



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIğI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIğI



VAN GÖLÜ HAVZASI **KURAKLIK YÖNETİM PLANI**



CİLT-I: HAVZANIN GENEL TANITIMI VE
KURAKLIK ANALİZLERİ

ANKARA, 2018



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIğI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜğÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIğI



VAN GÖLÜ HAVZASI KURAKLIK YÖNETİM PLANI



CİLT-I: HAVZANIN GENEL TANITIMI VE KURAKLIK ANALİZLERİ

ANKARA, 2018



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIğI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜğÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIğI



İş bu rapor, Su-Yapı Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş. tarafından hazırlanmış olup Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı tarafından onaylanmıştır.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIğI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜğÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIğI



T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIğI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜğÜ

GENEL MÜDÜR

Dr. Bülent SELEK

GENEL MÜDÜR YARDIMCISI

Hüseyin AKBAŞ

TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIğI

DAİRE BAŞKANI

Maruf ARAS

KURAKLIK YÖNETİMİ ŞUBE MÜDÜRLÜğÜ

Ahmet Murat ÖZALTIN	Şube Müdür Vekili
Çiğdem GÜRLER	Uzman
Bahadır ÖZÇAM	Mühendis
Bilal KİRMENCİOğLU	Uzman
Eser BORA	Uzman Yrd.
Halil Emre KIŞOđLU	Mühendis
Mehmet Murat KALI	Mühendis
Mustafa Berk DUYGU	Uzman
Yeliz SARICAN	Uzman



PROJE EKİBİ

Yüklenici Firma

Korhan İLTER	Genel Müd. Yrd. İnşaat Mühendisi
Dr. M. Deniz İTİBAR	Genel Koord. İnşaat Yüksek Mühendisi
Orhan TÜRKMEN	Proje Müd. İnşaat Yüksek Mühendisi
Özbay ERGÜN	İnşaat Mühendisi
Zuhal DURMUŞ	Ziraat Mühendisi
Funda SOYSAL	Çevre Mühendisi
Yeliz DEVLET	Meteoroloji Mühendisi
Eylem GÖKYAY	Jeoloji Mühendisi

Alt Yüklenici Firma

Dr. Serdar SÜRER	Genel Müdür
Egemen FIRAT	Proje Uzm. Jeoloji Yük. Mühendisi
Mustafa DİREN	Meteoroloji Mühendisi
Batuhan SOYUGÜR	Jeoloji Mühendisi
Gonca AVŞAR	Jeoloji Yük. Mühendisi

DANIŞMAN ÖĞRETİM ÜYELERİ

Doç. Dr. Koray K. YILMAZ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Harun AYDIN	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Doç. Dr. Serkan KEMEÇ	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	VI
KISALTMALAR.....	X
TABLolar LİSTESİ.....	Xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XV
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Yetki.....	1
1.2. Maksat	1
1.3. Kapsam.....	2
1.4. Temel İlkeler	2
1.5. Sorumluluk.....	3
1.6. Hedefler	3
2. KURAKLIK YÖNETİM PLANI UYGULAMA ALANI.....	4
2.1. Van Gölü Havzası	4
2.1.1. Yerleşim Yerleri	6
2.1.2. Coğrafi ve Topografik Durum.....	7
2.1.3. Genel Jeoloji	8
2.1.4. Toprak Yapısı ve Türleri	10
2.1.5. Fiziksel Drenaj Özellikleri.....	11
2.1.6. Afete Maruz Alanlar	12



2.2. Demografik ve Sosyo-Ekonomik Yapı.....	13
2.2.1. Nüfus.....	13
2.2.2. Eğitim ve Sağlık.....	15
2.2.3. Sosyo-Ekonomik Durum	15
2.3. İklim, Su Kaynakları ve Havzaya Ait Diğer Veriler	16
2.3.1. İklim.....	16
2.3.2. Yağış	17
2.3.3. Sıcaklık	19
2.3.4. Buharlaşma	20
2.3.5. Güneşlenme, Rüzgar ve Nispi Nem.....	21
2.3.6. Yerüstü Suyu Kaynakları (YÜS).....	22
2.3.7. Hidrojeoloji ve Yeraltı Suyu Kaynakları (YAS)	24
2.3.8. Havzaya Ait Diğer Veriler	26
2.3.8.1. Tarla Su Tutma Kapasiteleri	26
2.3.8.2. Uzaktan Algılama Veri Kaynakları	30
3. İKLİM PROJEKSİYONLARI.....	33
3.1. Projeksiyon Tanımları	33
3.2. İklim Senaryoları.....	34
4. KURAKLIK ANALİZLERİ.....	43
4.1. Trend Analizleri.....	44
4.1.1. Meteorolojik Trend Analizleri	45
4.1.1.1. Yağış Trendleri	45
4.1.1.2. Sıcaklık Eğrileri	49
4.1.2. Hidrolojik Trend Analizleri	52
4.1.2.1. Akım Eğrileri	52
4.1.2.1. Göl Seviyesi Eğrileri.....	56



4.1.2.2.	Su Yapıları (Baraj, Gölet vb.) İşletme Hacim Değeri Eğrileri	57
4.2.	Kuraklık Analiz Yöntemleri	60
4.2.1.	Normalin Yüzdesi İndisi (PNI)	61
4.2.2.	Standart Yağış İndisi (SPI)	62
4.2.3.	Standart Akım İndisi (SRI)	63
4.2.4.	Palmer Kuraklık İndisleri (scPDSI, PHDI, WPLM, ZIND)	65
4.2.5.	Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi (NDVI)	66
4.3.	Kuraklık Analizleri Kapsamında Kullanılan İndisler ve Seçilme Gerekçeleri	69
4.4.	Kuraklık Şiddet Analizleri	70
4.4.1.	Normalin Yüzdesi İndisi (PNI)	71
4.4.2.	Standart Yağış İndisi (SPI)	74
4.4.3.	Standart Akım İndisi (SRI)	77
4.4.4.	Palmer Kuraklık İndisleri (scPDSI, PHDI, WPLM, ZIND)	79
4.4.5.	Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi (NDVI)	80
4.5.	Kuraklık Risk Analizleri	85
4.5.1.	Normalin Yüzdesi İndisi (PNI)	85
4.5.2.	Standart Yağış İndisi (SPI)	86
4.5.3.	Standart Akım İndisi (SRI)	87
4.5.4.	Palmer Kuraklık İndisleri (scPDSI, PHDI, WPLM, ZIND)	89
4.5.5.	Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi (NDVI)	90
4.6.	Kurak Devrelerin Tespiti	90
5.	KURAKLIK HARİTALARI	111
5.1.	Kuraklık Şiddet Haritaları	111
5.1.1.	Meteorolojik Kuraklık Şiddet Haritaları	111
5.1.2.	Hidrolojik Kuraklık Şiddet Haritaları	113



5.1.3.	Tarımsal Kuraklık Şiddet Haritaları	114
5.2.	Kuraklık Risk Haritaları	115
5.2.1.	Meteorolojik Kuraklık Risk Haritaları.....	115
5.2.2.	Hidrolojik Kuraklık Risk Haritaları.....	117
5.2.3.	Tarımsal Kuraklık Risk Haritaları	120
6.	MUKAYESE VE DEĞERLENDİRMELER.....	122
	KAYNAKLAR.....	126



KISALTMALAR

ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
AKK	: Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflandırması
ATS	: Arazi Kullanım Alt Kabiliyet Sınıflandırması
BOİ	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
BTG	: Büyük Toprak Grupları Sınıflandırması
CAFEC	: Climatically Appropriate For Existing Condition, Mevcut Duruma İklimsel Uygunluk
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CORINE	: Coordination of Information on the Environment; Çevresel Bilgilerin Koordinasyonu Projesi
ÇEM	: Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
DHI	: Danish Hydraulic Institute
DKMP	: Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü
DAKA	: Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
GGİ	: Göl Gözlem İstasyonu
GTHB	: Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
GTHM	: Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü
Ha	: Hektar
IDW	: Inverse Distance Weighting Interpolation, Ters Uzaklık Ağırlıklı Enterpolasyonu
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change; Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
ISRIC	: International Soil Reference and Information Centre, Uluslararası Toprak Referans ve Bilgi Merkezi
KGHM	: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
KGİ	: Kalite Gözlem İstasyonu
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
KSS	: Küçük Sanayi Site
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
MGİ	: Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, Orta Çözünürlüklü Görüntü Spektrometresi
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
NAFS	: Kuzey Anadolu Fay Sistemi
NAM	: Nedbør-Afstrømnings-Model
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index; Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi
NDMC	: National Drought Mitigation Center, Ulusal Kuraklık Azaltma Merkezi
NIPALS	: Non Iterative Partial Least Square,
NIR	: Near Infrared, Yakın Kızılötesi



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
PDSI	: Palmer İndisleri
PHDI	: Palmer Hydrological Drought Index, Palmer Hidroloji Kuraklık İndisi
PNI	: Normalin Yüzdesi İndisi
SAK	: Arazi Kullanım Şekli
scPDSI	: Self-Calibrated Palmer Drought Severity Index, Kendi kendini kalibre eden Palmer Kuraklık Şiddet İndisi
SGI	: Standardised Groundwater Level Index, Standart Yeraltı Suyu Seviye İndisi
SKGİ	: Su Kalite Gözlem İstasyonu
SYKK	: Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu
SPEI	: Standardised Precipitation Evapotranspiration Index, Standart Yağış Evapotranspirasyon İndisi
SPI	: Standart Yağış İndisi
SRI	: Standart Akım İndisi
SYGM	: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
TOK-EDK	: Eğitim Grupları Sınıflandırması
TN	: Toplam Azot
TP	: Toplam Fosfor
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
USDM	: US Drought Monitor, US Kuraklık İzleme
USGS	: U.S. Geological Survey; Amerikan Jeoloji Kurumu
VASKİ	: Van Su Kanalizasyon İdaresi
VegDRI	: The Vegetation Drought Response Index; Bitki Örtüsü Kuraklık Tepki İndeksi
VİKTM	: Van İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü
WEI	: Su Kullanım İndisi
WMO	: World Meteorological Organization, Dünya Meteoroloji Organizasyonu
WPLM	: Weighted Palmer Index / The Modified Palmer Drought Severity Index, Yeniden Düzenlenmiş Palmer Kuraklık Şiddet İndisi
YAS	: Yeraltı Su Kaynakları
YASS	: Yeraltı Suyu Seviyesi
YHGS	: Yaban Hayatı Geliştirme Sahası
YSKYY	: Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği
YÜS	: Yerüstü Su Kaynakları
ZIND	: Palmer Z İndisi



TABLolar LİSTESİ

Tablo 2-1 Havzada Yer Alan İller ve Havza İçindeki Alanları	6
Tablo 2-2 Van Gölü Havzası Büyük Toprak Grupları Sınıflandırması (KHGM-BTG)	11
Tablo 2-3 Van Gölü Havzası 2015 Yılı Dayalı Nüfus kayıt Sistemi Değerleri.....	14
Tablo 2-4 MEB'e Bağlı İl Milli Eğitim Müdürlükleri'ne göre Dağılımlar (MEB) ...	15
Tablo 2-5 Havza İçindeki İllere göre Bazı Sağlık Göstergeleri.....	15
Tablo 2-6 Meteoroloji İstasyonlarının Aylık ve Yıllık Toplam Yağışları	19
Tablo 2-7 Meteoroloji İstasyonlarının Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklıkları.....	19
Tablo 2-8 Meteoroloji İstasyonlarının Aylık ve Yıllık Toplam Buharlaştırma Değerleri	21
Tablo 2-9: Alt Havzalara Ait Akım Potansiyeli Model Sonuçları (Mevcut).....	23
Tablo 2-10: Alt Havzalara Ait Akım Potansiyeli Model Sonuçları (Gelecek Dönem)	23
Tablo 2-11 Van İli Mevcut Yeraltı Su Kaynakları (SYGM, Master Plan Raporu- 2015)	26
Tablo 2-12 Farklı derinlik ve basınç durumlarında tarla su tutma kapasiteleri (%)	30
Tablo 2-13 İstasyonlara ait tarla su tutma kapasiteleri (mm/m)	30
Tablo 3-1: RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Ortalama Sıcaklık Anomali Değerleri (°C).....	37
Tablo 3-2: RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Toplam Yağış Anomali Değerleri.....	41
Tablo 4-1. Yağış verileri için homojenlik ve Mann-Kendall test sonuçları.....	49
Tablo 4-2. Sıcaklık Verileri Homojenlik ve Mann-Kendall Test Sonuçları	52
Tablo 4-3. Akım Verileri Homojenlik ve Mann-Kendall Test Sonuçları	56
Tablo 4-4. Göl Seviyesi Verileri Homojenlik ve Mann-Kendall Test Sonuçları.....	57
Tablo 4-5. Su Yapıları Yıllık Ortalama İşletme Hacimleri Verileri Homojenlik ve Mann-Kendall Test Sonuçları	57
Tablo 4-6. Farklı periyotlar için PNI değerlerine göre kuraklık sınıflamaları (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, MGM).....	61



Tablo 4-7. Farklı periyotlar için PNI değerlerine göre yeniden oluşturulan kuraklık sınıflamaları.....	62
Tablo 4-8. Farklı SPI periyotları için yansıtılan olaylar ve uygulamaları (NDCM, 2006c uyarlanmıştır)	62
Tablo 4-9. SPI değerlerinin nemli ve kurak dönem şiddet sınıflaması (WMO, 2006'dan uyarlanmıştır)	63
Tablo 4-10. SRI değerlerinin nemli ve kurak dönem şiddet sınıflaması (Shen ve diğ. 2015'ten uyarlanmıştır).....	64
Tablo 4-11. Palmer değerlerinin nemli ve kurak dönem şiddet sınıflaması.....	66
Tablo 4-12. NDVI değerlerinin bitki örtüsü derecesi sınıfları.....	68
Tablo 4-13. PNI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları	73
Tablo 4-14. SPI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları	77
Tablo 4-15. SRI analizleri 1, 3, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları	78
Tablo 4-16. scPDSI, PHDI, WPLM ve ZIND analizleri farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları	80
Tablo 4-17. MGİ istasyonları ve çevresinin NDVI değerleri.....	81
Tablo 4-18. MGİ istasyonları ve çevresinin NDVI değerlerinin ortalamaları (sırasıyla yeşil ve kırmızı renkler aylık bazda 17 yıllık NDVI sonuç ortalamalarının üstü ve altını simgelemektedir).....	82
Tablo 4-19. PNI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme yüzdeleri	86
Tablo 4-20. SRI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme yüzdeleri	87
Tablo 4-21. SRI analizleri 1, 3, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme yüzdeleri	88
Tablo 4-22. scPDSI, PHDI, WPLM ve ZIND analizlerinin farklı kuraklık şiddetlerinde gerçekleşme yüzdeleri	89



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



Tablo 4-23. NDVI analizinin farklı bitkiselilik derecelerine gerçekleşme yüzdeleri . 90

Tablo 4-24. SPI-PHDI-SRI karşılaştırmalarında kullanılan meteoroloji ve akım gözlem istasyonları..... 103



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1 Van Gölü Havzası'nın Konumu	5
Şekil 2-2 Havzada Yer Alan İllerin Alansal Dağılımı	6
Şekil 2-3 Van Gölü Havzası Yerleşim Yerleri.....	7
Şekil 2-4 Proje Alanının Yükselti Haritası.....	8
Şekil 2-5 İnceleme alanı ve yakın dolayının jeoloji haritası (MTA, 2002).....	9
Şekil 2-6 Deprem Bölgeleri Haritası (Deprem Araştırma Dairesi, 1993).....	12
Şekil 2-7 Van Gölü Havzası'na Giren İllerin Nüfus Grafiği	13
Şekil 2-8 Van Gölü Havzası Hidrometeoroloji Bulduru Haritası	18
Şekil 2-9 Van Gölü Havzası Thiessen Yöntemi Şematik Gösterimi	18
Şekil 2-10: Van Kapalı Havzası Hidrojeoloji Haritası.....	25
Şekil 2-11. Toprakta bulunan suyun grafiksel gösterimi (Allen, 1998-a).....	27
Şekil 2-12. Toprak nemi tutulma eğrisi (Lajos, B., 2008)	28
Şekil 2-13. Uydu görüntüleri işleme adımları akış şeması.....	31
Şekil 3-1: RCP8.5 Senaryosuna Göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modellerine Dayalı Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 10'ar Yıllık Değişimi	36
Şekil 3-2: RCP8.5 Senaryosuna Göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modellerine Dayalı Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 10'ar Yıllık Değişimi	41
Şekil 4-1. Genelleştirilmiş kuraklık oluşum şeması ve kuraklık evreleri (Türkeş, M., 2014).....	43
Şekil 4-2 Van Bölge Meteoroloji Gözlem İstasyonlarında ölçülen yıllık toplam yağış, eklenik yağış ve ortalama değerden eklenik sapma grafikleri	46
Şekil 4-3 Van Bölge Meteoroloji Gözlem İstasyonlarında ölçülen yıllık toplam yağış, eklenik yağış ve ortalama değerden eklenik sapma grafikleri (devamı)	47
Şekil 4-4. Meteoroloji Gözlem İstasyonları Yıllara Göre Aylık Sıcaklık Grafikleri .50	
Şekil 4-5 Meteoroloji Gözlem İstasyonları Yıllara Göre Aylık Sıcaklık Grafikleri(devamı).....	51
Şekil 4-6 Akım Gözlem İstasyonları için Yıllık Toplam Akım Grafikleri	54



Şekil 4-7. Akım Gözlem İstasyonları için Yıllık Toplam Akım Grafikleri(devamı). 55	
Şekil 4-8. İskele ve Tatvan Göl Gözlem İstasyonlarında Yıllık Ortalama Göl Seviyesi Grafikleri..... 56	
Şekil 4-9 Barajlar Yıllık Ortalama İşletme Hacimleri 58	
Şekil 4-10. Barajlar Yıllık Ortalama İşletme Hacimleri (devamı)..... 59	
Şekil 4-11. Bitki yansımada dalga boyu grafiği 67	
Şekil 4-12. Van MGİ 3, 6, 9 ve 12 aylık PNI ve SPI sonuçlarının karşılaştırma grafiği 72	
Şekil 4-13 Van İstasyonu 1, 3, 6 ve 9, aylık SPI sonuç grafikleri 75	
Şekil 4-14. Van İstasyonu 12, 18, 24 ve 48 aylık SPI sonuç grafikleri 76	
Şekil 4-15. 2000-2016 yılları mart ayına ait havzanın NDVI sonuç görselleri 84	
Şekil 4-16. 2000-2016 yılları haziran ayına ait havzanın NDVI sonuç görselleri..... 84	
Şekil 4-17. 2000-2016 yılları eylül ayına ait havzanın NDVI sonuç görselleri..... 84	
Şekil 4-18 MGİ yağış verileri kullanılarak hesaplanan 3 aylık SPI ve PNI grafikleri 93	
Şekil 4-19 MGİ yağış verileri kullanılarak hesaplanan 3 aylık SPI ve PNI grafikleri (devamı) 94	
Şekil 4-20. MGİ yağış verileri kullanılarak hesaplanan 3 aylık SPI ve PNI grafikleri (devamı) 95	
Şekil 4-21 MGİ yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan 6 ve 9 aylık SPI, scPDSI ve WPLM grafikleri 97	
Şekil 4-22 MGİ yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan 6 ve 9 aylık SPI, scPDSI ve WPLM grafikleri (devamı)..... 98	
Şekil 4-23 MGİ yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan 6 ve 9 aylık SPI, scPDSI ve WPLM grafikleri (devamı)..... 99	
Şekil 4-24 MGİ yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan 6 ve 9 aylık SPI, scPDSI ve WPLM grafikleri (devamı)..... 100	
Şekil 4-25 MGİ yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan 6 ve 9 aylık SPI, scPDSI ve WPLM grafikleri (devamı)..... 101	



