir. RAI ve PNPI indekslerine bakılarak tüm bölgelerin kurak olduğu söylenebilir. Bu da indekslerin Türkiye için kullanımının mantıklı olmayacağını vurgulamaktadır. WASP, CZI ve ZSI indeksleri SPI indeksinden türediği için benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu indekslerin sonucuna göre Türkiye normal kategoride yer almaktadır. Ondalık Kuraklık İndeksine göre ise sonuçlar haziran-ağustos aylarında yağışın az olduğunu doğrulamıştır. Fakat indeks sadece yağış hakkında bilgi vermektedir. Bu yüzden de gelecek yağış durumu hakkında bilgi edinmemize yardımcı olabilir. Genel olarak yağışa dayalı indeksler sadece yağış verileri ile elde edildiği için tam olarak kuraklığı temsil ettiği söylenemez.

Sadece Potansiyel evapotranspirasyon değerlerini kullanan EDDI indeksi için ise PET hesaplaması için birçok yöntem (Blaney-Criddle, Hargreaves, Penman-Monteith, Thornthwaite vs.) kullanılabilmesinden kaynaklı farklı sonuçlar elde edilebilir. Bu yüzden de her yöntem de farklı bir sonuç ortaya çıkmaktadır.

Farklı zaman ölçeklerinde elde edilebildiği için SPEI ve RDI indeksleri kuraklığın kısa ve uzun dönemlerdeki durumu incelemek için uygun indekslerdendir. Ayrıca indeksler hem yağış verilerini hem de potansiyel evapotranspirasyon verileri dolayısıyla sıcaklık verilerini kullandığı için birçok parametreden etkilenen kuraklığı temsil eden indekslerdendir.

Hem sıcaklık hem de yağış verilerini kullanan DMAI, I_p ve HTC indeksleri ile Türkiye'nin yıllık özellikleri incelenmektedir. DMAI indeksi ayrıca aylık olarak incelendiği için istasyonlar hakkında detaylı bilgi edinmemizi sağlamaktadır. Tüm bölgeler incelendiğinde en hassas olan bölgeler Akdeniz Bölgesi, Ege Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi'dir.

Araştırmacılar tarafından, su kaynakları ve tarımsal açıdan önemli olan çalışma bölgesinde kuraklığın mekânsal analizinin yapılması ve kuraklığın etkilediği bölgelerin tespiti ile ilgili çalışmalar yapılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

Acharya, M., Shukla, S. H. and Kalubarme, M. H., “Monitoring Drought and its impact on Agriculture using Drought Indices and Geo-informatics Technology in Patan District, Gujarat”, *Int. J. Environ. Geoinformatics*, 6(2), 153–162, (2019).

Adisa, O. M., Masinde, M. and Botai, J. O., “Assessment of the dissimilarities of EDI and SPI measures for drought determination in South Africa”, *Water (Switzerland)*, 13(1), 82, (2021).

Adnan, S., Ullah, K., Shuanglin, L., Gao, S., Khan A. H. and Mahmood, R., “Comparison of various drought indices to monitor drought status in Pakistan”, *Clim. Dyn*, 51, 1885–1899, (2018).

Afzali, A., Keshtkar, H., Pakzad, S., Moazami, N., Azizabadi Farahani, E., Golpaygani, A., Khosrojerdi, E., Yousefi, Z., TaghiNaghilou, M., “Spatio-Temporal Analysis of Drought Severity Using Drought Indices and Deterministic and Geostatistical Methods (Case Study: Zayandehroud River Basin)”, *Desert (Biaban)*, 21(2), 165–172 (2016).

Akşan., G. N. and Güner Bacanlı, Ü., “SPEI ve RDI Kuraklık İndeksi Yöntemleri ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Kuraklık Analizi”, *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar ve Yenilikçi Çalışmalar Sempozyumu (ISSRIS'21)*, Balıkesir, Türkiye, (2021).

Akşan., G. N. and Güner Bacanlı, Ü., “SPEI Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) Yöntemi ile İç Anadolu Bölgesinde Kuraklık Analizi”, *10. Hidroloji Kongresi*, Muğla, Türkiye, (2019).