Şekil 4-26. MGİ yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan 6 aylık SPI, scPDSI ve WPLM grafikleri	102
Şekil 4-27 MGİ yağış-sıcaklık ve AGİ akım verileri kullanılarak hesaplanan 9-12 aylık SPI, SRI ve PHDI grafikleri	104
Şekil 4-28 MGİ yağış-sıcaklık ve AGİ akım verileri kullanılarak hesaplanan 9-12 aylık SPI, SRI ve PHDI grafikleri (devamı)	105
Şekil 4-29 MGİ yağış-sıcaklık ve AGİ akım verileri kullanılarak hesaplanan 9-12 aylık SPI, SRI ve PHDI grafikleri (devamı)	106
Şekil 4-30. MGİ yağış-sıcaklık ve AGİ akım verileri kullanılarak hesaplanan 9-12 aylık SPI, SRI ve PHDI grafikleri (devamı)	107
Şekil 4-31. Kuraklık indislerinin çapraz korelasyon sabitlerinin karşılaştırılması ..	110
Şekil 5-1. Meteorolojik kuraklık şiddet sınıfları (1 ve 3 Aylık SPI) 2008	112
Şekil 5-2. Hidrolojik kuraklık şiddet sınıfları (12 ve 24 Aylık SPI) 2008	113
Şekil 5-3. Tarımsal kuraklık şiddet sınıfları (6 ve 9 Aylık SPI) 2008	114
Şekil 5-4. Meteorolojik kuraklık risk haritası (1 ve 3 Aylık SPI, normal ve üstü kurak)	116
Şekil 5-5. Meteorolojik kuraklık risk haritası (1 ve 3 Aylık SPI, hafif kurak)	116
Şekil 5-6. Meteorolojik kuraklık risk haritası (1 ve 3 Aylık SPI, orta şiddetli kurak)	117
Şekil 5-7. Meteorolojik kuraklık risk haritası (1 ve 3 Aylık SPI, şiddetli kurak)	117
Şekil 5-8. Hidrolojik kuraklık risk haritası (12 ve 24 Aylık SPI, normal ve üstü kurak)	118
Şekil 5-9. Hidrolojik kuraklık risk haritası (12 ve 24 Aylık SPI, hafif-orta-şiddetli kurak)	119
Şekil 5-10. Tarımsal kuraklık risk haritası (6 ve 9 Aylık SPI, normal ve üstü kurak)	120
Şekil 5-11. Tarımsal kuraklık risk haritası (6 ve 9 Aylık SPI, hafif kurak)	120
Şekil 5-12. Tarımsal kuraklık risk haritası (6 ve 9 Aylık SPI, orta şiddetli kurak)..	121
Şekil 5-13. Tarımsal kuraklık risk haritası (9 Aylık SPI, şiddetli kurak).....	121



TANIMLAR

Havza: Nehir havzalarında suyun ayırım çizgisinden denize aktığı noktaya, kapalı havzalarda ise suyun toplandığı nihai noktaya göre suyun toplanma alanını ifade eder.

Alt Havza: Havzanın sularını denize boşaltan ana akarsuya bağlı daha küçük akarsular veya göller için su toplama alanını ifade eder.

Havza Koruma Eylem Planı: Su kaynakları potansiyelinin her türlü kullanım maksadı ile korunması, kullanımının sağlanması, kirlenmesinin önlenmesi ve kirlenmiş olan su kaynaklarının kalitesinin iyileştirilmesi gayesi ile hazırlanan planı ifade eder.

Havza Yönetim Heyeti: Havza koruma eylem ve yönetim planları ile taşkın ve kuraklık yönetim planlarının hazırlanması, uygulamaların izlenmesi ve değerlendirmesiyle alakalı çalışmaları havza ölçeğinde yürütmek maksadıyla her bir havza için ayrı ayrı oluşturulan ve 20/5/2015 tarihli ve 29361 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Havza Yönetim Heyetlerinin Teşekkülü, Görevleri, Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Tebliği ile teşekkül ettirilen heyeti ifade eder.

Havza Yönetim Planı: Su havzasındaki su kaynaklarının ve canlı hayatının korunmasını, geliştirilmesini ve bozulmamasını sağlamak üzere su kaynakları için sürdürülebilir bir koruma-kullanma dengesi gözetilerek havzanın bütünü esas alınarak hazırlanan planı ifade eder.

Havza Yönetimi Merkez Kurulu: Havza Yönetim Heyetleri tarafından iletilen hususları görüşmek ve sonuca bağlamak, sonuca bağlanmayan hususları Su Yönetimi



Koordinasyon Kuruluna iletmek, Su Yönetimi Koordinasyon Kurulunda alınan kararların havza ölçeğinde uygulanmasını sağlamak ve takibini yapmak üzere oluşturulan kurulu ifade eder.

İl Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu: Havza koruma eylem ve yönetim planları ile taşkın yönetim planlarının ve kuraklık yönetim planlarının hazırlanması, uygulamaların izlenmesi ve değerlendirmesiyle alakalı çalışmaları il ölçeğinde yürütmek maksadıyla her bir il için ayrı ayrı oluşturulan kurulu ifade eder. Su Yönetimi Koordinasyon Kurulu: 20/03/2012 tarihli ve 28239 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 2012/7 sayılı Başbakanlık Genelgesi ile kurulan kurulu ifade eder.

Kuraklık: Yağışların, kaydedilen normal düzeylerin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi, su kaynakları, üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan tabii bir olaydır.

Meteorolojik Kuraklık: Yağışların belirli bir zaman periyoduna ait normallerden (genellikle en az 30 yıllık) meydana gelen sapma olarak ifade edilir.

Tarımsal Kuraklık: Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmaması tarımsal kuraklığı ifade eder.

Hidrolojik Kuraklık: Uzun süren yağış azlığından dolayı kaynak seviyeleri, yüzey akış, yeraltı suyu ve toprak nemi gibi hidrolojik sistemde meydana gelen azalmalar hidrolojik kuraklığı ifade eder.

Kuraklık Yönetim Planı: Muhtemel kuraklık risklerinin olumsuz etkilerinin kontrolü ve kuraklık problemlerinin çözümüne yönelik olarak kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında alınacak tedbirleri ihtiva eden yönetim planını ifade eder.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



Kriz Yönetimi: Kriz süresince uygulanan, durumu normale döndürmeyi amaçlayan geçici bir yönetim biçimidir.

Risk yönetimi: Ülke, bölge, kent veya yerleşme birimi ölçeğinde tehlike ve riskin belirlenmesi, analizi, riskin azaltılabilmesi için imkân, kaynak ve önceliklerin belirlenmesi, politika ve stratejik plan ve eylem planlarının hazırlanması ve yaşama geçirilmesi sürecidir.

Ulusal Havza Yönetim Stratejisi: Türkiye su havzalarının doğal kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı ile ilgili kararlara ve yatırım programlarına rehberlik sağlamak; toplumun, havzaların ekolojik, ekonomik ve sosyal fayda ve hizmetleri ile ilgili ihtiyaç ve beklentilerinin yeterli düzeyde ve sürdürülebilir olarak karşılanması için yapılacak çalışmalara yol göstermek gayesiyle hazırlanan stratejidir.

Su Kıtlığı: Su kaynaklarının, uzun vadeli ortalama gereksinimleri karşılama konusundaki yetersizliğidir.



BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Yetki

29/06/2011 tarihli ve 645 sayılı “Orman ve Su İşleri Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname”nin 2’nci, 9 uncu ve 26’ncı maddelerine dayanılarak hazırlanmıştır.

1.2. Maksat

Kuraklık, belirli bir bölgede yağışların normal veya ortalama düzeyin altında gerçekleşmesi sonucu; arazi, su kaynakları, zirai ve sınai üretim sistemleri üzerinde aylar hatta yıllar boyunca sürebilen bir su eksikliğidir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)’nin 4. Değerlendirme Raporu’na göre ise, kuraklık yetersiz yağışların neden olduğu hidrolojik bir dengesizliktir (IPCC, 2007).

Kuraklık, geçmişten günümüze kadar canlıların su kaynaklarına olan bağımlılığı nedeniyle toplum ve ekosistemler üzerinde çeşitli olumsuz etkilere neden olmuştur. Son yıllarda sıcaklık ölçümleri incelendiğinde sürekli bir artış olduğu görülmektedir. Van Gölü Havzası’nda gelişen kuraklık olayları, Van Gölü’nün su seviyesi ile ilişkili olarak yer altı ve yer üstü su kaynaklarını önemli ölçüde etkilemektedir (Yetmen, 2013).

Doğu Anadolu Bölgesi’nde konumlanan Van Gölü, yüksek dağlar ve platolar ile çevrili; dünyanın en büyük sodalı gölü ve hidrolojik olarak kapalı göller arasında ise dördüncü en büyük göldür. Ortalama derinliği 162,4 m iken maksimum derinliği Adilcevaz açıklarında 452,9 m civarındadır (Degens, 1978; SHODB, 1983; Turunçoglu, 2008).

Türkiye’nin 25 su havzasından biri olan Van Gölü Havzası’nda havza sınırları esas alınarak Van Gölü Havzası Kuraklık Yönetim Planı ile olası kuraklık



riskleriyle karşılaşıldığında yaşanacak olan olumsuz etkilerin azaltılmasına yönelik, kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında alınacak tedbirler belirlenmiştir.

1.3. Kapsam

Van Gölü Havzası'nın su bütçesi ve kuraklığa karşı hassasiyeti göz önünde bulundurularak entegre havza yönetimi yaklaşımı ile kuraklığın üretim kaynaklarına ve sosyoekonomik hayata olumsuz etkilerinin azaltılması, havzadaki kısıtlı su kaynaklarının akılcı ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması için kuraklık indislerinin, indikatörlerinin ve eşik değerlerinin belirlendiği, buna göre kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında yapılacak çalışmalar ile alınması gereken tedbirlerin ortaya konulduğu kuraklık yönetim planı oluşturulmuştur.

Ayrıca, yaşanması muhtemel kuraklık sebebiyle meydana gelecek havza yüzey suyu ve yeraltı suyu bütçesindeki değişime bağlı olarak sektörel etkilenebilirlik analizi yapılmış (içme ve kullanma suyu, tarım, sanayi, ekosistem ve turizm sektörlerinin ne şekilde etkileneceği belirlenmiş) ve alınması gereken tedbirler ortaya konulmuştur.

1.4. Temel İlkeler

Kuraklık yönetiminin ilkeleri:

- Sürdürülebilir bir kuraklık yönetimi için havza bazında yapılacak çoklu tedbirleri içeren çalışmaların bir plan ve program çerçevesinde entegre bir yaklaşımla ele alınması,
- Kuraklığın vermiş olduğu zararları azaltmak için yapısal olan ve yapısal olmayan tedbirlerin alınması,
- Kurak dönemde zarar görme riskini azaltmak amacıyla suyun akılcı ve ekonomik olmayan kullanımını engelleyici stratejiler ile kuraklığın etkilerinin kontrol edilmesi ve azaltılması,
- Kuraklığın havza/alt havza ölçeğinde izlenmesinin sağlanması,



- Kuraklık yönetiminde kurumsal sorumluluklar ve düzenlemeler dahilinde sorumlu kuruluşların kuraklık öncesi, esnası ve sonrasında koordineli bir şekilde birlikte çalışmasıdır.

1.5. Sorumluluk

Bu yönetim planı, 29/6/2011 tarihli ve 645 sayılı Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin ikinci, dokuzuncu ve yirmi altıncı maddelerine dayanılarak hazırlanmıştır.

1.6. Hedefler

Bu yönetim planının hedefleri:

- Muhtemel kuraklık riskleriyle karşılaşıldığında yaşanacak olan olumsuz etkilerin azaltılması, kuraklık problemlerinin çözüme kavuşturulması,
- Proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların izlenmesi ve değerlendirilmesinin belli periyotlarda yapılabilmesi için bir sistematığın ortaya konması,
- Kuraklık yönetiminde kapasite geliştirilmesi, koordinasyonun ve iş birliğinin sağlanması,
- Kuraklığın etkin yönetiminin sağlanması,
- Van Gölü Havzası'nda kuraklık farkındalığının artırılması,
- İklim değişikliğinin kuraklık üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve uyum stratejilerinin geliştirilmesidir.



BÖLÜM 2

KURAKLIK YÖNETİM PLANI UYGULAMA ALANI

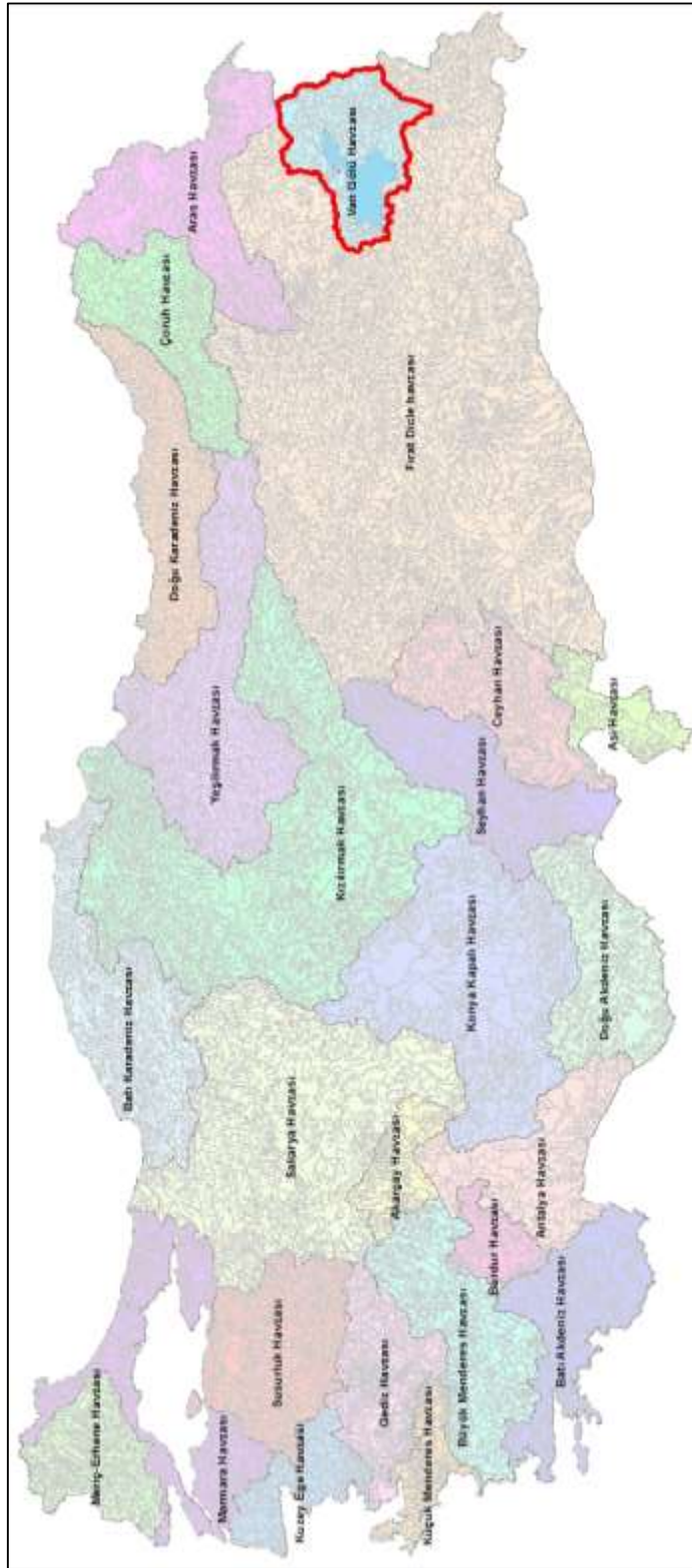
2.1. Van Gölü Havzası

Doğu Anadolu Bölgesi'nin güney-güneydoğusunda konumlanan Van Gölü, Bitlis ili sınırları içerisinde bulunan Nemrut Volkanik Dağı'nın patlaması sonucu, bölgedeki tektonik çöküntü alanının önünün kapanmasıyla oluşmuş bir volkanik set gölüdür. Etrafı yüksek dağlar ve platolarla çevrilidir.

Van Gölü Havzası 37°55'- 39°24' kuzey enlemi, 42°05' - 44°22' doğu boylamı arasında yer almaktadır. Şekil 2-1'de Van Gölü Havzası'nın diğer havzalar arasındaki konumu verilmiştir. 17.887 km² yağış alanına (serbest su yüzeyi ve kara alanlar) sahip proje alanında; Van Gölü (15.441 km²), Erçek Gölü (1.492,4 km²), Nemrut Krater Gölü, Turna Gölü, Akgöl ve Aygır Gölü kapalı havzaları ile Kapıköy (650 km²) drenaj alanları yer almaktadır. Proje alanında ki serbest su yüzeyi (göl alanları) yaklaşık 3.815 km² olup Van Gölü ve Erçek Gölü serbest su yüzeyleri sırası ile 3.582 km² ve 52,4 km² olarak hesaplanmıştır.

Sularını çevre denizlere gönderemeyen Van Gölü Kapalı Havzası, İç Anadolu Kapalı Havzası'ndan sonra Türkiye'nin ikinci büyük içe akışlı havzasıdır. Alansal genişlik bakımından Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü, dünyadaki kapalı göller içerisinde 15. sırada yer alır. Sularının tuz içeriğinde sodanın fazla olmasından hareketle sodalı olarak değerlendirilen Van Gölü, aynı zamanda dünyanın en büyük sodalı gölüdür.

Yıllık su potansiyeli yaklaşık 3,5 milyar m³ olarak hesaplanmıştır (Master Plan Raporu, 2015). Van ili merkezi ile Van iline bağlı Muradiye, Erciş, Çaldıran, Özalp, Gürpınar, Edremit ve Gevaş ilçeleri ile; Bitlis'in Tatvan, Ahlat ve Adilcevaz ilçeleri havzanın önemli yerleşim merkezlerini oluşturmaktadır.