Akşan., G. N. and Güner Bacanlı, Ü., “Yağışa Dayalı Kuraklık İndeksleri ile İç Anadolu Bölgesinde Kuraklık Analizi”, *III. Uluslararası New York Kültürel Etkileşim ve Akademik Çalışmalar Kongresi*, New York, ABD, (2021).

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., “Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements”, *FAO Drainage and Irrigation Paper 56*, Food and Agriculture Organization, Rome, (1998).

Alley, W. M., “The Palmer drought severity index: limitations and applications”, *J. Appl. Meteorol.*, 23(7), 1100-1109, (1984).

Baltaş, E., “Spatial distribution of climatic indices in northern Greece”, *Meteorol. Appl.*, 14(1), 69–78, (2007).

Banimahd, S. A. and Khalili, D., “Factors Influencing Markov Chains Predictability Characteristics, Utilizing SPI, RDI, EDI and SPEI Drought Indices in Different Climatic Zones”, *Water Resour. Manag.*, 27, 3911–3928, (2013).

Barua, S., Ng, A. W. M. and Perera, B. J. C., “Comparative Evaluation of Drought Indexes: Case Study on the Yarra River Catchment in Australia”, *J. Water Resour. Plann. Manag.*, 137(2), 215–226, (2011).

Beguería, S., Vicente-Serrano, S. M., Reig, F. and Latorre, B., “Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: Parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring”, *Int. J. Clim.*, 34(10), 3001–3023, (2014).

Box, E. O., Holben, B. N. and Kalb, V., “Accuracy of the AVHRR vegetation index as a predictor of biomass, primary productivity and net CO₂ flux”, *Vegetatio*, 80, 71–89, (1989).

Burton, I., Kates, R. W. and White, G. F., *The Environment as Hazard*, 2nd Edition 290, New York: The Guilford Press. (1993).

Byun, H. R. and Wilhite, D. A., “Objective quantification of drought severity and duration”, *J. Clim.*, 12(9), 2747–2756, (1999).

Caloiero, T., “SPI trend analysis of New Zealand applying the ITA technique”, *Geosci. J.*, 8(3), 101, (2018).

Cao, Z., Li, Y., Liu, Y., Chen, Y. and Wang, Y., “When and where did the Loess Plateau turn “green”? Analysis of the tendency and breakpoints of the normalized difference vegetation index”, *L. Degrad. Dev.*, 29(1), 162–175, (2018).

Costa, J. A. and Rodrigues, G. P., “Space-time distribution of rainfall anomaly index (RAI) for the Salgado Basin, Ceará State – Brazil”, *Ciência e Nat.*, 39(3), 627–634, (2017).

Çelik, M. A. and Gülersoy, A. E., “Climate classification and drought analysis of Mersin”, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(1), 1–26, (2018).

Çelik, M. A. ve Karabulut, M., “Uydu Tabanlı Kuraklık İndisi (SVI) Kullanılarak Yarı Kurak Akdeniz İkliminde (Kilis)Buğday Bitkisinin Kurak Koşullara Verdiği Tepkinin İncelenmesi”, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(1), 111–130, (2017).

Dabanlı, İ., “Türkiye’de İklim Değişikliğinin Yağış-Sıcaklığa Etkisi ve Kuraklık Analizi: Akarçay Örneği”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2017).

Dai, A., “Drought under global warming: A review”, *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change*, 2(1), 45–65, (2011).

Dai, A., “Increasing drought under global warming in observations and models”, *Nat. Clim. Chang.*, 3, 52–58, (2013).

De Luis, M., González-Hidalgo, J. C., Brunetti, M. and Longares, L. A., “Precipitation concentration changes in Spain 1946-2005”, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 1259–1265, (2011).

De Martonne, E. *Traité de géographie physique*, Vol. I: Notions generales, Climat, hydrographie. Geogr. Rev., Fransa, Paris, 336–337, (1925).

Deniz, A., Toros, H. and Incecik, S., “Spatial variations of climate indices in Turkey”, *Int. J. Clim.*, 31(3), 394–403, (2011).

Deo, R. C., Byun, H. R., Adamowski, J. F. and Begum, K., “Application of effective drought index for quantification of meteorological drought events: a case study in Australia”, *Theor. Appl. Climatol.*, 128, 359-379, (2017).

Derdous, O., Bouguerra, H., Tachi, S. E. and Bouamrane, A, “A monitoring of the spatial and temporal evolutions of aridity in northern Algeria”, *Theor. Appl. Clim.*, 142, 1191–1198, (2020).