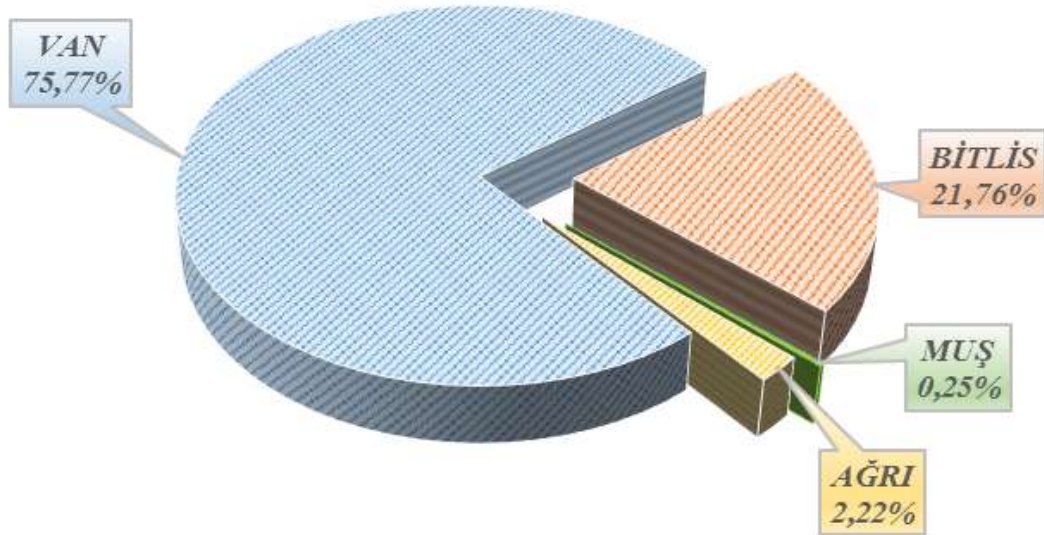
Şekil 2-1 Van Gölü Havzası'nın Konumu

2.1.1. Yerleşim Yerleri

Van Gölü Havzası'ndaki yerleşim yerlerini gösteren harita Şekil 2-3'de gösterilmektedir. Buna göre havzanın %75,8'ni Van, %27,8'ni Bitlis, %2,2'sini Ağrı ve %0,25'ini Muş illeri kapsamaktadır. Havza içerisinde bulunan iller ile ilgili alansal istatistikler Tablo 2-1'de, bu illerin havza sınırları içerisinde kalan alanlarının dağılımı Şekil 2-2'de gösterilmektedir.

Tablo 2-1 Havzada Yer Alan İller ve Havza İçindeki Alanları

İller	Toplam Alan (ha)	İlin Havza İçindeki Alanı (ha)	İl Alanının Havzaya Giren Kısmı (%)	Havzanın İllere Göre Dağılımı (%)
VAN	735.967	13.607	1,85	75,77
BİTLİS	474.039	3.908	0,82	21,76
AĞRI	497.021	45	0,01	0,25
MUŞ	641.495	399	0,06	2,22



Şekil 2-2 Havzada Yer Alan İllerin Alansal Dağılımı



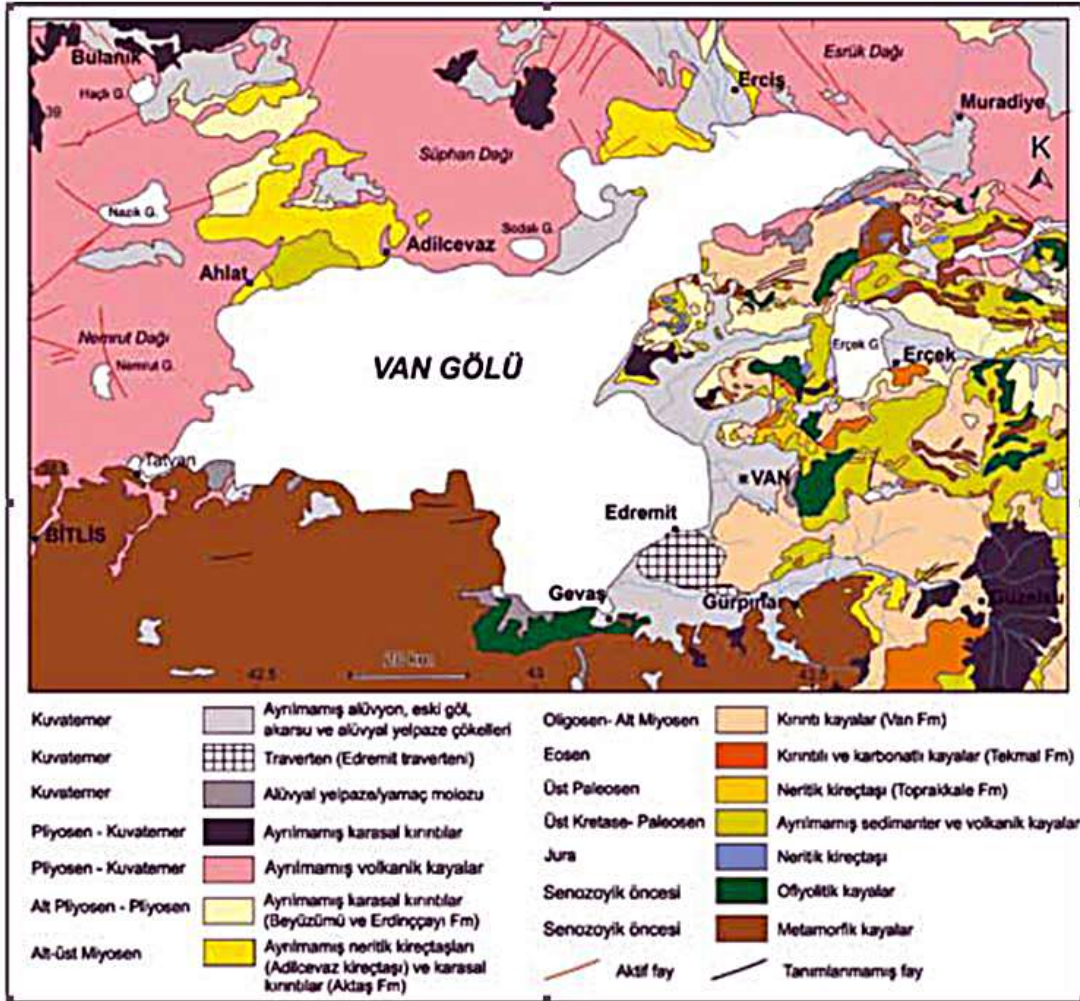
Şekil 2-3 Van Gölü Havzası Yerleşim Yerleri

2.1.2. Coğrafi ve Topografik Durum

Eğimlerin dik ve sarp, yükselti farklarının fazla olduğu Van Gölü Havzası'nın tamamı dağlık bir arazi görünümündedir. Bu genel görünümü etkileyen yer şekilleri; alüvyal taban ovalarıyla bunları çevreleyen etekler ile yumuşak eğimli tepelikler ve küçük yüksek düzlüklerdir. Güneyinde 2.500 – 3.000 m, kuzeyinde ise 3.500 m'yi aşan yükseltiler görülür. Dağların Van Gölü'ne doğru uzanması, gölün kıyısının çok girintili ve çıkıntılı olmasına neden olmuştur.

Van ilinin doğu tarafı güneyine göre daha alçaktır. 2.200 – 2.400 m yükseltilerde geniş platolar ortaya çıkmaktadır. Bölgede mevcut akarsular doğudan batıya doğru birbirlerine paralel şekilde akarak göle ulaşırlar. Bu akarsuların vadileri de doğu-batı doğrultulu uzanırlar.

mermerler yüzeylenmektedir. Bu birimleri; Üst Kratese yaşlı Ofiyolitik Kayaçlar, Üst Kratese - Paleosen ve Alt - Orta Eosen yaşlı Volkanik Kayaçlar, Eosen - Miyosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar, Pliyosen - Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlar ve Pliyosen - Kuvaterner yaşlı sedimanter örtü kayaçlar izlemektedir.



Şekil 2-5 İnceleme alanı ve yakın dolayımın jeoloji haritası (MTA, 2002).

Van Gölü Havzası yoğun tektonik hareketlere maruz kalmıştır ve bu yoğun faaliyetler halen günümüzde devam etmektedir. Van İli sınırları içinde ve çevresinde oldukça etkin bir tektonizma mevcuttur. Üst Miyosen ve daha genç yaşlarda oluşmuş bu 'Neotektonik Oluşumlar' yörede etkili olmuştur. Doğu Anadolu'da Neotektonik



Dönem, Bitlis Kenet kuşağındaki okyanus kapanmasının sonunda kıta-kıta çarpışması ile başlamıştır (Şengör, 1980).

Çarpışma neticesinde;

- D-B doğrultulu kıvrımlar,
- KD-GB, KKD-GGB doğrultulu sol yönlü doğrultu atımlı faylar,
- BKB-DGD, KB-GD doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı faylar,
- K-G doğrultu açılma çatlakları gelişmiştir.

Tüm bu yapısal şekillerin sonunda Doğu Anadolu K-G yönünde kısalmakta ve kabuğu kalınlaşmaktadır (Şengör ve Kidd, 1979).

Neotektonik rejim ile volkanizma oldukça uyumlu gelişmiştir. Çıkış merkezleri genelde KG açılma çatlakları ve sağ yönlü doğrultu atımlı fayların sıçrama yaptığı yerlerdeki yırtılmalardan çıktığı görülür. Volkanizmanın Üst Miyosende alkalin, Üst Miyosen-Pliyosende kalkalkalin, Kuvaternerde ise kalkalkalin ve alkalin karakterli olduğu görülmektedir.

2.1.4. Toprak Yapısı ve Türleri

Kayaların fiziksel ve kimyasal olarak ufalanması ve ayrışması sonucunda meydana gelen toprağın değişik karakter kazanmasında iklim, engebe, doğal örtü, ana materyal ve zaman faktörleri önemli rol oynamaktadır. Bunlara ek olarak nüfusun artması ve yaşamın süratle değişmesiyle toprak üzerine olan yoğun etkisi sonucunda topraklar değişik karakter kazanmaktadır. Havzanın yaygın toprakları; Kestanerengi, Kahverengi ve Kireçsiz Kahverengi topraklardır. Havzanın büyük toprak grupları sınıflaması (BTG) Tablo 2-2'de verilmiştir.



Tablo 2-2 Van Gölü Havzası Büyük Toprak Grupları Sınıflandırması (KHGM-BTG)

Büyük Toprak Grubu	Sembol	Alan (ha)	Dağılım %
Alüvyal Topraklar	A	73.677	5,17%
Kahverengi Topraklar	B	239.255	16,80%
Tuzlu-Alkali ve Tuzlu-Alkali Karışığı Toprakları	C	458	0,03%
Kestanerengi Topraklar	CE	488.828	34,33%
Hidromorfik Topraklar	H	27.957	1,96%
Kolüvyal Topraklar	K	21.105	1,48%
Regosoller	L	86.979	6,11%
Kahverengi Orman Toprakları	M	1.023	0,07%
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	N	19.407	1,36%
Alüvyal Sahil Topraklar	S	135	0,01%
Kireçsiz Kahverengi Topraklar	U	361.618	25,40%
Diğer alanlar		103.318	7,26%
TOPLAM		1.423.760	100,00%

2.1.5. Fiziksel Drenaj Özellikleri

Türkiye'nin ikinci büyük içe akışlı havzası olan Van Gölü Kapalı Havzası, sularını çevre denizlere göndermemektedir. Havza içerisinde yer alan Van Gölü ise Türkiye'nin en büyük gölü olup, dünyadaki kapalı göller içerisinde de 15. sırada yer almaktadır. Ayrıca volkanik taşların etkisi ile tuz ve soda içeriğinin yüksek olması nedeni ile gölün suları sodalı olarak değerlendirilmekte olup, dünyanın en büyük sodalı gölü ünvanını almasına neden olmuştur.

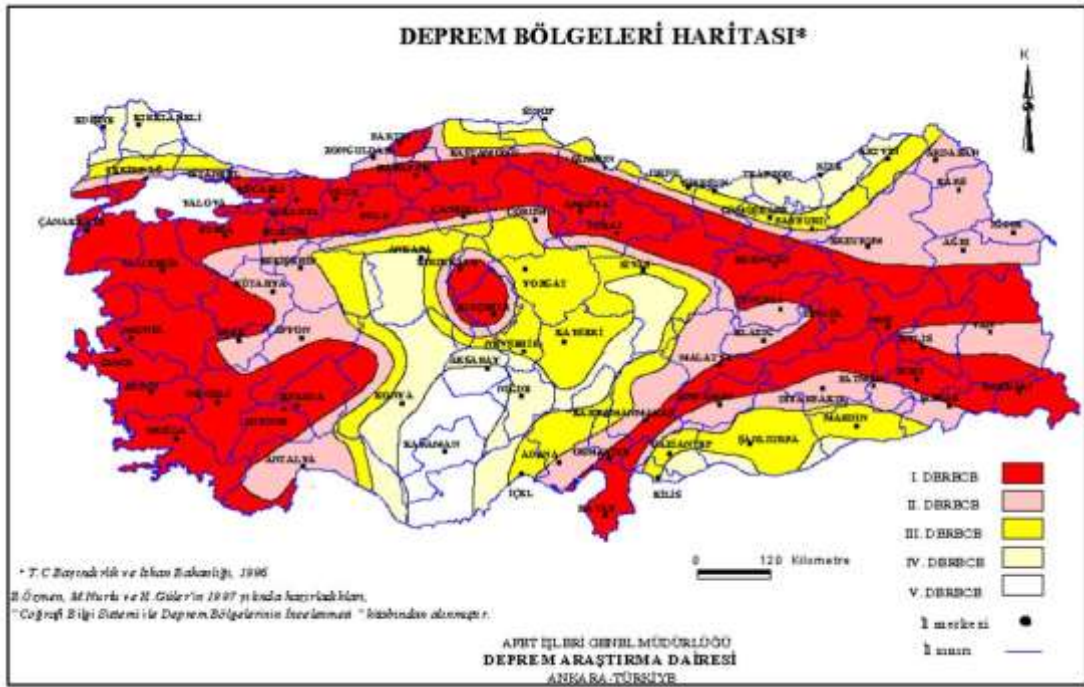
Toplam yağış alanı 17.887 km² olan Van Gölü Havzası'nın yıllık ortalama toplam yağış yüksekliği 489 mm, yıllık ortalama akışı ise 95,32 m³/s dir. Yıllık ortalama verimi 6,25 L/s/km³ olan havzadaki akışın yağışa oranı 0,42 iken, iştirak oranı % 1,64' tür.

30 m çözünürlükteki sayısal yükseklik haritası incelendiğinde minimum yüksekliği 1.643 m, maksimum yüksekliği 4.045 m ve ortalama yüksekliği ise 2.085 m'dir. Havzanın genel ağırlıklı eğimi 0-10 derece arasındadır. Yükseklik haritasından hesaplanan ortalama eğimi ise 8,4° olarak belirlenmiştir. Eğimin ovayı

besleyen dereler boyunca artarak devam ettiği ve en çok eğimin Gevaş ilçe merkezi drenaj havza sınırında olduğu gözlenmiştir.

2.1.6. Afete Maruz Alanlar

Proje alanı ve yakın çevresi, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi'nin 1996 yılında hazırladığı "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası" na göre 1. Derece Deprem Bölgesi'nde yer almaktadır (Şekil 2-6).



Şekil 2-6 Deprem Bölgeleri Haritası (Deprem Araştırma Dairesi, 1993)

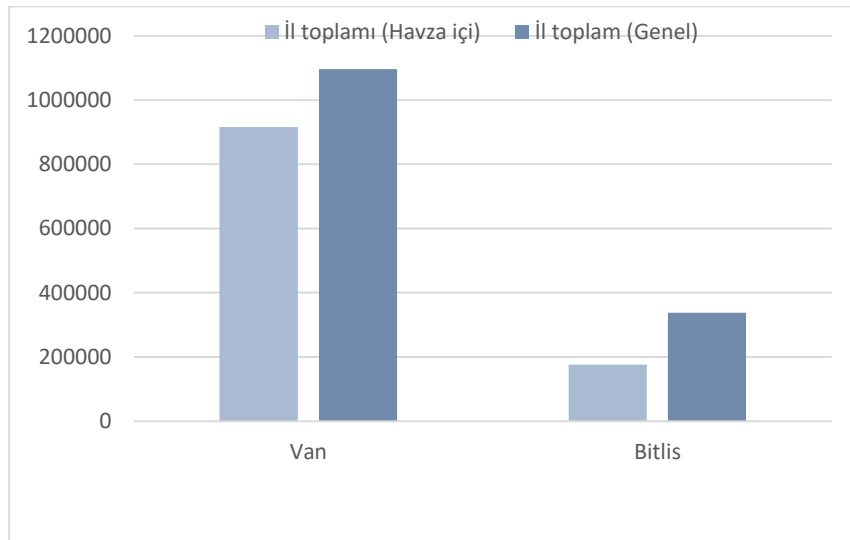
2.2. Demografik ve Sosyo-Ekonomik Yapı

2.2.1. Nüfus

Havza sınırları içerisinde Van, Bitlis, Ağrı ve Muş illeri yer almaktadır. Bu illerden Van ilinin %75,77'si, Bitlis ilinin %21,76'sı, Ağrı ilinin %2,22'si ve Muş ilinin %0,25'i havza sınırları içerisinde yer almaktadır. Ağrı ve Muş illerinin havzada kalan kısmında yerleşim bulunmamaktadır.

Tablo 2-3'te verilen toplam nüfus sonuçlarına göre havza, Türkiye nüfusunun yaklaşık % 1,38'sini kapsamaktadır. Havza içerisinde yer alan iller arasında en büyük nüfusa sahip olan il Van'dır. İlin havza içinde kalan toplam nüfusu 915.871'dir. Van'dan sonra en büyük nüfusa sahip olan il Bitlis'in havza içinde kalan toplam nüfusu ise 176.394 kişidir. (Şekil 2-7)

Uzun dönemli nüfus dağılımı incelendiğinde merkez ilçe ve belediyelerde nüfusta artış olduğu, kırsal kesimde ise nüfusta azalış olduğu gözlenmektedir. Kırsal kesimde geçim koşullarını karşılayacak gelirin elde edilememesi sonucu, sanayisi gelişen yerleşim birimlerine göç olmaktadır.



Şekil 2-7 Van Gölü Havzası'na Giren İllerin Nüfus Grafiği



Tablo 2-3 Van Gölü Havzası 2015 Yılı Dayalı Nüfus kayıt Sistemi Değerleri

Van Kapalı Havzası Nüfus			
İl	İlçe	Bucak+Köy	2015 Nüfus
VAN	Van Merkez	Merkez	391023
		Bostaniçi	24155
		Köyler	71069
		Toplam	486247
	Edremit	Merkez	14214
		Çiçekli	5382
		Köyler	7498
		Toplam	27094
	Gevaş	Merkez	10787
		Köyler	16033
		Toplam	26820
	Gürpınar	Merkez	5569
		Köyler	33360
		Toplam	38929
	Erciş	Merkez	82701
		Çelebibabağı	14956
		Kocapınarı	4748
		Köyler	71744
	Toplam	174149	
	Muradiye	Merkez	15079
		Köyler	39120
		Toplam	54199
	Özalp	Merkez	12628
		Köyler	67233
		Toplam	79861
	Saray	Merkez	3934
		Köyler	24638
		Toplam	28572
	Van Toplam		915871
BİTLİS	Adilcevaz	Merkez	14501
		Köyler	16186
		Toplam	30687
	Ahlat	Merkez	20959
		Köyler	17430
		Toplam	38389
	Tatvan	Merkez	73255
		Köyler	12308
		Toplam	85563
	Güroymak	Merkez	21755
		Toplam	21755
		Bitlis Toplam	
	Havza Toplam		1092265



2.2.2. Eğitim ve Sağlık

Van Gölü Havzası'ndaki yerleşim birimlerinde genel olarak halkın eğitim seviyesi orta düzeydedir. İlköğretimde eğitiminin durumu gün geçtikçe daha iyiye gitmektedir. İlköğretimde okullaşma oranı % 97'dir. Artan yoğun nüfus ve zorlu iklim koşulları eğitim olanakları zorlasa da son yıllarda yapılan okullarla bu problem aşılma sürecine girmiştir. Bölgede toplam olarak 248 adet ilköğretim okulu, 102 adet Lise ve denge okulu mevcuttur (Tablo 2-4).