Dewes, C. F., Rangwala, I., Barsugli, J. J., Hobbins, M. T., and Kumar, S., “Drought risk assessment under climate change is sensitive to methodological choices for the estimation of evaporative demand”, *PLoS One*, 12(3), e0174045, (2017).

Doğan, S., Berktaş, A. and Singh, V. P., “Comparison of multi-monthly rainfall-based drought severity indices, with application to semi-arid Konya closed basin, Turkey”, *J. Hydrol.*, 470–471, 255–268, (2012).

Dracup, J. A., Lee, K. S. and Paulson, E. G., “On the statistical characteristics of drought events”, *Water Resour. Res.*, 16(2), 289–296, (1980).

Dubrovsky, M., Svoboda, M. D., Trnka, M. J., Hayes, M. J., Wilhite, D. A., Zalud, Z. and Hlavinka, P., “Application of relative drought indices in assessing climatechange impacts on drought conditions in Czechia”, *Theor. Appl. Climatol.*, 96, 155–171, (2009).

Duran, C., “Uzaktan Algılama teknikleri ve Bitki Örtüsü Analizi”, *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü DOA Dergisi*, 3, 45-67, (2007).

Farajzadeh, M., Nikeghbal, M., Rafati, S., and Adab, H., “Meteorological Drought Monitoring based on an efficient index, using Geostatistical analyst in Ghare Aghaj watershed, Iran”, in *01st International Conference on Water Crisis* 1, 1–18, (2009).

Freitas, M. A. S., “Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas”, *Rev. Tecnol.*, 19(1) , 84–95, (2005).

Gandhi, F. R. and Parekh, F. P., “Assessment of Drought Using Standard Precipitation Index and Rainfall Deciles: A Case Study of Patan District Fenil”, *VIER J. Eng. Res.*, 1–7, (2017).

Gibbs, W. J., Maher, J. V., “Rainfall Deciles as Drought Indicators”, *Bureau of Meteorology, Bulletin No. 48*, Melbourne, Australia, (1967).

Göksu, A., Karabulut, G., Karakoç, M., “Türkiye’de Bitki Örtüsünün Spot Vegetation Verileri ile İncelenmesi”, *Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi*, 55–65, (2015).

Gönenç, A., “Uydu Görüntüleri Kullanılarak NDVI ve RVI Bitki Örtüsü İndekslerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Diyarbakır, (2019).

Gümüş, V. and Algın, H. M., “Meteorological and hydrological drought analysis of the Seyhan–Ceyhan River Basins, Turkey”, *Meteorol. Appl.*, 24(1), 62–73, (2017).

Güner Bacanlı, Ü. and Akşan, G. N., “Drought Analysis with Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) in Marmara Region, Turkey”, *11th World Congress on Water Resources and Environment (EWRA 2019)*, Madrid, İspanya, (2019).

Güner Bacanlı, Ü., Dikbaş F. and Baran T., “Meteorological Drought Analysis Case Study, Central Anatolia”, *Desalin. Water Treat.*, 26(1-3), 1-10, (2011).

Güner Bacanlı, Ü. and Akşan, G. N., “Drought analysis in Mediterranean Region”, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 25(6), 665-671, (2019).

Güner Bacanlı, Ü., “Trend analysis of precipitation and drought in the Aegean region, Turkey”, *Meteorol. Appl.*, 24(2), 239–249, (2017).

Güner Bacanlı, Ü., Baran T. and Dikbaş F., “Paylaştırılmış entropi kavramının kuraklık ölçütü olarak kullanılabilirliği”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(3), 232-237, (2017).

Hargreaves, G. H., “Moisture availability and crop production”, *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers ASAE*, 18(5), 980–984, (1975).

Hayes, M., Svoboda M., W. N. and W. M., “The Lincoln declaration on drought indices: universal meteorological drought index recommended”, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 92(4), 485–488, (2011).

Heim, R., “A review of twentieth-century drought indices used in the United States”, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 83(8), 1149–1165, (2002).

Hobbins, M. T., Wood, A., McEvoy, D. J., Huntington, J. L., Morton, C., Anderson, M. and Hain C., “The evaporative demand drought index. Part I: Linking drought evolution to variations in evaporative demand”, *J. Hydrometeorol.*, 17(6), 1745–1761, (2016).