Tablo 2-4 MEB'e Bağlı İl Milli Eğitim Müdürlükleri'ne göre Dağılımlar (MEB)

2015 Yılı	VAN	BİTLİS
Okul/Kurum	1.420	734
Derslik	10.779	4.190
Öğrenci	308.459	92.223
Öğretmen	13.883	5.499
Derslik Başına Düşen Öğrenci		
İlkokul + Ortaokul	30	20
Genel Ortaöğretim	29	24
Mesleki ve Teknik	24	27

Sağlık hizmetlerinin birinci ve en önemli dalı koruyucu sağlık hizmetleridir. Havzada, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi olmak üzere 17 adet özel ve Devlet Hastanesi, 3.150 Yatak kapasitesi ve 1.700 sağlık personeli ile hizmet vermektedir. Ayrıca 8 ayrı noktada sağlık ilçe müdürlüğü bulunmaktadır (Tablo 2-5).

Tablo 2-5 Havza İçindeki İllere göre Bazı Sağlık Göstergeleri

İl Adı	Hastane Sayısı	Yatak Sayısı	10.000 Kişiyeye Düşen Yatak Sayısı	Nitelikli Yatak Sayısı	Yoğun Bakım Yatağı Sayısı	Aile Hekimliği Birimi Sayısı	Aile Hekimi Başına Düşen Nüfus	112 İstasyon Sayısı	112 İstasyon Başına Düşen Nüfus	112 Ambulans Sayısı	112 Ambulans Başına Düşen Nüfus
VAN	17	2536	23,4	1359	577	283	3836	29	37432	63	17231
BİTLİS	9	795	23,5	368	52	91	3715	10	33802	27	12519

2.2.3. Sosyo-Ekonomik Durum



Van ilinin ekonomisi tarım, ticaret, turizm ve sanayi ağırlıklı bir yapıya sahiptir. Vejetasyon süresinin kısa olması, geniş çayır-mera alanlarının ve yüksek yem bitkilerinin bulunması nedeniyle, ilde sanayiden çok tarıma dayalı bir ekonomi, tarımsal faaliyetler içerisinde de hayvancılık ön plana çıkmaktadır. Canlı hayvan, gıda, giyim ticareti, bazı sanayi ve el sanatları ürünlerinin imalatı ve pazarlaması, turizm ve inşaat işleri il ekonomisinin önemli faaliyet dallarını teşkil etmektedir.

İl ekonomisinde ticaret, tarımsal faaliyetlerden sonra ikinci sırada yer almaktadır. Van'da tarımsal ve hayvansal ürünler, sanayi ürünleri, inşaat malzemeleri, ev araç ve gereçlerinin ticareti yapılmaktadır. İran ile sınır ticareti kapsamında, sebze ve meyve ithal edilirken; inşaat malzemeleri ve bazı sanayi ürünleri ihraç edilmektedir.

Sanayi alanında çok geri kalmış olan Bitlis ili, 1985 yılının sonlarına doğru teşvikli yatırımların çoğalmasına rağmen, özel şahıs ve şirketler yatırımlarını hayvancılık alanında yapmaktadır. Ayrıca büyük olmamakla birlikte teşvikli orta ölçekli yatırımlar devam etmekte fakat yeteri kadar teşvik sağlanamamaktadır. İl ekonomisi ve halkın gelir kaynağı hayvancılık ve hayvan ürünleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Sanayisi yok denecek kadar az olan Bitlis ilinde, çalışma sonuçlarına göre, gıda ürünleri ve içecek imalatı, madencilik ve taş ocakçılığı ve bitkisel üretim sektörleri öne çıkmaktadır. Arazi yüksek olduğundan ve kış şartlarının uzun süre devam etmesi sebebiyle maden arama zordur.

2.3. İklim, Su Kaynakları ve Havzaya Ait Diğer Veriler

2.3.1. İklim

Van Kapalı Havzası, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. Havzada karasal iklim hakimdir. Karasal iklimde kış erken başlar ve kar ortalama olarak 90 gün yerde kalır. Gece ile gündüz, yaz ile kış arasındaki sıcaklık farkı fazladır. Kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar sıcak ve kuraktır. Van'ın merkezinde ortalama sıcaklık değeri düşük, yağışlar ve buharlaşma azdır. Havzanın batı kesimi benzer özelliklere



sahip olmakla birlikte daha yüksek yağış miktarlarına sahiptir. Ayrıca yaz-kış; gece-gündüz sıcaklık farkları daha düşüktür.

Meteoroloji İstasyonları:

Van Gölü Havzası'nın proje alanı ve yakın çevresinin Hidrometeorolojik Bulduru haritası Şekil 2-8'de verilmiştir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilmektedir. MGM tarafından işletilen istasyonlarda ihtiyaç olan parametrelere bağlı olmakla birlikte, genellikle yağış, sıcaklık, buharlaşma, nem, rüzgar ve basınç ile güneşlenme miktarı gözlemleri yapılmaktadır. DSİ istasyonlarında ise, genellikle yağış ve buharlaşma gözlemleri yapılmaktadır.

2.3.2. Yağış

Van Gölü Havzası'nda genellikle Doğu Anadolu yağış rejimi hakimdir. Havzayı yağış yönünden temsil eden meteoroloji istasyonlarının aylık ve yıllık ortalama toplam yağışları Tablo 2-6'de verilmiştir. İstasyonların gözlem süresince gözlenmiş aylık toplam yağışları dikkate alınmıştır.

Havza içerisinde en uzun süre yağış gözlemi yapan istasyonlar 1929 yılında işletmeye açılmış olan ve halen devam eden Van Meteoroloji İstasyonunda yıllık toplam yağış 388,7 mm'dir. Havzaya en az yağış ağustos ayında düşmekte, bu değer istasyon ortalamalarına göre 7,9 mm'dir. Havzaya en fazla yağış nisan ayında düşmekte, istasyon ortalamalarına göre bu değer 70,0 mm'dir. Meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilere göre en fazla yağış alan bölgenin Tatvan, en az yağış alan bölgenin Van çevresi olduğu görülmektedir.

Havza için, iki yöntemle yağış hesabı yapılmıştır. Bunlar Aritmetik yöntem ve Thiessen yöntemidir. Thiessen yönteminin şematik gösterimi Şekil 2-9'da verilmiştir. Aritmetik yöntemle hesaplanmış ortalama toplam yağış **476,4 mm**, Thiessen poligonları yöntemi ile hesaplanmış ortalama toplam yağış ise **448,63 mm**'dir. İki yöntemle hesaplanan ortalama toplam yağışlar birbirlerine çok yakın çıkmıştır.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



Tablo 2-6 Meteoroloji İstasyonlarının Aylık ve Yıllık Toplam Yağışları

İSTASYON NO	METEOROLOJİ İSTASYONLARI	KOT (m)	AYLIK TOPLAM YAĞIŞ (mm)												YILLIK TOPLAM YAĞIŞ (mm)
			OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	
21-006	ADAKSU (KARAHASAN)	2040	19,6	18,0	36,8	56,1	62,3	30,5	11,5	7,5	12,0	47,9	37,3	23,5	363,1
5416	ADİLCEVAZ	1850	29,2	35,8	49,3	56,8	57,3	19,0	6,3	3,6	13,9	63,0	57,8	31,6	423,5
17810	AHLAT	1750	49,9	56,6	70,3	87,6	70,8	27,5	7,7	3,3	13,1	57,3	66,8	51,0	562,0
6465	ALBAYRAK	2050	21,2	28,6	39,9	54,3	50,3	24,7	13,1	12,7	7,4	29,3	34,8	30,0	346,3
6628	BAHÇESARAY (MÜKÜS)	1750	81,1	96,1	123,9	128,9	91,2	22,7	2,7	4,3	5,1	90,2	130,2	98,2	874,6
17880	BAŞKALE	2400	35,6	44,3	64,9	79,0	65,4	30,5	16,2	10,2	9,6	34,8	45,1	39,7	475,2
4737	ÇALDIRAN	2000	39,9	42,5	40,5	55,3	58,1	32,3	18,4	11,7	13,2	47,9	50,0	40,1	450,1
5756	ÇUKUR (GÜROYMAK)	1500	57,9	80,7	82,1	94,8	70,4	21,7	2,9	1,7	7,4	63,1	93,6	62,9	639,2
25-012	DİLKAYA	1730	36,8	39,2	72,5	88,9	78,2	30,1	8,5	9,6	24,3	84,5	58,6	38,4	569,4
4025	DIYADIN	1900	20,8	22,9	26,2	38,8	51,7	46,0	22,2	15,1	13,2	32,2	27,9	20,5	337,5
17720	DOĞU BEYAZIT	1584	16,2	21,0	24,9	38,7	54,6	43,1	23,1	15,3	17,3	31,0	21,9	17,0	324,1
25-001	DORUTAY (TASRUM)	2070	21,4	17,6	22,0	40,7	50,9	29,1	25,9	12,1	10,1	29,8	22,4	22,1	304,1
5594	ERÇEK	1900	37,2	31,4	37,5	60,8	56,8	29,3	9,5	7,5	14,2	52,9	43,1	34,2	414,5
17784	ERCİŞ	1678	34,9	38,4	49,9	68,5	59,0	23,9	10,1	5,2	15,3	48,3	48,8	42,3	444,5
26-003	GELENLER	2270	13,1	13,8	24,6	36,5	53,7	31,6	18,4	13,1	12,2	29,7	20,3	13,3	280,3
17852	GEVAS	1694	47,4	53,4	76,4	84,7	68,5	28,6	11,2	8,5	16,0	63,8	57,4	57,2	573,1
5418	GÖLDÜZÜ (ARIN)	1735	28,6	30,9	40,8	43,4	47,4	14,1	3,6	2,0	8,4	51,4	51,1	36,8	358,5
21-043	GÖLTEPE (PIRAN)	1600	38,7	34,3	50,2	70,9	57,6	33,7	7,9	11,3	17,7	59,4	49,5	39,1	470,3
6276	GÜRPINAR	1743	21,5	23,3	34,9	50,3	44,7	17,0	4,0	3,1	8,2	30,8	33,2	21,7	292,6
6119	GÜZELSU (HOŞAF)	2100	16,4	15,4	29,7	40,6	52,8	23,1	11,6	8,4	11,3	39,0	25,9	14,3	288,7
25-002	HARA (KOCKÖPRÜ)	1840	41,5	46,2	64,0	88,7	82,7	32,9	9,5	13,9	14,0	63,6	70,5	49,3	576,9
4905	KOCAPINAR	1925	37,2	38,5	47,2	62,2	72,3	33,1	6,7	5,0	12,9	55,4	48,6	41,2	460,2
17786	MURADIYE	1706	48,0	53,0	58,7	77,6	55,6	27,8	16,6	8,4	16,2	54,6	62,4	55,0	533,9
5412	OVAKIŞLA (PURHUS)	1830	41,3	53,6	61,7	81,8	84,3	29,1	7,4	7,4	7,7	60,8	58,1	50,7	543,9
17812	ÖZALP	2100	40,0	42,3	44,2	63,2	62,3	35,7	21,0	11,0	12,8	42,5	41,7	41,3	458,1
5936	REŞADİYE (YELKENLİ)	1850	57,9	62,4	77,2	88,3	69,4	23,1	5,8	4,3	11,7	64,5	77,9	63,2	605,7
17205	TATVAN	1665	78,7	93,3	112,9	129,2	84,3	24,0	6,6	3,8	15,9	76,4	96,1	79,6	800,7
17172	VAN	1671	36,1	34,0	46,6	56,0	45,8	18,2	5,6	3,9	13,0	45,7	48,4	35,5	388,7
21-044	YOLGÖZLER (AĞDAT)	1685	61,0	66,0	74,6	108,1	75,8	20,5	3,0	4,5	14,1	81,1	80,3	67,2	656,3

2.3.3. Sıcaklık

Van Gölü Havzası'nda, Doğu Anadolu karasal iklimi hakimdir. Bölgede en soğuk ay ocak ve en sıcak ay temmuzdur. Havza içinde sıcaklık gözlemi yapan Meteoroloji istasyonlarının aylık ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri Tablo 2-7'de verilmiştir. En uzun süreli sıcaklık gözlemine sahip olan istasyon Van, 1960-2015 periyodunda yıllık sıcaklık ortalaması 9,23°C'dir. Tatvan meteoroloji istasyonunun ise, 1968-2015 periyodundaki sıcaklık ortalaması 9,00°C'dir. Uzun yıllar rasat değerlerine göre aylık sıcaklık ortalaması 7,58°C'dir. En yüksek sıcaklıklar temmuz, en düşük sıcaklıklar ise ocak ayında ölçülmektedir.

Tablo 2-7 Meteoroloji İstasyonlarının Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklıkları



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



İSTASYON NO	METEOROLOJİ İSTASYONLARI	AYLIK ORTALAMA SICAKLIK (°C)												YILLIK ORTALAMA SICAKLIK (°C)
		OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	
5416	ADİLCEVAZ	-2,15	-2,24	1,38	8,30	12,44	16,92	21,56	20,52	16,93	10,72	5,27	0,13	9,15
17810	AHLAT	-2,60	-2,21	1,35	6,92	12,19	17,60	21,99	21,99	17,26	10,89	4,53	-0,28	9,13
6465	ALBAYRAK (ŞİKEFT)	-8,19	-6,68	-1,19	6,07	10,86	15,60	19,32	19,03	14,73	9,00	1,53	-5,64	6,20
6628	BAHÇESARAY (MÜKÜS)	-4,63	-1,83	3,27	8,43	12,80	16,50	21,45	19,45	15,40	10,50	4,17	-0,23	8,77
17880	BAŞKALE	-6,95	-5,92	-1,53	4,60	9,92	15,25	19,67	19,64	15,25	8,31	1,27	-4,43	6,26
4737	ÇALDIRAN	-11,95	-11,02	-4,26	4,33	10,15	14,81	19,25	18,76	14,32	7,28	-0,37	-8,16	4,43
4025	DİYADİN	-9,76	-8,55	-3,52	5,09	9,80	14,29	18,84	18,38	14,22	6,99	-0,54	-6,43	4,90
17720	DOĞU BEYAZIT	-4,93	-3,37	2,04	8,78	13,51	18,26	22,57	22,41	17,52	10,57	3,74	-2,42	9,06
17784	ERCIŞ	-6,74	-6,91	-2,06	6,69	10,19	15,08	20,28	19,59	15,70	10,07	3,23	-4,24	6,74
5594	ERÇEK	-5,47	-4,56	0,34	7,04	12,39	17,50	21,71	21,07	15,56	9,28	2,89	-2,64	7,93
17852	GEVAŞ	-3,31	-2,67	1,61	8,28	12,94	17,87	21,64	20,95	16,37	10,04	3,77	-0,94	8,88
5418	GÖLDÜZÜ (ARIN)	-6,42	-5,78	-1,17	7,20	12,05	18,84	23,04	22,48	17,94	10,25	3,90	-1,36	8,41
6276	GÜRPINAR	-4,39	-3,46	1,01	7,75	12,55	17,16	20,76	19,97	15,54	9,95	3,23	-2,62	8,12
6119	GÜZELSU (HOŞAF)	-5,63	-5,13	-4,23	5,37	10,77	16,73	21,35	21,15	16,65	9,35	1,85	-5,60	6,88
17786	MURADIYE	-5,23	-4,35	0,47	7,30	12,72	17,94	22,54	21,98	16,69	9,96	3,28	-2,46	8,40
5412	OVAKIŞLA (PURHUS)	-5,06	-4,87	-1,61	5,04	9,40	14,99	19,66	19,58	16,02	9,43	2,09	-3,24	6,79
17812	ÖZALP	-9,84	-8,25	-1,76	5,63	10,90	16,12	20,70	20,22	14,81	8,02	0,85	-6,18	5,94
5936	REŞADİYE (YELKENLİ)	-1,93	-2,83	0,78	7,55	11,68	16,87	22,03	22,18	18,43	13,17	4,00	-0,47	9,29
3838	TAŞLIÇAY	-9,67	-8,78	-3,69	6,08	11,53	15,50	19,98	19,69	15,37	8,46	0,33	-5,89	5,74
17205	TATVAN	-2,95	-2,27	1,30	7,11	12,50	17,99	22,02	21,72	16,92	10,36	3,97	-0,66	9,00
17172	VAN	-3,43	-2,70	1,67	7,85	13,18	18,27	22,36	21,97	17,26	10,77	4,28	-0,70	9,23

2.3.4. Buharlaşma

Bu bölüm kapsamında; inceleme alanında meydana gelen buharlaşma miktarının belirlenmesi amacı ile Van Gölü Havzası ve yakın dolayında yer alan mevcut meteoroloji gözlem istasyonu (MGİ)'nda gözlenen yıllık toplam açık yüzey (Class A Pan) buharlaşma değerleri incelenmiştir (Tablo 2-8). İnceleme alanında MGİ tarafından yapılan gözlemlerde yıl içinde özellikle kış dönemine denk gelen Ocak, Şubat, Mart ve Aralık aylarına ait buharlaşma kayıtları bulunmamaktadır (Tablo 2-8). Söz konusu kayıtlarda en yüksek buharlaşma değeri Temmuz ve Ağustos aylarında gözlenirken, en düşük buharlaşma değeri ise Kasım ayında gözlenmiştir. İnceleme alanı ve yakın dolayında yer alan 14 adet MGİ'da gözlenen ortalama yıllık toplam en düşük ve en yüksek açık yüzey buharlaşma miktarı sırası ile; 693,6 mm ile Erciş'te ve 1.643,7 mm ile Göltepe'de (Piran) gözlenmiştir. Söz konusu MGİ'da gözlenen ortalama yıllık toplam buharlaşma ise, 1.134,2 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. MGİ'da gözlenen yıllık ortalama toplam buharlaşma miktarı, inceleme alanı üzerine düşen yıllık toplam yağış miktarının (487,4 mm/yıl) yaklaşık 2.3 katı olarak görülmektedir.



Tablo 2-8 Meteoroloji İstasyonlarının Aylık ve Yıllık Toplam Buharlaşma Değerleri

İSTASYON NO	METEOROLOJİ İSTASYONLARI	AYLIK TOPLAM BUHARLAŞMA (mm)												YILLIK TOPLAM BUHARLAŞMA (mm)
		OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	
21-006	ADAKSU (KARAHASAN)					33,23	90,76	122,33	141,72	125,53	72,51	59,50		645,58
17810	AHLAT					170,18	236,09	320,29	306,26	223,14	132,96			1388,92
17880	BAŞKALE					130,83	185,05	223,55	231,92	175,24	81,86	18,60		1047,04
17720	DOĞU BEYAZIT					160,61	236,26	302,44	302,48	221,76				1223,55
25-001	DORUTAY (TAŞRUM)					129,36	206,45	277,34	275,03	200,71	77,39			1166,28
25-010	EKECE					159,67	174,90	177,16	168,08	110,77	100,80			891,37
17784	ERCİŞ					91,13	129,21	167,54	155,32	98,39	52,05			693,64
26-003	GELENLER					101,10	269,62	350,64	354,74	277,70	120,30			1474,11
21-043	GÖLTEPE (PİRAN)				62,90	163,79	256,26	343,12	380,52	275,75	161,38			1643,71
25-002	HARA (KOÇKÖPRÜ)					135,48	208,27	274,24	293,26	189,51	110,88	97,50		1309,13
17786	MURADİYE				66,60	146,66	202,84	253,86	234,72	177,83	100,10	26,27		1208,88
17205	TATVAN					112,40	183,82	220,20	206,34	140,97	60,06	17,60	1,10	942,50
17172	VAN				83,68	137,06	185,82	234,14	225,60	169,25	93,15	26,02		1154,73
25-005	VAN BÖLGE SAHASI					143,05	182,48	287,59	274,13	152,92	49,08			1089,24

2.3.5. Güneşlenme, Rüzgar ve Nispi Nem

Van ili güneşlenme bakımından farklı bir öneme sahiptir. Yılın 120 günü güneşli, 200 günü bulutlu ve 45 günü kapalıdır. Yaz turizmi ve yenilenebilir enerji elde edilmesi koşulları için uygun şartları taşımaktadır. Proje alanında güneşlenme şiddeti ölçümü yapılan istasyonlarda gözlenen değerlerine göre havzanın ortalama toplam güneşlenme şiddeti 11.680,29 kalori/cm²'dir.

Düzen ve Aydın (2011), Van Gölü'nün doğu güneydoğu kesiminde en yüksek solar radyasyon değerinin gözleendiği ve batı-kuzeybatı kesimlerinde ise en düşük solar radyasyon değerinin gözleendiğini belirtmektedirler. Söz konusu çalışmada aralık- Eylül ayları arasında kalan dönemde yıllık ortalama solar radyasyon değerinin 1.800–2.458 kWh/m² arasında değiştiği ve yılın geri kalan aylarında ise bu değer 750–1.470 kWh/m² arasında değiştiği belirtilmektedir.

Havzanın ortalama rüzgar hızı 1,86 m/s'dir. Van merkezinde Ocak, Şubat, Mart aylarında NE yönlü rüzgarlar baskındır. Nisan- Eylül arasında SW rüzgarları eser. Ekimde SE, Kasım ve Aralıkta NE – SE rüzgarları esmektedir. Buna göre yağışlı aylarda NE rüzgarları baskındır.



Yüksek dağları aşarak gelen bu rüzgarlar kurudur ve göl doğusunda yağış bırakmaz. Ancak göl üzerinden geçerken tekrar nemlenir ve batı – güneybatı kıyısında yağış bırakırlar. Havzada yer alan istasyonların hakim rüzgar yönleri ile ortalama rüzgar hızları şu şekildedir: Ahlat N-NW; 2,36 m/s, Erciş N; 1,59 m/s, Gevaş SE; 1,56 m/s, Muradiye N-NW; 1,97 m/s, Özalp E; 1,79 m/s, Tatvan W-SW; 1,76 m/s, Van E-SE; 2,26 m/s.

Havzanın ortalama nispi nemi %60'dır.

2.3.6. Yerüstü Suyu Kaynakları (YÜS)

Van Gölü Havzası'nda devamlı veya kısa süreli akan, büyük ve küçük pek çok akarsu bulunmaktadır. Havzanın akarsuları genelde Van Gölü'ne dökülürken, Van ilinin güneyinde yer alan akarsular Basra Körfezi'ne, doğu kısmında uzananlar ise İran'a ulaşmaktadır. Başlıca akarsular: Karasu Çayı, Bendimahi Çayı, Hoşap Çayı, Zilan Deresi, Deliçay, Özalp Çayı ve Kotur Çayı'dır.

Havza sınırları içinde çok sayıda göl mevcuttur. Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü havza sınırları içindedir. Diğer göller arasında en önemlileri; Erçek Gölü, Akgöl, Sultan (Süphan) Gölü, Keşiş Gölü, Kazlıgöl, Değirmigöl, Hasantimur Gölü, Nemrut Gölü, Nazik Gölü, Sodalı Gölü, Aygır Gölü ve Batmış Gölü'dür.

Van Gölü seviyesi 1963 yılında 1.646,68 m ile minimum seviyeye, 1995 yılında 1.650,53 m ile maksimum seviyesinde seyretmiş olup, uzun yıllar su seviyesi incelendiği zaman 30 yıllık bir salınım gösterdiği görülmektedir. Van Kapalı Havzası Master Plan Hazırlanması İş'i'ne göre, Van gölü su seviyesi 1.648,38 m'dir.

DSİ 2014 yılı resmi su potansiyeli istatistiklerine göre, Van Gölü Havzası'nın yıllık ortalama akışı 2.390 hm^3 , buna göre yüzeysuyu su potansiyeli iştirak oranı ise Türkiye'nin %1,28'idir. Yıllık yeraltı suyu potansiyeline bakıldığında, yeraltı suyu beslenimi $179,2 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ ile Türkiye'nin %0,82'sini oluşturmaktadır. Yeraltı suyu işletme rezervi ise $148,2 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ ile Türkiye'nin toplam rezervinin %0,86'sıdır. 2014 yılı sonuçları 2013 yılı istatistikleri ile karşılaştırıldığında, yeraltı suyu beslenimi ve



işletme rezervinin havza bazında aynı olduğu görülmektedir. Ancak Türkiye'nin toplam değerleri ile karşılaştırıldığında yeraltı suyu besleniminin %0,83'ten %0,82'ye düştüğü; işletme rezervinin ise %0,87'den %0,86'ya düştüğü gözlenmiştir.

Proje kapsamında yapılan çalışmalarda, havzanın su bütçesi hesaplamasında MIKE-11 NAM modeli kullanılmıştır. Model sonucu olarak Yüzeysel, İç ve Baz Akım potansiyelleri ayrı ayrı elde edilmiştir (Tablo 2-9). Oluşturulan modelden öncelikle günümüze değin olan sonuçlar elde edilmiş daha sonra ise iklim projeksiyonları kullanılarak 2015-2100 yılları için yine aynı sonuçlara ulaşılmıştır (Tablo 2-10). Ayrıntılar Cilt-II kapsamında verilmiştir.

Tablo 2-9: Alt Havzalara Ait Akım Potansiyeli Model Sonuçları (Mevcut)

Alt Havza	Yüzeysel Akım Pot (hm ³ /yıl)	İç Akım Pot (hm ³ /yıl)	Baz Akım Pot (hm ³ /yıl)	Toplam (hm ³ /yıl)
Ahlat-Batı	136.59	11.93	304.44	452.96
Bendimahı-Doğu3	72.49	43.40	341.27	457.16
Deliçay-Doğu1ve2	37.51	2.99	235.13	275.63
Engil	26.74	49.34	233.71	309.78
Güney	122.91	10.14	285.31	418.36
Karasu-Kapıköy-Erçek-Van	148.83	195.60	206.68	551.11
Zilan-Kuzey	181.85	12.32	675.66	869.83
Toplam	726.92	325.72	2282.19	3334.82

Model sonucuna göre havzanın günümüze değin simülasyonu yapıldığında toplam akım değeri 3334.82 hm³/yıl olarak hesaplanmıştır. Bunun 726.92 hm³/yıl yüzeysel 325.72 hm³/yıl iç akım ve 2282.19 hm³/yıl ise baz akım olarak ayrılanmıştır.

Tablo 2-10: Alt Havzalara Ait Akım Potansiyeli Model Sonuçları (Gelecek Dönem)

Alt Havza	Yüzeysel Akım Pot (hm ³ /yıl)	İç Akım Pot (hm ³ /yıl)	Baz Akım Pot (hm ³ /yıl)	Toplam (hm ³ /yıl)
Ahlat-Batı	73.70	10.86	176.24	260.81
Bendimahı-Doğu 3	22.27	14.72	227.68	264.67
Deliçay-Doğu 1 ve 2	74.48	5.20	471.17	550.86
Engil	0.62	34.27	96.17	131.06
Güney	19.12	0.09	274.42	293.63
Karasu-Kapıköy-Erçek-Van	0.86	53.96	48.67	103.50
Zilan-Kuzey	114.91	6.37	512.41	633.69
Toplam	305.96	125.48	1806.77	2238.20



İklim projeksiyonları kullanılarak yapılan simülasyonlarda ise toplam akım değeri 2238.20 hm³/yıl olarak bulunmuştur. Bunun 305.96 hm³/yıl yüzey 125.48 hm³/yıl içe akım ve 1806.77 hm³/yıl ise baz akım olarak elde edilmiştir.

İlgili sonuçlar karşılaştırıldığında akım değerlerinde çok ciddi düşüşler göze çarpmaktadır. Hemen hemen bütün havzalarda akım potansiyellerinin bu üç bileşeninde değer azalmaları görülmektedir.

2.3.7. Hidrojeoloji ve Yeraltı Suyu Kaynakları (YAS)

Raporun bu bölümünde MTA ve DSİ tarafından hazırlanmış jeoloji haritalarından faydalanılarak “Van Kapalı Havzası”ndaki jeolojik birimlerin jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerine (akifer durumu vb.) değinilecektir.

İnceleme alanında Paleozoyik – Kuvaterner yaş aralığında oluşmuş tortul, magmatik ve metamorfik kayalar yer almaktadır (Şekil 2-5). Genellikle havzanın güneyinde Bitlis Masifi’ne ait metamorfik kayalar, batısı ve kuzeyinde genç Nemrut ve Süphan’ın ürünleri olan volkanik ve volkanotortul kayalar, doğuda Yüksekova Karmaşığı’na ait volkanik kayalar ile ofiyolit bileşenleri, mevcut akarsu ve gölsel kırıntılar ile karbonatlar yüzeylenir.

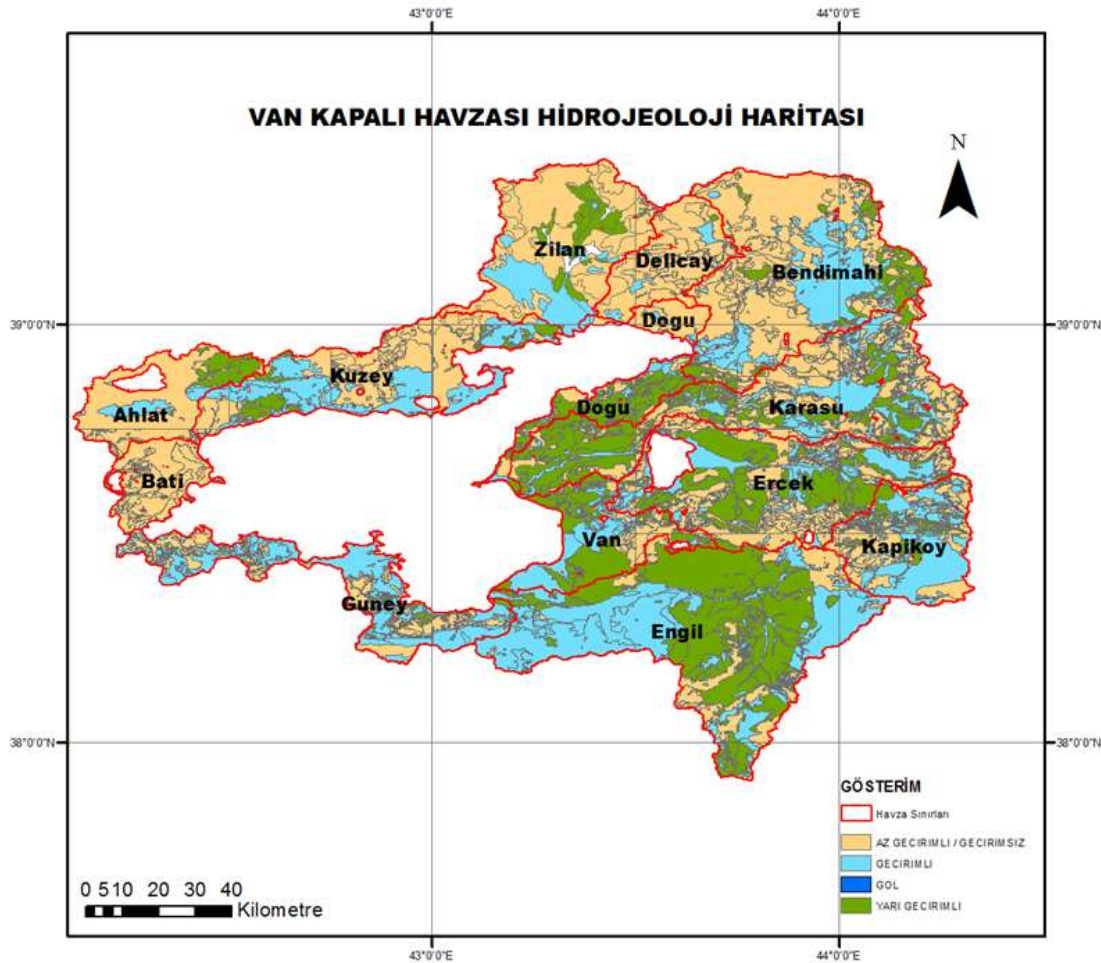
Van Gölü Kapalı Havzasında Kuvaterner yaşlı alüvyonlar, Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar ve Paleozoyik yaşlı kireçtaşları akifer özellikli kayalardır.

Kuvaterner yaşlı alüvyon akiferleri; Van Ovası, Gürpınar-Gevaş Ovası, Göllü Ovası, Dokuzagaç Ovası, Saray Ovası, Erçek-Özalp Ovası, Karasu-Topaktaş Ovası olarak belirlenmiştir. Erciş Ovasında da üstte alüvyon birimi olmakla birlikte esas akifer volkanik kayalar (bazalt-tüf-andezit) olup, alüvyon birimi ile birlikte akifer olarak çalışmaktadır.

Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanik akiferler ise; Muradiye, Çaldıran, Erciş, Ahlat, Tatvan ovası akiferleridir. Muradiye ve Çaldıran ovalarında üstte çok az kalınlıkta (10-20 m) alüvyon birimi olmakla birlikte esas akifer volkanik kayalardır. Muradiye, Çaldıran ovaları akiferleri tamamen bazalt-andezit biriminden

oluşmaktadır. Adılcavaz Ovası ve bu ovanın devamı olan Arın Ovası, Van Gölü kıyısında, düzlük alanlarda üstte yer alan alüvyon birimi ile birlikte çalışır. Kuzeye doğru, dağlık bölgede ise akifer kayacı tamamen volkanik birimlerden ibarettir.

Van Gölü Kapalı Havzasında en önemli kireçtaşı akiferi ise Van Gölü güneyinde Gürpınar İlçe Merkezi güneybatısında Şamran kaynaklarının boşaldığı Paleozoyik yaşlı kireçtaşı akiferidir. Bu akifer genellikle tüm sularını kaynaklar vasıtası ile boşaltmaktadır. Van Gölü Kapalı Havzası'ndaki jeolojik birimlerin hidrojeolojik özelliklerinin yer aldığı, MTA'nın 1/250 000'lik hidrojeoloji haritasından uyarlanarak oluşturulan hidrojeolojik harita Şekil 2-10'da verilmiştir.



Şekil 2-10: Van Kapalı Havzası Hidrojeoloji Haritası



Van Gölü Havzası yeraltı suları bakımından çok zengindir. İçme suları olarak kullanılabilen nitelikte akan kaynak sularına her yerde rastlamak mümkündür. Şehir merkezleri ve ilçelerin içme suları kaynak sularıdır, yeraltı suları bol ve soğuktur. Havza içine giren illerden Van ilinin YAS potansiyeli “2013 yılı Van Kapalı Havzası Master Plan Raporu/Van Kapalı Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporuna” göre 379,48 hm³, içme-kullanma, sulama ve sanayi alanlarında yıllık tahsis miktarı 30,55 hm³’tür. Bitlis ilinin ise “DSİ Bitlis İli Hidrojeolojik Etüt Raporuna” göre Yeraltı Suyu Potansiyeli 90,28 hm³, içme-kullanma, sulama ve sanayi alanlarında yıllık tahsis miktarı 20,58 hm³’tür. Van ili mevcut yeraltı su kaynakları Tablo 2-11 ‘da verilmiştir.

Tablo 2-11 Van İli Mevcut Yeraltı Su Kaynakları (SYGM, Master Plan Raporu-2015)

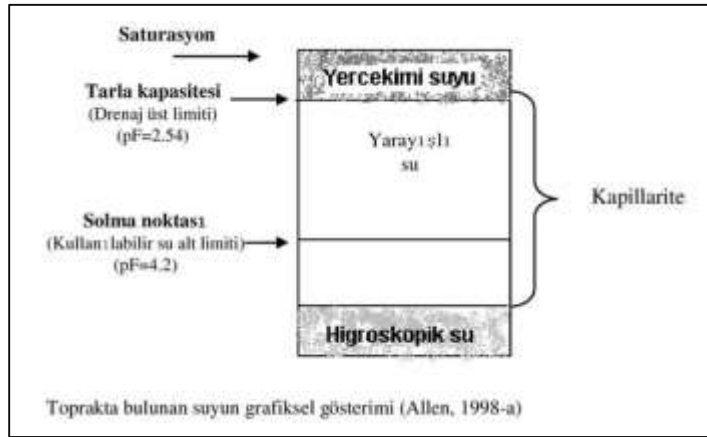
Adı	Türü	Yeri	Kapasitesi (hm ³ /yıl)	Kalitesi
Zernabat	Kaynak	Van 15 km Doğu	18.921	1.Sınıf
Kırmızı bulak	Kaynak	Gevaş 4 km Güney	28.382	1.Sınıf
Cianıçepean	Kaynak	Çatak 6 km Kuzey	9.460	1.Sınıf
Cumhuriyet	Kaynak	Çatak 9,5 km Kuzey	2.522	1.Sınıf
Edremit	Kaynak	Edremit Güney	6.307	2.Sınıf
İmamabdal	Kaynak	Erciş 35 km Kuzeydoğu	17.344	1.Sınıf
Yukarı Işıklı	Kaynak	Erciş 2 km Kuzey	94.608	1.Sınıf
Süsebulaklar	Kaynak	Bostaniçi 3 km Doğu	1.576	1.Sınıf
Gündüzlü	Kaynak	Sağmal 15 km Kuzeybatı	7.884	1.Sınıf
Esrük Dağı	Kaynak	Ünseli 4 km Kuzeydoğu	3.784	1.Sınıf
Osman	Kaynak	Kocapınar Yerleşim Alanı	1.892	1.Sınıf
Başkaynak	Kaynak	Bahçesaray 6 km Kuzeyi	12.614	1.Sınıf
Kırkgöz	Kaynak	Özalp 30 km Güneydoğu	5.045	1.Sınıf
Yaşkütük	Kaynak	Çaldıran 12 km Kuzeybatı	6.370	1.Sınıf
Benevşe	Kaynak	Muradiye 4,5 km Doğu	6.937	1.Sınıf
Ayrancılar	Kaynak	Muradiye 20 km Kuzeydoğu	6.622	1.Sınıf
İspiriz, Varabilen 1-2	Kaynak	Başkale 8 km Doğu	12.929	1.Sınıf
Şamran	Kaynak	Gürpınar 2 km Güney	1.576.800	1.Sınıf

2.3.8. Havzaya Ait Diğer Veriler

2.3.8.1. Tarla Su Tutma Kapasiteleri

Palmer İndisinin hesaplanması için tarla su tutma kapasitesi verisine gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle evapotranspirasyon, buharlaşma gibi hesapları içinde barındıran kuraklık indisleri için bu veri büyük önem oluşturmaktadır.