<https://earthexplorer.usgs.gov/> [online] (3 December 2020).

Jain, V. K., Pandey, R. P., Jain, M. K. and Byun, H. R., “Comparison of drought indices for appraisal of drought characteristics in the Ken River Basin”, *Weather Clim. Extrem.*, 8, 1–11, (2015).

Javid, K., Akram, M. A. N., Ranjha, M. M. and Pervaiz, S., “GIS-based assessment of aridity over Punjab Province, Pakistan, by using climatic indices”, *Arab. J. Geosci.*, 13, 289, (2020).

Kandemir, E., “Uzaktan algılama tekniğinde NDVI değerleri ile doğal bitki örtüsü tür dağılımı arasındaki ilişkilerin belirlenmesi üzerine araştırmalar”,

Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, İzmir, (2010).

Karl, T. R., “The sensitivity of the Palmer drought severity index and the Palmer z-index to their calibration coefficients including potential evapotranspiration”, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25(1), 77–86, (1986).

Kendall, M. G. and Stuart, A., *The Advanced Theory of Statistics*, Charles Griffin & Company, London, High Wycombe, (1963).

Keyantash, J. and Dracup, J. A., “The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices”, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 83(8), 1167–1180, (2002).

Khan, S., Gabriel, H. F. and Rana, T., “Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas”, *Irrig. Drain. Syst.*, 22, 159–177, (2008).

Kim, D. W., Byun, H. R., Choi, K. S. and Oh, S. B., “A spatiotemporal analysis of historical droughts in Korea”, *J. Appl. Meteorol. Climatol.*, 50(9), 1895–1912, (2011).

Köppen, W., “Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle)”, *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 64, 193-203, (1918).

Lana, X. and Burgueño, A., “Statistical distribution and spectral analysis of rainfall anomalies for Barcelona (NE Spain)”, *Theor. Appl. Clim.*, 66(3-4), 211–227, (2000).

Li, S., Xiong, L., Dong, L., Zhang, J., “Effects of the Three Gorges Reservoir on the hydrological droughts at the downstream Yichang station during 2003–2011”, *Hydrol. Process.*, 27(26), 3981–3993, (2013).

Lyon, B., “The strength of El Niño and the spatial extent of tropical drought”, *Geophys. Res. Lett.*, 31(21), 1–4 (2004).

Mahmoudi, P., Rigi, A. and Miri Kamak, M., “A comparative study of precipitation-based drought indices with the aim of selecting the best index for drought monitoring in Iran”, *Theor. Appl. Clim.*, 137(3-4), 3123–3138, (2019).

Martins, D. S., Raziei, T., Paulo, A. A. and Pereira, L. S., “Spatial and temporal variability of precipitation and drought in Portugal”, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12(5), 1493–1501, (2012).

Mashari Eshghabad, S., Omidvar, E., Solaimani, K., “Efficiency of Some Meteorological Drought Indices in Different Time Scales (Case Study: Tajan Basin, Iran)”, *Ecopersia*, 2(1), 441–453, (2014).

Masoudi, M. and Hakimi, S., “A new model for vulnerability assessment of drought in Iran using Percent of Normal Precipitation Index (PNPI)”, *Iran. J. Sci. Technol. Trans. Civ. Eng.*, 38(4), 435–440, (2014).

McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J., “The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology”, in *Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim, California, 179–184, (1993).

Michiels, P., Gabriels, D. and Hartmann, R., “Using the seasonal and temporal Precipitation concentration index for characterizing the monthly rainfall distribution in Spain”, *Catena*, 19(1), 43–58, (1992).

Mishra, A. K., and Singh, V. P., “A review of drought concepts”, *J. Hydrol.*, 391(1-2), 202–2016, (2011).

Modarres, R., “Streamflow drought time series forecasting”, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 21, 223–233, (2007).

Morid, S., Smakhtin, V. and Bagherzadeh, K., “Drought forecasting using artificial neural networks and time series of drought indices”, *Int. J. Clim.*, 27(15), 2103–2111, (2007).

Morid, S., Smakhtin, V. and Moghaddasi, M., “Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran”, *Int. J. Clim.*, 26(7), 971–985, (2006).

Muhire, I. and Ahmed, F., “Spatiotemporal trends in mean temperatures and aridity index over Rwanda”, *Theor. Appl. Clim.*, 123(1-2), 399–414, (2016).

Nalbantis, I., “Evaluation of a hydrological drought index”, *European Water*, 23(24), 67–77, (2008).

Oliver, J. E., “Monthly precipitation distribution: A comparative index”, *Prof. Geogr.*, 32(3), 300–309, (1980).

Özfidaner, M., “Türkiye Ölçeğinde Yağış ve Akım Kuraklık İndeksi ile Kuraklık Analizi ve Kurak Olma Olasılıklarının Belirlenmesi”, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana, (2020).

Pandey, R. P., Dash, B. B., Mishra, S. K. and Singh, R., “Study of indices for drought characterization in KBK districts in Orissa (India)”, *Hydrol. Process.*, 22(12), 1895–1907, (2008).

Pei, Z., Fang, S., Wang, L. and Yang, W., “Comparative analysis of drought indicated by the SPI and SPEI at various timescales in inner Mongolia, China”, *Water (Switzerland)*, 12(7), 1925, (2020).

Qaisrani, Z. N., Nuthammachot, N., Techato, K. and Asadullah, “Drought monitoring based on Standardized Precipitation Index and Standardized Precipitation Evapotranspiration Index in the arid zone of Balochistan province, Pakistan”, *Arab. J. Geosci.*, 14(1), 11, (2021).

Rouse, J., Haas, R., Schell, J. and Deering, D., *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*, Proc. 3rd ERTS Symp. NASA SP-351, 309–317, (1974).

Salehnia, N., Alizadeh, A., Sanaeinejad, H., Bannayan, M., Zarrin A. and Hoogenboom, G., “Estimation of meteorological drought indices based on AgMERRA precipitation data and station-observed precipitation data”, *J. Arid Land*, 9(6), 797–809, (2017).

Salimi, H., Asadi, E. and Darbandi, S., “Meteorological and hydrological drought monitoring using several drought indices”, *Appl. Water Sci.*, 11(2), 1–10, (2021).

Selyaninov, G.T., *The nature and dynamics of the droughts. Droughts in the USSR, their nature, recurrences and impact on crops yields (in Russian)*, Gidrometeoizdat, Leningrad, 5–30, (1958).

Shahabfar, A., Ghulam, A. and Eitzinger, J., “Drought monitoring in Iran using the perpendicular drought indices”, *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 18(1), 119–127, (2012).

Sheffield, J., Wood, E. F. and Roderick, M. L., “Little change in global drought over the past 60 years”, *Nature*, 491, 435–438, (2012).

Sırdaş, S. ve Şen, Z., “Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması”, *İTÜDERGİSİ/d*, 2, 95–103, (2003).

Smakhtin, V. U. and Hughes, D. A., “Automated estimation and analyses of meteorological drought characteristics from monthly rainfall data”, *Environ. Modell. Software*, 22(6), 880–890, (2007).

Surendran, U., Kumar, V., Ramasubramoniam, S. and Raja, P., “Development of Drought Indices for Semi-Arid Region Using Drought Indices Calculator (DrinC) – A Case Study from Madurai District, a Semi-Arid Region in India”, *Water Resour. Manag.*, 31(11), 3593–3605, (2017).

Svoboda, M. D. and Fuchs, B. A., “Handbook of drought indicators and indices”, (eds: D. A. Wilhite and R. S. Pulwarty), *Drought and Water Crises. Integrating Science, Management, and Policy*, Second Edition, Boca Raton: Taylor & Francis Group, 155–207, (2017).

Tabari, H., Nikbakht, J. and Hosseinzadeh Talaei, P., “Hydrological Drought Assessment in Northwestern Iran Based on Streamflow Drought Index (SDI)”, *Water Resour. Manag.*, 27(1), 137–151, (2013).

Telesca, L., Lovullo, M., Lopez-moreno, I. and Vicente-serrano, S., “Investigation of scaling properties in monthly streamflow and Standardized Streamflow Index (SSI) time series in the Ebro basin (Spain)”, *Physica A*, 391(4), 1662–1678, (2012).

Thornthwaite, C. W., “An Approach toward a Rational Classification of Climate”, *Geographical Review*, 38(1), 55–94, (1948).