Bilindiği üzere tarla su tutma kapasitesi (*available water holding capacity*); tarla kapasitesinin (*field capacity*) solma noktası (*wilting point*) ile farkının bir sonucudur (Şekil 2-11). Bitki toprakta bulunan tarla kapasitesi kadar suyun hepsini bünyesine alamaz. Bu nedenle bitki için bir solma noktası bulunmaktadır. Tarla su tutma kapasitesi hesaplanırken bu iki kavram net bir şekilde ortaya konulmalıdır.

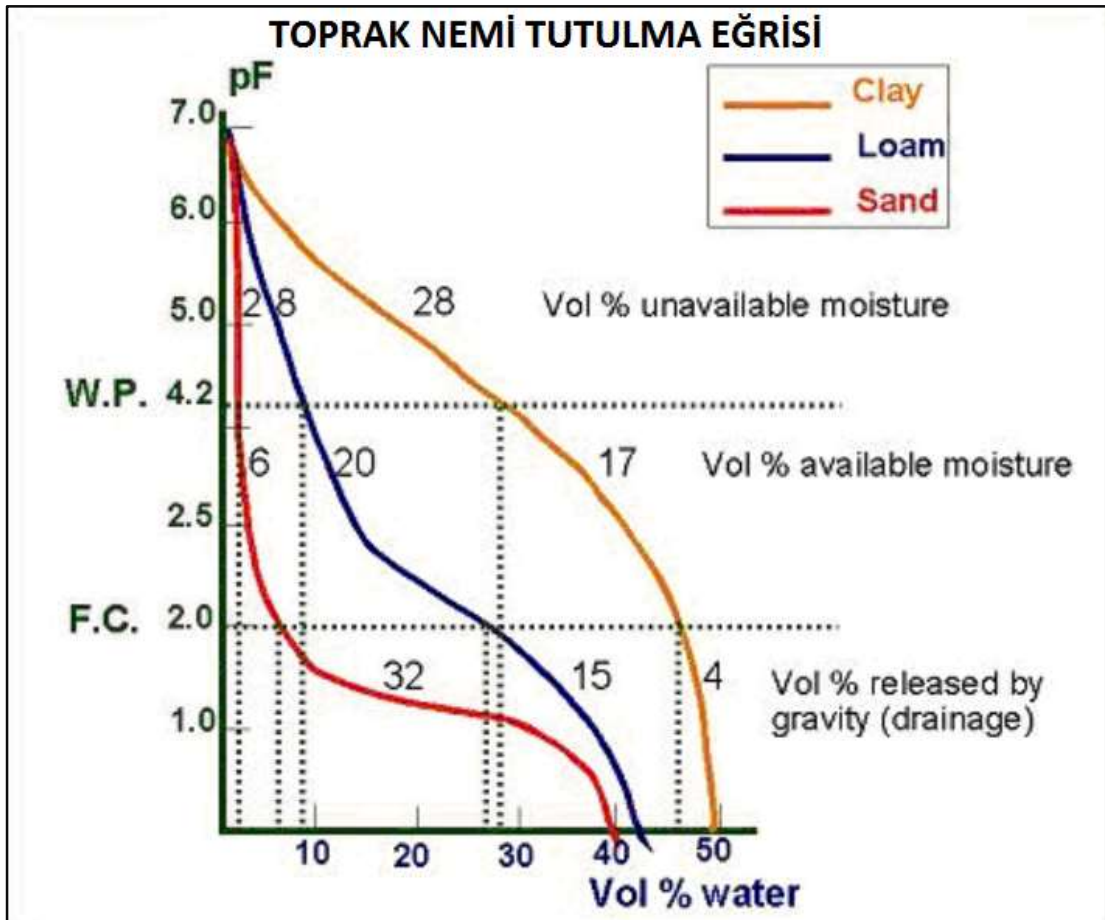


Şekil 2-11. Toprakta bulunan suyun grafiksel gösterimi (Allen, 1998-a)

Proje kapsamında kullanılacak olan tarla su tutma kapasiteleri global veri seti ile hazırlanmış olan uydu görüntüleri kullanılarak sağlanmıştır. Bu kapsamda yapılan araştırmalarda kimi uydu görüntüsü uzaysal çözünürlük, kimi zamansal ve bazıları ise nitelik açısından yetersiz bulunmuştur. Ancak ISRIC (*International Soil Reference and Information Centre*) tarafından 2014 yılında sunulan çalışmada toprak ile ilgili, organik karbon, pH, bünye (kum, silt, kil, iri taneli malzeme yüzdeleri), ana kaya derinliği gibi parametrelerin yanı sıra hacimsel tarla su tutma kapasitesi 250 m uzaysal çözünürlükle, 0m, 0.15m, 0.30m, 0.60m, 1.00m ve 2.00m toprak derinlikleri için ayrı ayrı belirtilmektedir. İlgili kaynak tarla su tutma kapasitesini doğrudan hacimsel olarak sunmaktadır. Bu kaynaktan sağlanan veri tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri göz önünde tutularak oluşturulmuştur. Tarla kapasitesi ve solma

noktası değerlerini ayrıca içermemektedir. Durre, Wallace ve Lettenmaier (1998), yaz saati günlük maksimum sıcaklığının önceki toprak nemine bağımlılığı üzerine ABD’de yaptıkları bir analizde, su bilançosu modeli için maksimum toprak suyu içeriğini belirlemeye ihtiyaç duymuş ve bu parametreyi ISRIC veri tabanını kullanarak elde etmişlerdir. Ayrıca Mekonnen, Hoekstra ve Becht (2010) yaptıkları çalışmada Kenya’daki Naivasha Gölü Havzasındaki su ayak izini azaltmayı amaçlamış ve ihtiyaç duyulan AWC verilerini ISRIC’ten sağlamışlardır.

Hacimsel tarla su tutma kapasitesi verisi için solma noktası alt limit olarak kabul edilmiş ($pF=4.2$), üst limit ise üç farklı basınç durumu ($pF=2.0$, $pF=2.3$, $pF=2.5$) için göz önüne alınarak (Şekil 2-12) üç farklı basınç türünde üç farklı hacimsel tarla su tutma kapasitesi hesaplanmış ve veri bu şekilde sunulmuştur.



Şekil 2-12. Toprak nemi tutulma eğrisi (Lajos, B., 2008)



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



ISRIC tarafından sunulan bu veriler indis analizi yapılacak olan istasyon ve çevresi için her bir derinlikte elde edilmiştir. İlgili veriler Tablo 2-12’de sunulmuştur.



Tablo 2-12 Farklı derinlik ve basınç durumlarında tarla su tutma kapasiteleri (%)

Tarla Kapasite Basınçları	pF=2							pF=2.3							pF=2.5						
	0	5	15	30	60	100	200	0	5	15	30	60	100	200	0	5	15	30	60	100	200
Ağrı	13	14	13	12	13	13	13	10	11	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	9	9
Ahlat	15	16	16	15	14	14	14	12	13	12	12	11	11	11	10	11	10	10	9	9	9
Başkale	17	18	17	15	14	14	14	14	14	13	12	11	11	11	11	12	11	10	9	9	9
Bitlis	15	16	16	15	14	14	14	12	13	13	12	11	11	11	10	10	11	10	9	9	9
Doğubeyazıt	18	18	17	16	16	16	16	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12	11	11	11	11
Erciş	14	14	14	14	14	14	14	11	11	11	11	11	11	11	9	10	9	9	9	9	9
Gevaş	16	17	16	16	14	14	15	13	13	13	12	11	11	12	11	11	11	10	9	9	10
Malazgirt	14	15	14	13	14	14	14	11	12	11	11	11	11	11	9	10	9	9	9	9	9
Muradiye	15	15	15	14	14	14	14	11	12	11	11	11	11	11	10	10	10	9	9	9	9
Özalp	17	17	17	15	14	14	14	13	14	13	12	11	11	11	11	12	11	10	9	9	9
Tatvan	17	18	18	17	16	15	15	14	14	14	13	13	12	12	12	12	12	11	10	10	10
Van	16	17	16	16	15	15	15	13	13	13	12	12	12	12	11	11	10	10	10	10	10

Daha sonra elde edilen verilerden, havza için bitki kökü derinliği 1.00 m olarak kabul edilerek, her istasyon için üç basınç durumunda sunulan hacimsel tarla su tutma kapasitelerinin aritmetik ortalaması alınmıştır. Sonrasında ise hacimsel bu veri derinlik olarak varsayılan 1000mm ile çarpılarak sonuca ulaşılmıştır (Tablo 2-13).

Tablo 2-13 İstasyonlara ait tarla su tutma kapasiteleri (mm/m)

	AWC, 1.00 m
Ağrı	106.67
Ahlat	113.33
Başkale	113.33
Bitlis	113.33
Doğubeyazıt	133.33
Erciş	113.33
Gevaş	113.33
Malazgirt	113.33
Muradiye	113.33
Özalp	113.33
Tatvan	123.33
Van	123.33

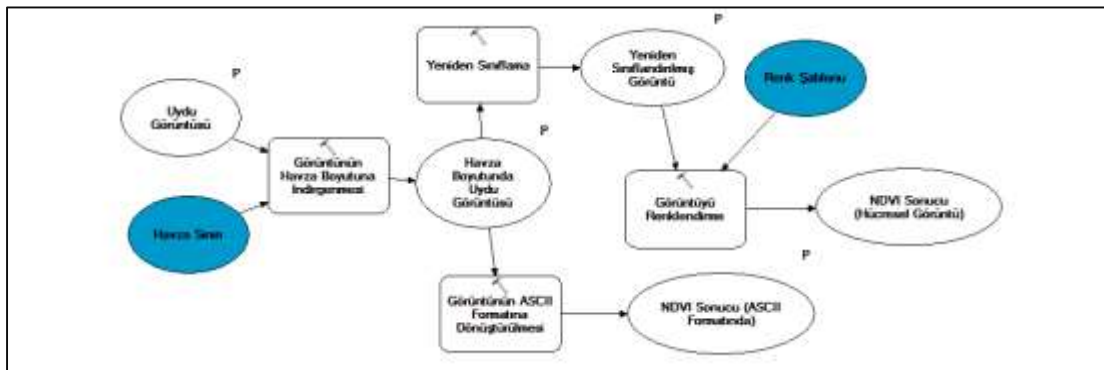
2.3.8.2. Uzaktan Algılama Veri Kaynakları

Kuraklık başlığı altında, uydu görüntülerinin değerlendirilmesi için sıklıkla kullanılan birkaç yöntem bulunmaktadır. Proje kapsamında, bu yöntemler içinde en çok kullanılan yöntemlerden biri olan Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi'nin (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) değerlendirilmesi

uygun görülmüştür. Uydu görüntülerinden elde edilen NDVI sonuçları, bölgenin bitki örtüsü durumunun yıllar/aylar içinde nasıl değişim sergilediğini anlamaya olanak tanımaktadır. Bunun yanı sıra bu değişim, değerlendiriciye mekansal olarak kıyaslama olanağı sunabilmektedir.

Proje kapsamında incelenen NDVI sonuçları, Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Terra uydusundan sağlanmıştır. Bu uydu, bölge için ayrıntılı ve uzun yıllara dayanan NDVI analizi yapılmasına imkan verdiği için seçilmiştir. Sözü edilen sensörün, mekansal, zamansal ve görünel (spectral) çözünürlükleri görece diğer alternatiflere göre daha yüksektir. MODIS Terra uydusunun şerit genişliği 2330 km olup, görüntü zaman aralığı 2000'den günümüze kadar ulaşmaktadır. MODIS görüntüleri 36 farklı görünel (spectral) banttan oluşmakta, 250 m uzaysal çözünürlükte görüntü sunmakta ve zamansal olarak NDVI için yaklaşık 5-6 günde bir aynı bölgeden görüntü verebilmektedir. NDVI verisinin üretilmesi için kullanılan yakın kızılötesi (NIR) bandı dalgaboyu aralığı 0.841-0.876 µm ve görünür kırmızı bandı (visible red, R) dalga boyu 0.62-0.67 µm aralığındadır. Sözü edilen uydudan sağlanan NDVI görüntülerinin gerekli düzeltmeleri hali hazırda yapılmış olarak sunulmaktadır.

MODIS Terra uydusundan alınan görüntüler belli aşamalardan geçirilip, düzenlenip kullanıma uygun hale getirilmiştir (Şekil 2-13).



Şekil 2-13. Uydu görüntüleri işleme adımları akış şeması



Öncelikle ilgili uydu görüntüleri United States Geological Survey (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu) (USGS)'in kullanıcılara sağlamış olduğu sistem üzerinden aylık olarak temin edilmiştir. Daha sonra bu görüntüler havza boyutuna indirgenmiş ve elde edilen görsel veri yeniden sınıflandırılmıştır. Bundan sonra bu sınıflar için tüm haritalarda ortak olarak kullanılan renk şablonu ile nihai görseller elde edilmiştir. Diğer yandan yeniden sınıflama yapılmadan önce özgün NDVI değerlerinin korunabilmesi ve diğer indisler ile karşılaştırılabilmesi için özgün NDVI sonuçları ASCII dosya formatına dönüştürülmüştür.

Tarihi Kuraklık Kayıtları

Van Gölü Havzası'nda geçmişte yaşanmış kuraklık olaylarını aydınlatıcı kayıtlara sınırlı derecede erişilmektedir. Sınırlı olarak bulunan kayıtlardan, Cumhuriyet döneminde yaşanan kuraklıkların en önemlisi 1928 yılında yaşanandır. Daha önce görülen savaş kıtlıkları bile 1928 kuraklığı kadar geniş bir coğrafyayı etkisi altına almamıştır. Bu yaşanan kuraklık, çoğunlukla İç Anadolu Bölgesi'ndeki çiftçileri etkilemiştir. 1933'lü yıllarda ise, Van ve civarında görülen kuraklık büyük sıkıntılara sebep olmuş ve halk yiyecek yokluğu çekmiştir (Uyanık, 2011). Bununla birlikte havza için 2004-2015 arası TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) bitki üretim istatistikleri incelendiğinde üretimde azalmaların olduğu görülmektedir. Ancak üretimdeki bu azalma her zaman kuraklığa bağlı olmayabilir. Bilindiği gibi üretimi azaltacak en önemli faktörlerden biri insan etkisidir. Bu azalama göç, üretim değişikliği, içinde bulunulan sosyal yapı ve bölge yaşam şartları ile de doğrudan ilgilidir.

Havzada yaşanmış kuraklık kayıtlarının az olması nedeni ile Türkiye genelinde yaşanmış kuraklık olaylarından yola çıkılarak havza için en azından yaşanmış olabilecek kuraklık evreleri hakkında bilgi sahibi olunabilir. Türkiye'de, son 40 yılda kış mevsimi ile yıllık yağış değişimleri dikkate alındığında, en şiddetli ve geniş yayılım göstermiş kuraklık olayları 1971-1974, 1983-1984, 1989-1990, 1996, 2001 ve 2007-2008 yıllarında meydana gelmiştir.



BÖLÜM 3

İKLİM PROJEKSİYONLARI

3.1. Projeksiyon Tanımları

Proje kapsamında, havzalar bazında yapılan model simülasyonları 10'ar yıllık dönemler halinde ortalama sıcaklık, maksimum ve minimum sıcaklıklar yağış ve 6 adet iklim indisinden oluşmaktadır. Bu indisler Ardışık Kurak Gün Sayısı (CDD), Ardışık Islak Gün Sayısı (CWD), 5 Günlük Maksimum Yağış (Rx5gün), 1 Günlük Maksimum Yağış (Rx1gün), Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı R10 ve Çok Şiddetli Yağışlı Gün Sayısı (R25)'dir. Günümüz simülasyonları için Ocak 1960-Aralık 2000 dönemi kullanılarak toplam 41 yıllık simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra bilimsel yazınla eşdeğerliğinin sağlanması ve aynı zamanda bölgesel modelin bileşenlerinin dengeye ulaşması için gereken simülasyon zamanı dikkate alınarak 1971-2000 yılı simülasyonları referans dönemi olarak alınmıştır. RCP4.5 ve RCP8.5 temsili konsantrasyon rotaları için elde edilen gelecek iklim simülasyonları 1971-2000 referans dönemine göre değerlendirilmiştir. İncelenen parametrelerin referans dönemine göre 2100 yılına kadar farkları 10'ar yıllık dönemler için yıllık ortalamalar (yağış için yıllık toplam) halinde hesaplanmıştır.

Bu kapsamda, RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin başlangıç ve sınır koşullarını oluşturan HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 yer sistem modellerinin günümüz koşullarına karşı gelen simülasyonları, her 10 yıllık periyot bazında ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, toplam yağış ve 6 adet iklim indisi 25 havza bazında hesaplanmıştır.

İklim sisteminin karmaşık yapısı son 50 yılda modelleme araçlarında önemli gelişmelerin sağlanmasına yol açmıştır. İklim sistemindeki fiziksel süreçleri simüle etmek üzere kullanılan bu araçlar içerisinde en önemli gelişmeler modellerin parametrik düzenlerinde görülmektedir. Küresel modellere bölgesel iklim modellerinin kuple edilmesi ile elde edilen İklim projeksiyonlarında oluşan bu belirsizlikler, modellerin içerisindeki süreçlere, çözünürlük ve model zorlamalarına



bağlıdır. Bu nedenle, havzada gözlemlendiği üzere kullanılan üç küresel iklim modeline dayalı sonuçlar arasında farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Model sonuçlarındaki bu farkların dayandığı sebepler içerisinde en öne çıkanı, modellerin içerdiği fizik opsiyonlarıdır. Örneğin, bu opsiyonlardan kümülüs konveksiyon şemasına dayalı kütle-akı yapısı sonuçlar üzerinde potansiyel bir etken olabilmektedir. (Dosio, Panitz, Frisius, & Lüthi D., 2015), yüzey sıcaklığı ve mevsimsel yağışın sınır şartlarından fazlaca etkilendiğini ve bu etkiyi RegCM4.3 bölgesel iklim modelini süren küresel iklim modelinin ortaya çıkarabildiğini göstermiştir.