Tigkas, D., Vangelis, H. and Tsakiris, G., “The Drought Indices Calculator (DrinC)”, *Proceedings of 8th International Conference of EWRA ‘Water Resources Management in an Interdisciplinary and Changing Context’*, 1333–1342, (2013).

Thom, H.C.S., *Some Methods of Climatological Analysis*. WMO Technical Note, No. 81, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 63, (1966).

Tsakiris, G. and Vangelis, H., “Establishing a drought index incorporating evapotranspiration”, *Eur. Water*, 9(10), 3–11, (2005).

Tsakiris, G. and Vangelis, H., “Towards a drought watch system based on spatial SPI,” *Water Resour. Manage.*, 18(1), 1–12, (2004).

Tsakiris, G., Pangalou, D. and Vangelis, H., “Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI)”, *Water Resour. Manag.*, 21(5), 821–833, (2007).

Valiente, Ó. M., “Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación”, *Investig. Geográficas*, 26, 59–80, (2001).

Van-Rooy, M., “A rainfall anomaly index independent of time and space”, *Notos*, 14, 43–48, (1965).

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S. and López-Moreno, J. I., “Comment on Characteristics and trends in various forms of the Palmer Drought Severity Index (PDSI) during 1900-2008 by Aiguo Dai”, *J. Geophys. Res. D: Atmos.*, 116, D19112, (2011).

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., López-Moreno, J. I., Angulo, M. and El Kenawy, A., “A new global 0.5° gridded dataset (1901-2006) of a multiscalar drought index: Comparison with current drought index datasets based on the palmer drought severity index”, *J. Hydrometeorol.*, 11(4), 1033–1043, (2010).

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., Lorenzo-Lacruz, J., Camarero, J. J., López-Moreno, J. I., Azorin-Molina, C., Revuelto, J., Morán-Tejeda, E. and Sanchez-Lorenzo, A., “Performance of drought indices for ecological, agricultural, and hydrological applications”, *Earth Interact.*, 16(10), 1–27, (2012).

Vicente-Serrano, S. M., Lopez-Moreno, J. I., Beguería, S., Lorenzo-Lacruz, J., Sanchez-Lorenzo, A., García-Ruiz, J. M., Azorin-Molina, C., Morán-Tejeda, E., Revuelto, J., Trigo, R., Coelho, F. and Espejo, F., “Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in southern Europe”, *Environ. Res. Lett.*, 9(4), 044001 (2014).

Vicente-Serrano, S. M., McVicar, T. R., Miralles, D. G., Yang, Y. and Tomas-Burguera, M., “Unraveling the influence of atmospheric evaporative demand on drought and its response to climate change”, *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change*, 11(2), e632, (2020).

Vlăduț, A. Ștefania and Licurici, M., “Aridity conditions within the region of Oltenia (Romania) from 1961 to 2015”, *Theor. Appl. Clim.*, 140(1-2), 589–602, (2020).

Wable, P. S., Jha, M. K. and Shekhar, A., “Comparison of Drought Indices in a Semi-Arid River Basin of India”, *Water Resour. Manag.*, 33(1), 75–102, (2018).

Wang, W., Guo, B., Zhang, Y., Zhang, L., Ji, M., Xu, Y., Zhang, X., Zhang, Y., “The sensitivity of the SPEI to potential evapotranspiration and precipitation at multiple timescales on the Huang-Huai-Hai Plain, China”, *Theor. Appl. Climatol.*, 143, 87–99, (2021).

Werick, W. J., Willeke, G., Guttman, N. B., Hosking, J. R. M., and Wallis, J. R., “The National Drought Atlas Developed”, *EOS Trans. AGU*, 75(8), 89-90, (1994).

Wilhite, D. A., “Drought As a Natural Hazard: concepts and definitions”, (ed: D. A. Wilhite), *Drought: A Global Assessment*, London: Routledge, 3–18, (2000).

World Meteorological Organization (WMO), *Global ozone research and monitoring project Rep. No. 25*, World Meteorological Organisation, Geneva, Switzerland, (1992).

World Meteorological Organization (WMO), Press Release No. 2, available at: <https://www.wmo.int/media/content/2015-hottest-year-record> (last access: 3 February 2016), (2016).