3.2. İklim Senaryoları

Sıcaklık Projeksiyonları

a) RCP4.5 Senaryosu

RCP4.5 kapsamında Van Gölü Havzası için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleriyle simüle edilen referans dönemi incelendiğinde, ortalama sıcaklık değerlerinin havzanın batısında yaklaşık 10°C iken havzanın doğusuna gidildikçe 7°C'lere kadar düştüğü görülmektedir.

HadGEM2-ES modelinin RCP4.5 senaryosuna göre ilk 10 yıllık periyodunda 1,3°C civarında olan anomali değerlerinin son periyotta 3,8°C'lere ulaşması beklenmektedir. 2040'lı yıllardan sonra iyice belirginleşen sıcaklık artışının, genel olarak havzaya homojen bir şekilde dağılacığı tahmin edilmektedir. HadGEM2-ES modeli, 85 yıllık projeksiyon periyodunun on yıllık dönemlerinin hepsinde diğer iki modelden oldukça yüksek sıcaklık farklılıkları öngörmektedir.

RCP4.5 senaryosu altında MPI-ESM-MR modeli, genellikle CNRM-CM5.1 modelinden daha soğuk sonuçlar simüle etmektedir. 2015-2100 projeksiyon döneminin ilk 10 yıllık periyodunda 1971-2000 referans dönemine göre 0,6°C artması beklenen sıcaklıklar, son on yıllık periyot döneminde ancak 2,2°C'ye kadar ulaşabilmektedir. 2030'lu yıllara kadar sıçrama yapan anomali değerlerinin, 2030 yılından sonra her on yıllık dönemde azar azar değişeceği tahmin edilmektedir.



CNRM-CM5.1 model sonuçları değerlendirildiğinde, ilk 10 yıllık dönem ile son 10 yıllık dönem arasında en düşük salınımı gösteren modelin CNRM-CM5.1 olduğu ortaya çıkmaktadır. 2015-2020 periyodunun anomali ortalamasına bakıldığında en yüksek değeri 1,4°C ile HadGEM2- ES modeli ile yakın sonuçlar üretirken 2091-2100 yılları arasında HadGEM2-ES 3,8°C'ye ulaşırken CNRM-CM5.1 modeli 2,7°C'de kalmaktadır. Hesaplanan anomali değerlerine göre, Van Gölü Havzası'nın tamamında büyük farklılıklar ön plana çıkmamaktadır.

RCP4.5 senaryosu tüm model sonuçları için genel olarak değerlendirildiğinde, havzada özellikle 2060 ve sonrası dönemde belirginleşmek üzere sıcaklıkların ortalama 3°C civarında artacağı ve bu artışların havzanın güney kesimlerinde daha fazla olacağı tahmin edilmektedir.

b) RCP8.5 Senaryosu

Van Gölü Havzası'nda HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine ait 2015- 2100 yılları RCP8.5 senaryosu ortalama sıcaklık parametresi simülasyon sonuçları 10'ar yıllık değişimler bar diyagramları halinde Şekil 3-1 ve Tablo 3-1 sayısal değerler olarak ile verilmektedir.

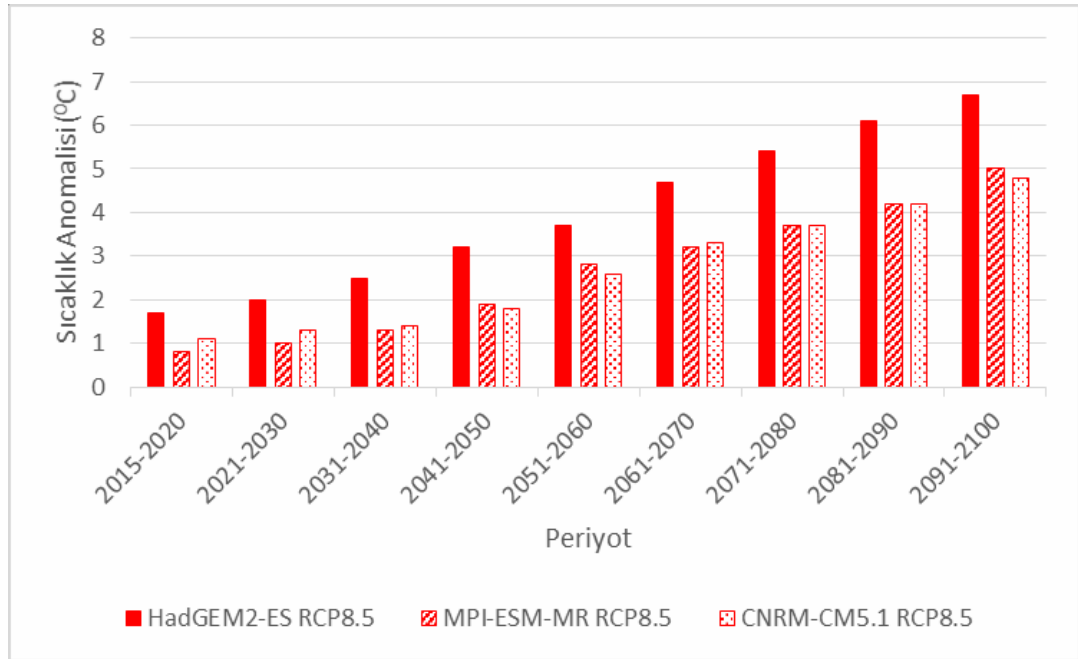
HadGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryosuna göre çalıştırıldığında oldukça dramatik sonuçlar üretmektedir. 2040'lı yıllara kadar RCP4.5 sonuçlarından fazla uzaklaşmayan sıcaklık değerleri, 2040 yılından sonraki dönemlerde ortalama 0,6°C/10 yıl gibi lineer bir trend ile artış sergilemekte ve son on yılda referans periyoduna göre 6,7°C'ye kadar ciddi bir değişim ortaya koymaktadır. Bu değişim ise MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin tahmin ettiği sıcaklık değişimlerinin çok üzerindedir.

RCP4.5 senaryosu altındaki MPI-ESM-MR modeli çoğunlukla CNRM-CM5.1 modelinden daha yüksek sıcaklık değişimi simüle ederken, RCP8.5 senaryosu çalıştırıldığı yüzyıl boyunca CNRM-CM5.1 modeline daha yakın sonuçlar öngörmektedir. 2050'li yıllarda referans dönemine kıyasla 2,5°C'den daha fazla

ısınması beklenen Van Gölü Havzası'nın son on yıllık periyoduna, yaklaşık 5°C'lik sıcaklık artışı hakim olmaktadır.

Van Gölü Havzası'nda CNRM-CM5.1 RCP8.5 senaryosu incelendiğinde; RCP4.5 senaryosuna oranla havzadaki akarsuların ve Van Gölü'nün etrafındaki sıcaklık artışının daha fazla olacağı değerlendirilmiştir. RCP8.5 senaryo sonuçlarına göre 2091-2100 döneminde en soğuk geçmesi beklenen model CNRM-CM5.1'dir. Bu modelin 2091-2100 yılları arasında RCP4.5 anomali değerleri 2,7°C'ye kadar yükselmiş, RCP8.5 senaryosunda ise bu değer 4,8°C'ye ulaşabilmiştir (Tablo 3-1).

RCP8.5 senaryosu değerlendirildiğinde, havza genelinde özellikle 2040 yılından sonra önemli seviyelerde sıcaklık artışlarının beklendiği ve yüzyıl sonunda sıcaklıkların 5°C'ye varacağı değerlendirilmiştir.



Şekil 3-1: RCP8.5 Senaryosuna Göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modellerine Dayalı Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 10'ar Yıllık Değişimi



Tablo 3-1: RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Ortalama Sıcaklık Anomali Değerleri (°C)

Periyot	HadGEM2-ES		MPI-ESM-MR		CNRM-CM5.1	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
2015-2020	1.3	1.7	0.6	0.8	1.4	1.1
2021-2030	1.8	2.0	0.9	1.0	0.9	1.3
2031-2040	2.3	2.5	1.6	1.3	1.1	1.4
2041-2050	2.6	3.2	1.4	1.9	1.5	1.8
2051-2060	3.0	3.7	1.9	2.8	1.6	2.6
2061-2070	3.3	4.7	2.0	3.2	1.7	3.3
2071-2080	3.4	5.4	2.2	3.7	2.2	3.7
2081-2090	3.5	6.1	2.2	4.2	2.2	4.2
2091-2100	3.8	6.7	2.2	5.0	2.7	4.8
Ortalama	2.8	4.0	1.7	2.7	1.7	2.7
Genel Ortalama	2.6					

Sıcaklık Projeksiyonlarının Genel Değerlendirilmesi

HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerinin Van Gölü Havzası için maksimum, ortalama ve minimum sıcaklık simülasyonları incelendiğinde, RCP8.5 senaryosu altında üç modelin de daha şiddetli sıcaklık değişimleri öngördüğü ve bu değişimin genelde pozitif yönde olup havzanın bütününde ısınmaya yol açtığı ortaya çıkmaktadır. HadGEM2-ES modeli özellikle RCP8.5 senaryosu ile çalıştırıldığında ortalama sıcaklık değerlerinin Van Gölü Havzası'nın tümünde lineer bir trend ile artması beklenmektedir. 2091-2100 yılları arasında 6,7°C gibi ekstrem bir sıcaklık artışı simüle eden RCP8.5, RCP4.5 ile arasındaki farkı yaklaşık 3°C'ye çıkarmaktadır. MPI-ESM-MR modeli daha çok CNRM-CM5.1 modeline benzer eğilimler sergilemekte ancak; son on yılda RCP8.5 senaryosunda havzanın referans dönemine kıyasla daha çok ısınacağını ileri sürmektedir. CNRM-CM5.1 modeli her iki senaryoda da projeksiyon periyodunun başından sonuna kadar olan bütün sıcaklık değişimlerini en düşük tahmin etmektedir. Havzada beklenen bu sıcaklık artışlarının havzanın güney kesimlerinde daha fazla gözleneceği gözlenmektedir. Tüm simülasyonlar içinde en yüksek sıcaklık



artışını öngören model ve senaryo HadGEM2-ES RCP8.5 modeli olup yüzyıl sonunda sıcaklıktaki artış değerinin 6,7°C gibi ciddi bir değere ulaşması beklenmektedir.

Toplam Yağış Projeksiyonları

a) RCP4.5 Senaryosu

RCP4.5 senaryosuna göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine dayalı RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 2015-2100 yılları toplam yağış simülasyon sonuçlarının referans döneme göre Van Gölü Havzası'nın kuzeydoğu-doğu-güneydoğu şeridi havzanın batısından daha düşük miktarda yağış almakta ve ortalama toplam yağış miktarı 450 mm'lere kadar düşmektedir.

HadGEM2-ES modelinin RCP4.5 senaryosuna göre projeksiyon periyodunun ilk on yılında havzanın batı ve güneybatı kesimlerinde artan bir yağış trendi öngörülmektedir. Diğer dönemlerdeki referans periyoduna kıyasla en çok artış ise Van Gölü'nün güney kıyısında beklenmektedir. Model sonuçları ele alındığında, 2015-2100 yılları için sulak ve kurak periyodların değişiminde bir eğilim bulunmadığı anlaşılmaktadır. Örneğin; 2061-2090 dönemine belirgin bir şekilde artan yağışlar hakimken 2031-2060 yılları arasında kısmen azalan yağışlar egemendir. Bununla birlikte, artma ve azalma miktarlarında çok fazla ekstrem değerlere rastlanmamaktadır. Referans periyoduna göre yaklaşık 200 mm azalma gösteren ise hiçbir yıl bulunmamaktadır. Modele göre en yüksek artış değeri 65 mm ile 2071-2080 periyodunda en yüksek azalma değeri ise -30 mm ile 2091-2100 periyodunda beklenmektedir.

RCP4.5 senaryosuna dayalı MPI-ESM-MR modelinde, referans dönemine kıyasla az yağış alan kuzeydoğu bölgesiyken, çok yağış alan ise Van Gölü'nün güney kesimidir. 2021-2030 ve 2041-2050 periyotlarının geri kalan projeksiyon dönemine göre daha kurak geçmesi beklenmekte ancak; havza ölçeğinde lineer değişimler gözlenmemektedir. Toplam yağış azalmalarının en çok 43 mm ortalama ile 2031-2040 periyodu olması öngörülmektedir. Diğer yandan, yağıştaki artış ve düşüş



şeklindeki değişimlerin çok şiddetli olmadığı görülmekte; referans periyoduna kıyasla 200 mm daha az yağış alan yalnızca 1 yıl göze çarpmaktadır. 100 mm'yi aşan pozitif anomaliye sahip 6 yıl olmasına rağmen, 100 mm'yi aşan negatif anomali yıl sayısı 13'e ulaşmaktadır.

CNRM-CM5.1 model sonuçlarına göre havzada meydana gelen yağışlar HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modeline kıyasla daha çok artış gösterme eğilimindedir. Toplam yağış miktarının genellikle havzanın kuzeyinde (Van Gölü'nün üst kesimi) artması beklenirken 2031- 2040 döneminde artışlar havzanın tamamına yayılmakta ve ortalaması 56 mm ile maksimuma ulaşmaktadır. Zaman serileri incelendiğinde ise negatif anomali değerlerinin 2090'lı yılları domine ettiği görülmekte ve bu yıllara değin yağış miktarında kayda değer bir azalma söz konusudur. Ayrıca, 200 mm'yi aşan pozitif ve negatif anomali değerlerine bakıldığında; havzanın ekstrem koşulların etkisi altında kalmayacağı fakat kısmen ıslak yıllara teslim olacağı anlaşılmaktadır.

RCP4.5 senaryo sonuçları, havza genelinde toplam yağış parametresi için genel olarak değerlendirildiğinde, havzada zaman zaman artış ve azalış beklense de artma ve azalma miktarlarında çok fazla ekstrem değerlere rastlanmayacağı ve genel trendin havzada yağış artışı yönünde olduğu ve bu artış değerlerinin Van Gölü'nün kıyı kesimlerinde belirginleştiği göze çarpmaktadır.

b) RCP8.5 Senaryosu

RCP8.5 senaryosuna göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modellerine dayalı yıllık anomali zaman serilerini; Şekil 3-2 ise yağış rejiminin onar yıllık değişimini vermektedir. 10 yıllık değişimlerin sayısal ve yüzde değerleri Tablo 3-2 ile anomali beklenen yıl sayıları verilmiştir.

HadGEM2-ES modelinin RCP8.5 senaryosunda, RCP4.5 senaryosuna kıyasla toplam yağış anomalilerinin daha yüksek olduğu gözlenirken on yıllık dönemlerin çoğunda havza, referans periyoduna göre artan yağışların etkisi altında



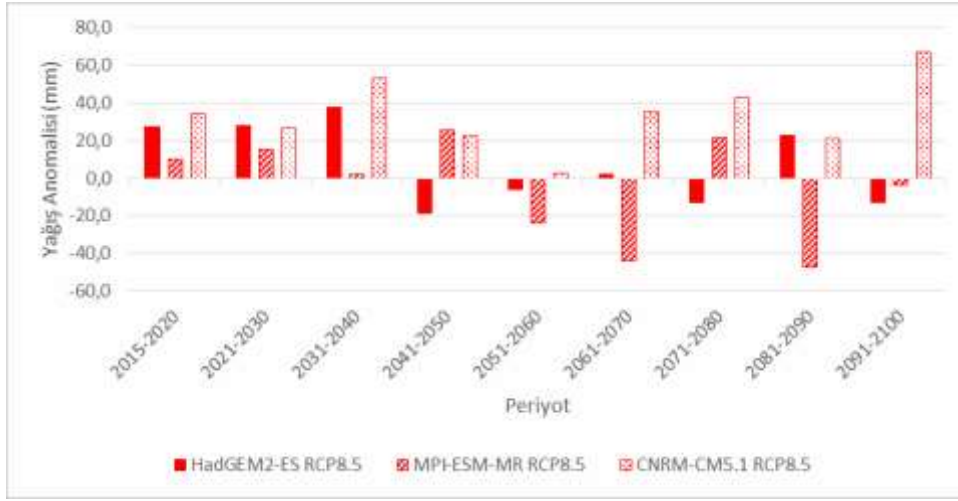
kalmaktadır. Özellikle 2030'lu yıllarda yağışta en yüksek artışlar meydana gelmekte ve dönemsel ortamlar 38 mm'yi bulmaktadır. Ancak, bu artışlar ekstrem değerlerde olmadığı için 100 mm ve 200 mm'yi aşan negatif anomali yıl sayıları RCP4.5 senaryosuna göre değişiklik ortaya koymamaktadır. Bunun yanı sıra, artan yağış bölgeleri havzada dönem dönem farklılık göstermekte ve belirli bir paterne sahip olmamaktadır. Öte yandan, 2041-2050 döneminde hakim olan yağış azalmalarının referans dönemine göre %3 civarında azalması beklenmektedir.

Van Gölü Havzası için MPI-ESM-MR model sonuçları, RCP4.5 senaryosunun 2050 yılına kadar simüle ettiği artışların RCP8.5 senaryosunda kuvvetlendiğini; azalmaların ise sönmüldüğünü ortaya çıkarmaktadır.

RCP8.5 senaryosundaki ortalaması 2 mm yağış artışı olarak ortaya çıkmaktadır. 2050 yılından sonra ise genel olarak referans periyoduna kıyasla azalan yağışların hakim olacağı tahmin edilmektedir. Diğer yandan, RCP4.5 senaryosunda hiç gözlenmeyen 200 mm üzerindeki pozitif anomali yıl sayısı RCP8.5 senaryosunda 6 yıla kadar; 100 mm'yi aşan pozitif anomali yıl sayısı ise neredeyse iki katına çıkmıştır. Söz konusu model için yağış eksikliğinin en çok beklendiği periyot 50 mm ile 2081- 2090 periyodudur.

RCP8.5 senaryosu ile çalıştırılan CNRM-CM5.1 modelinde özellikle 2060 yılından sonra toplam yağış miktarı ve anomaly yüzdelerinin arttığı izlenmektedir. Bu artış miktarı, RCP4.5 senaryosundan görece daha fazladır. RCP8.5 senaryosundaki en şiddetli artışın (68 mm) 2091-2100 yılları arasında olacağı öngörülmektedir. RCP8.5 ve RCP4.5 senaryoları karşılaştırıldığında RCP8.5 senaryosundaki yağışların yaklaşık %1 daha fazla olacağı tahmin edilmektedir.