Wu, H., Hayes, M. J., Weiss, A. and Hu, Q., “An evolution of the standardized precipitation index, the China-Z index and the statistical Z-score”, *Int. J. Clim.*, 21(6), 745–758, (2001).

Yao, N., Li, Y., Lei, T. and Peng, L., “Drought evolution, severity and trends in mainland China over 1961–2013”, *Sci. Total Environ.*, 616–617, 73–89, (2018).

Yengoh, T., G., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A., and Tucker III, C., *Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales*, Berlin, Germany: Springer, (2015).

Zambakas J., “General Climatology”, Department of Geology, National and Kapodistrian University of Athens: Athens, Greece, (1992).

Zarei, A. R., Moghimi, M. M. and Mahmoudi, M. R., “Analysis of Changes in Spatial Pattern of Drought Using RDI Index in south of Iran”, *Water Resour. Manag.*, 30(11), 3723–3743, (2016).

Zarei, A. R., Shabani, A. and Moghimi, M. M., “Accuracy Assessment of the SPEI, RDI and SPI Drought Indices in Regions of Iran with Different Climate Conditions”, *Pure Appl. Geophys.*, 178, 1387–1403, (2021).

EKLER

7. EKLER

EK A1: Tez kapsamında kullanılan meteoroloji istasyonları

Bölge	İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem ve Boylam	Rakım	Gözlem Aralığı (Yıl)
AKDENİZ BÖLGESİ	17351	Adana	37.00 ve 35.32	26 mt.	1950-2019
	17300	Antalya	36.88 ve 30.70	46 mt.	1950-2019
	17238	Burdur	37.46 ve 30.06	960 mt.	1950-2019
	17372	Hatay	36.40 ve 36.35	89 mt.	1950-2019
	17240	Isparta	37.76 ve 30.55	1058 mt.	1950-2019
	17255	Kahramanmaraş	37.58 ve 36.93	562 mt.	1950-2019
	17340	Mersin	36.80 ve 34.63	9 mt.	1950-2019
	17355	Osmaniye	37.21 ve 36.17	120 mt.	1986-2019
DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	17099	Ağrı	39.62 ve 43.02	1630 mt.	1950-2019
	17046	Ardahan	41.11 ve 42.70	1810 mt.	1950-2019
	17203	Bingöl	39.06 ve 40.77	1159 mt.	1950-2019
	17207	Bitlis	38.39 ve 42.12	1535 mt.	1950-2019
	17201	Elâzığ	38.68 ve 39.22	1070 mt.	1950-2019
	17094	Erzincan	39.75 ve 39.5	1215 mt.	1950-2019
	17096	Erzurum	39.90 ve 41.27	1900 mt.	1950-2019
	17285	Hakkâri	37.58 ve 43.73	1755 mt.	1951-2019
	17100	Iğdır	39.88 ve 44.00	860 mt.	1950-2019
	17097	Kars	40.61 ve 43.1	1755 mt.	1950-2019
	17199	Malatya	38.35 ve 38.31	966 mt.	1950-2019
	17204	Muş	38.94 ve 41.75	1335 mt.	1950-2019
	17165	Tunceli	39.31 ve 39.43	919 mt.	1950-2019
	17172	Van	38.49 ve 43.40	1727 mt.	1950-2019

EK A1 (devamı): Tez kapsamında kullanılan meteoroloji istasyonları

Bölge	İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem ve Boylam	Rakım	Gözlem Aralığı (Yıl)
EGE BÖLGESİ	17190	Afyon	38.75 ve 30.55	1025 mt.	1950-2019
	17234	Aydın	37.85 ve 27.84	71 mt.	1950-2019
	17237	Denizli	37.77 ve 29.08	391 mt.	1950-2019
	17220	İzmir	38.42 ve 27.12	10 mt.	1950-2019
	17155	Kütahya	39.42 ve 29.98	957 mt.	1950-2019
	17186	Manisa	38.62 ve 27.42	78 mt.	1950-2019
	17292	Muğla	37.21 ve 28.36	658 mt.	1950-2019
	17188	Uşak	38.68 ve 29.40	911 mt.	1950-2019
GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ	17265	Adıyaman	37.76 ve 38.28	679 mt.	1950-2019
	17282	Batman	37.88 ve 41.13	575 mt.	1959-2019
	17280	Diyarbakır	37.91 ve 40.23	673 mt.	1950-2019
	17261	Gaziantep	37.06 ve 37.38	838 mt.	1950-2019
	17262	Kilis	36.72 ve 37.12	649 mt.	1950-2019
	17275	Mardin	37.32 ve 40.72	939 mt.	1950-2019
	17210	Siirt	37.93 ve 41.95	886 mt.	1950-2019
	17270	Şanlıurfa	37.16 ve 38.79	510 mt.	1950-2019
	17287	Şırnak	37.52 ve 42.49	1356 mt.	2000-2019
İÇ ANADOLU BÖLGESİ	17192	Aksaray	38.36 ve 34.03	975 mt.	1950-2019
	17130	Ankara	39.92 ve 32.85	885 mt.	1950-2019
	17080	Çankırı	40.60 ve 33.61	730 mt.	1950-2019
	17126	Eskişehir	39.77 ve 30.52	795 mt.	1950-2019
	17246	Karaman	37.17 ve 33.22	1056 mt.	1951-2019
	17196	Kayseri	38.73 ve 35.47	1060 mt.	1950-2019
	17135	Kırıkkale	39.85 ve 33.51	716 mt.	1953-2019
	17160	Kırşehir	39.14 ve 34.17	993 mt.	1950-2019
	17244	Konya	37.86 ve 32.48	1023 mt.	1950-2019
	17193	Nevşehir	38.69 ve 34.68	1196 mt.	1955-2019
	17250	Niğde	37.96 ve 34.68	1237 mt.	1950-2019
	17090	Sivas	39.74 ve 37.01	1290 mt.	1950-2019
	17140	Yozgat	39.82 ve 34.81	1315 mt.	1950-2019

EK A1 (devamı): Tez kapsamında kullanılan meteoroloji istasyonları

Bölge	İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem ve Boylam	Rakım	Gözlem Aralığı (Yıl)
KARADENİZ BÖLGESİ	17085	Amasya	40.65 ve 35.83	398 mt.	1950-2019
	17045	Artvin	41.18 ve 41.82	529 mt.	1950-2019
	17020	Bartın	41.58 ve 32.46	15 mt.	1951-2019
	17089	Bayburt	40.25 ve 40.22	1555 mt.	1950-2019
	17070	Bolu	40.57 ve 31.57	727 mt.	1950-2019
	17084	Çorum	40.55 ve 34.95	818 mt.	1950-2019
	17072	Düzce	40.84 ve 31.15	150 mt.	1950-2019
	17034	Giresun	40.91 ve 38.39	14 mt.	1950-2019
	17088	Gümüşhane	40.43 ve 39.50	1169 mt.	1950-2019
	17078	Karabük	41.26 ve 32.62	262 mt.	1965-2019
	17074	Kastamonu	41.38 ve 33.78	809 mt.	1950-2019
	17033	Ordu	40.98 ve 37.87	24 mt.	1950-2019
	17040	Rize	41.02 ve 40.52	10 mt.	1950-2019
	17030	Samsun	41.29 ve 36.33	10 mt.	1950-2019
	17026	Sinop	42.02 ve 35.15	25 mt.	1950-2019
	17086	Tokat	40.31 ve 36.55	630 mt.	1950-2019
	17037	Trabzon	41.00 ve 39.71	40 mt.	1950-2019
	17022	Zonguldak	41.45 ve 31.79	8 mt.	1950-2019
MARMARA BÖLGESİ	17152	Balıkesir	39.65 ve 27.88	145 mt.	1950-2019
	17120	Bilecik	40.06 ve 30.06	520 mt.	1950-2019
	17116	Bursa	40.26 ve 29.06	163 mt.	1950-2019
	17112	Çanakkale	40.15 ve 26.41	12 mt.	1950-2019
	17050	Edirne	41.68 ve 26.56	50 mt.	1950-2019
	17064	İstanbul	41.00 ve 28.97	35 mt.	1950-2019
	17052	Kırklareli	41.73 ve 27.21	210 mt.	1950-2019
	17066	Kocaeli	40.85 ve 29.88	4 mt.	1950-2019
	17069	Sakarya	40.69 ve 30.43	29 mt.	1956-2019
	17056	Tekirdağ	40.98 ve 27.51	25 mt.	1950-2019
	17119	Yalova	40.65 ve 29.26	7 mt.	1958-2019