RCP8.5 senaryo sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde; yağıştaki artışların özellikle havzanın güney ve Van Gölü'ne yakın kesimlerinde artacağı, kuzey kesimlerinde ise azalacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 3-2: RCP8.5 Senaryosuna Göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modellerine Dayalı Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 10'ar Yıllık Değişimi

Tablo 3-2: RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına göre HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 Modelleri Toplam Yağış Anomali Değerleri

Periyot	HadGEM2-ES				MPI-ESM-MR				CNRM-CM5.1			
	RCP4.5 (mm)	RCP4.5 (%)	RCP8.5 (mm)	RCP8.5 (%)	RCP4.5 (mm)	RCP4.5 (%)	RCP8.5 (mm)	RCP8.5 (%)	RCP4.5 (mm)	RCP4.5 (%)	RCP8.5 (mm)	RCP8.5 (%)
2015-2020	20.4	3.8	27.4	5.1	-6.2	-1.1	10.1	1.9	25.9	4.5	34.2	5.9
2021-2030	-4.4	-0.8	27.8	5.1	25.6	4.7	15.2	2.8	35.9	6.2	26.9	4.7
2031-2040	-13.9	-2.6	37.9	7.0	-43.1	-7.9	2.0	0.4	55.7	9.7	53.1	9.2
2041-2050	-26.0	-4.8	-18.6	-3.4	19.5	3.6	25.4	4.7	42.9	7.4	22.5	3.9
2051-2060	-3.2	-0.6	-5.9	-1.1	-20.9	-3.9	-24.0	-4.4	11.1	1.9	2.9	0.5
2061-2070	14.8	2.7	2.0	0.4	-11.2	-2.1	-43.7	-8.0	-2.7	-0.5	35.6	6.2
2071-2080	64.6	11.9	-13.0	-2.4	-5.4	-1.0	21.5	4.0	26.7	4.6	42.6	7.4
2081-2090	36.8	6.8	22.9	4.2	-15.6	-2.9	-47.5	-8.7	37.8	6.6	21.2	3.7
2091-2100	-31.4	-5.8	-13.1	-2.4	-22.5	-4.1	-3.7	-0.7	-16.9	-2.9	67.3	11.7
Ortalama	6.4	1.2	7.5	1.4	-8.9	-1.6	-5.0	-0.9	24.0	4.2	34.0	5.9
Genel Ortalama	5.7											

Toplam Yağış Projeksiyonlarının Genel Değerlendirilmesi

Van Gölü Havzası için HadGEM2-ES modeli ile elde edilen simülasyonlar, RCP8.5 senaryosunda referans periyoduna kıyasla daha az yağış alması beklenen on yıllık dönemlerin, çoğunlukla şiddetinde azalma olduğunu göstermektedir. Her iki senaryo altında da projeksiyon dönemi boyunca yağış artışı ve düşüşlerinde net bir eğilim gözlenmemekte ve çok fazla ekstrem değer kaydedilmemektedir. RCP4.5 senaryosunda 65 mm ile en yüksek yağışların



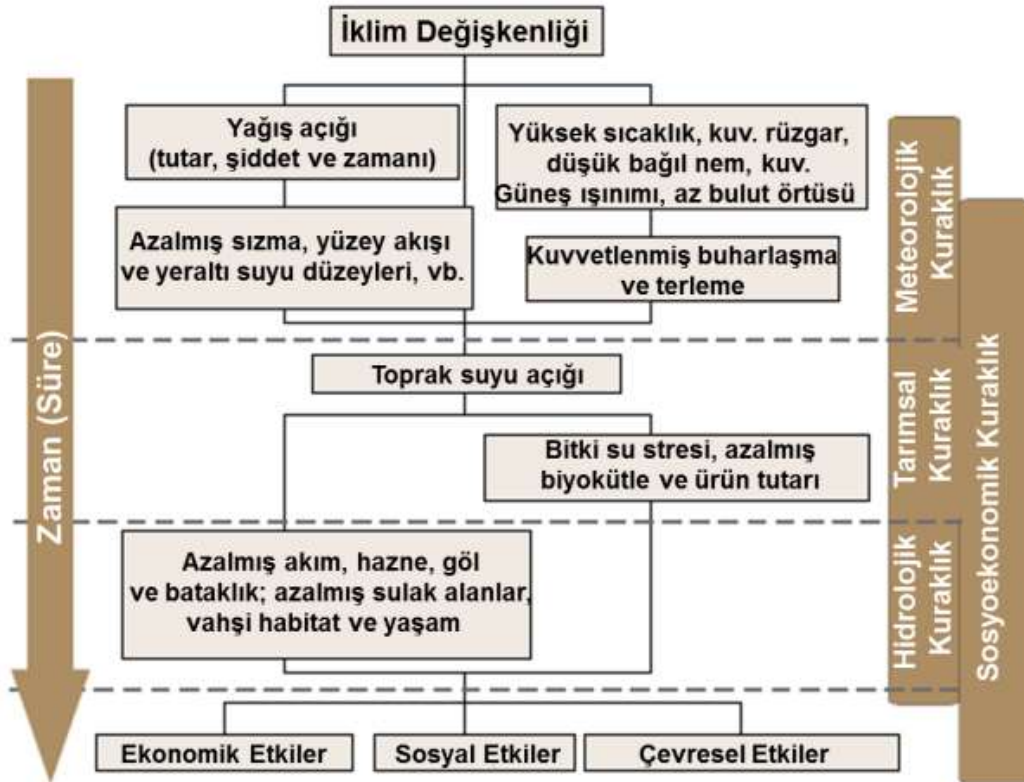
beklendiği 2070’li yıllarken; RCP8.5 senaryosunda en fazla yağışın 38 mm ile 2031-2040 yılları arasında düşeceği tahmin edilmektedir. Diğer bir model olan MPI-ESM-MR RCP8.5 senaryosu altında, yüzyıl ortasından sonra referans dönemiyle kıyaslandığında daha düşük miktarda yağış simüle etmekte ve -48 mm anomali değeri ile 2080’li yılların en az yağışla geçeceğini işaret etmektedir. Ayrıca, RCP4.5 senaryosunda düşük olan 100 mm ya da 200 mm üzerindeki pozitif anomali yıl sayısının, RCP8.5 senaryosunda yaklaşık 6 yıl daha fazla olması öngörülmektedir. Artan yağış bölgeleri havzada dönem dönem farklılık gösterse de özellikle HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR modellerinde yağışlı olması beklenen bölgeler çoğunlukla Van Gölü’nün güney kesimleridir. CNRM-CM5.1 modelinin RCP8.5 senaryo sonuçları ise Van Gölü Havzası’nın hem RCP4.5 senaryosuna hem de diğer iki modelin RCP8.5 senaryosuna göre 2060 yılından itibaren referans dönemine kıyasla daha çok yağış alacağını işaret etmektedir. Tüm model simülasyonları için yağışta en fazla azalma değerinin gözlemlendiği 10 yıllık periyot -48 mm ile 2081-2090 periyodu olmuş ve değer MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosu için hesaplanmıştır. En fazla artış değeri ise HadGEM2-ES modeli RCP4.5 senaryosu için 2071-2080 periyodunda (64,6 mm) hesaplanmıştır.

Model sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, havzada farklı periyotlarda artış ve azalma eğilimlerinin beklendiği, ancak yağış artış beklentisinin daha fazla olduğu, yağıştaki artışların havzanın Van Gölü’ne yakın ve güney kesimlerinde artarken, havzanın kuzey kesimlerinde bir miktar yağış eksikliği beklentisinin hesaplandığı belirlenmiştir. 30 yıllık değerlendirmeler için de aynı trend söz konusu olup, kimi periyotlarda yağışlarda düşük artışlar, kimi periyotlarda ise yağışlarda azalma değerleri hesaplanmış, söz konusu artış ve azalış değerleri 30 yıllık ortalamalar için önemli seviyelere ulaşmamıştır.

BÖLÜM 4 KURAKLIK ANALİZLERİ

Dünya Meteoroloji Örgütü kuraklık olgusunu yağışların belli bir dönem veya uzun periyotlar boyunca normalden daha düşük seviyelere inerek insan ve çevrenin gereksinimini karşılayamaması sonucu oluşmuş doğal afet olarak tanımlar (WMO, 2009).

Kuraklık durumu yukarıda yapılan tanımlamalara ek olarak içerisinde birden çok olguyu ve aşamayı da barındırmaktadır. Genel bir tanımla, kuraklık; meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik gibi disiplinler derinlikleri içermektedir (Şekil 4-1) (NDMC, 2006).



Şekil 4-1. Genelleştirilmiş kuraklık oluşum şeması ve kuraklık evreleri (Türkeş, M., 2014)



Meteorolojik kuraklık, uzun bir zaman içinde yağışın normal seviyesinin altına düşmesi olarak tanımlanmaktadır. Genellikle bölgeseldir ve bölgesel klimatolojinin tam olarak anlaşılmasının temelini oluşturmuştur. Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmaması olarak tanımlanan tarımsal kuraklık, nem kaybının artması ve su kaynaklarında kıtlık oluşması durumunda meydana gelmektedir. Hidrolojik kuraklık ise uzun süre devam eden yağış eksikliği neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yeraltı sularındaki eksilmeleri ifade eder (Ilgar, R., 2010). Şekil 4-1'den de anlaşılacağı gibi kuraklık meteorolojik değişimler ile başlayıp, zamansal olarak sürdükçe tarımsal ve daha ileri evrelerde hidrolojik kuraklık olarak hissedilebilir. Kuraklık etkileri bu evrelere bağlı olarak ekonomik, sosyal ve çevresel olarak sonuçlanabilir.

Proje kapsamında kuraklığın yukarıda sözü edilen evreleri ve etkileri bütüncül olarak incelenecektir. Bu amaçla projenin bu bölümünde havzayı kuraklık evreleri çerçevesinde en iyi şekilde temsil edebilecek indisler belirlenmiş ve bu indislerden elde edilecek sonuçlarla trend analizleri ve geçmişte yaşanmış kuraklık kayıtları karşılaştırılarak, havzaya ait kuraklık evreleri ile şiddet ve riskleri belirlenmiş olacaktır.

4.1. Trend Analizleri

Trend analizleri verinin güvenilirliğini ortaya koymak ve bu verilerdeki yönelimleri inceleyerek yıllara göre değişimi saptamak açısından önemlidir. Proje kapsamında ise verilerin yönelim durumları, hem bölgede yaşanmış kuraklık olayları hakkında fikir verecek hem de yapılacak olan diğer kuraklık değerlendirmeleri ile karşılaştırma yapma imkanı sağlayacaktır.

Edinilen veri setleri kullanılarak bölgenin kuraklık durumunu belirleyebilmek için veri serilerinin ortalamadan toplam standart sapma ve eklenik eğrileri oluşturulmuş ve ayrıca veriler üzerinde homojenlik (anlamlık düzeyi, $\alpha:0.10$) ve Mann-Kendall (anlamlık düzeyi, $\alpha:0.05$) testleri yapılmıştır. Yapılan bu



değerlendirmeler ile verinin güvenilirliği, yıllara göre değişimi ve eğer var ise artma-azalma yönündeki eğilimlerinin incelenmesi hedeflenmiştir.

Yapılacak olan inceleme için istasyonlardan elde edilen meteorolojik veriler (yağış, sıcaklık) ve hidrolojik veriler (akım, göl seviyesi) kullanılmıştır.

Trend analizlerinin değerlendirilmesi aşamasında her istasyonun kendi içindeki kurak-nemli dönemleri belirlenecek ve daha sonra bu dönemlerin ortak periyotları saptanacaktır. Raporun ilerleyen bölümlerinde ise indis analizleri ile bu dönemler karşılaştırılarak sonuç denetirmesi yapılacaktır.

4.1.1. Meteorolojik Trend Analizleri

Meteorolojik trend analizi başlığı altında önceden belirlenmiş 12 MGI'den elde edilen yağış ve sıcaklık verileri kullanılmış ve bu verilerin zaman içinde her bir istasyon için nasıl değişim gösterdikleri incelenmiştir.

4.1.1.1. Yağış Trendleri

Yağış trendlerini incelemek üzere önceden de sözü edildiği gibi, toplam yıllık yağışlar karşısında eklenik yağış eğrileri ve ortalama yağıştan toplam standart sapma eğrileri grafikler üzerinde her istasyon için ayrı ayrı incelenmiştir (Şekil 4-2). Bununla birlikte yine genel eğilimi belirlemek için ise yağış verilerine Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Sonuç olarak yağış verileri kullanılarak istasyon bazında kurak ve nemli dönemler belirlenmiştir.

Yağış grafikleri istasyon bazında incelendiğinde; yapılan eğilim analizleri ışığında görüldüğü üzere istasyonların bazı periyotlar dışında genel olarak benzer dönemlerde yağış azalmaları gösterdiği açıktır. Bu azalma dönemleri havza ve dolayında bulunan bütün istasyonlar ele alındığında 1962-1966, 1988-1990, 1995-2001 ve 2008 şeklinde genelleştirilebilir.



Şekil 4-2 Van Bölge Meteoroloji Gözlem İstasyonlarında ölçülen yıllık toplam yağış, eklilik yağış ve ortalama değerden eklilik sapma grafikleri



Şekil 4-3 Van Bölge Meteoroloji Gözlem İstasyonlarında ölçülen yıllık toplam yağış, eklenik yağış ve ortalama değerden eklenik sapma grafikleri (devamı)



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



Verilerin analiz yapabilmek için uygun olup olmadığını ve zaman içerisinde nasıl bir değişim gösterdiğini incelemek üzere veri setlerine homojenlik (anlamlılık düzeyi, $\alpha:0.10$) ve Mann-Kendall testleri (anlamlılık düzeyi, $\alpha: 0.05$) uygulanmıştır. Bu bağlamda yağış durumundaki değişimler yıllık olarak test edilmiştir.

Yapılan Mann-Kendall analizinde H_0 için, ilgili serilerde trend yoktur hipotezi savunulmaktadır. 95% güven aralığında, anlamlılık düzeyi sonucu eğer 5% in üzerinde bir değer çıkarsa bu hipotezin reddedilemeyeceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Yapılan Mann-Kendall analizleri bu kapsamda incelenmiştir.

Bunun sonucunda istasyonlar genelinde uzun yıllar boyunca artış veya azalış bakımından bir eğilim bulunmazken, sadece Ahlat istasyonunda azalma eğilimi olduğu saptanmıştır (Tablo 4-1). Erciş ve Özalp istasyon verileri ise $\alpha:0.05$ anlamlılık düzeyinde trende sahip olmamasına rağmen daha yüksek güven aralıklarında sırasıyla azalma ve artma eğilimleri göstermektedirler.



Tablo 4-1. Yağış verileri için homojenlik ve Mann-Kendall test sonuçları

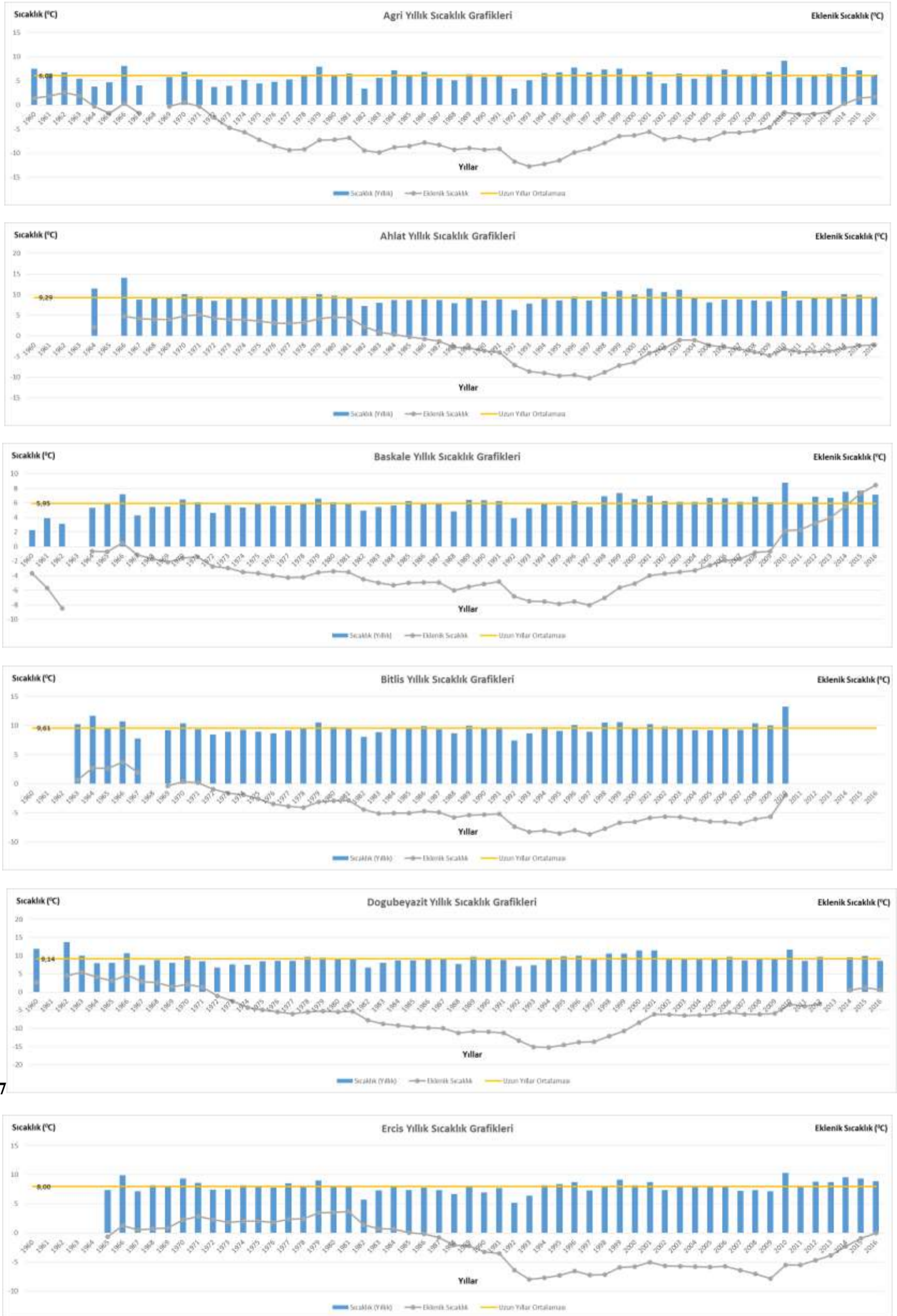
İSTASYON ADI	İSTASYON NUMARASI	HOMOJENLİK	EĞİLİM	Mann-Kendall Eğilim Numarası	Sen Eğimi
AĞRI	17099	homojen	trend yok	-0,0103	-0,0021
AHLAT	17810	homojen değil	azalan trend	-0,0735	-0,0231
BAŞKALE	17880	homojen	trend yok	-0,0275	-0,0056
BİTLİS	17208	homojen	trend yok	-0,0361	-0,0019
DOĞUBEYAZIT	17720	homojen	trend yok	0,0443	0,0068
ERCIŞ	17784	homojen değil	trend yok	-0,0535	-0,0130
GEVAŞ	17852	homojen	trend yok	-0,0295	-0,0122
MALAZGİRT	17780	homojen	trend yok	0,0158	0,0035
MURADİYE VAN	17786	homojen	trend yok	0,0253	0,0072
ÖZALP	17812	homojen değil	trend yok	0,0442	0,0101
TATVAN	17205	homojen	trend yok	-0,0254	-0,0096
VAN BÖLGE	17172	homojen	trend yok	0,0289	0,0049

4.1.1.2. Sıcaklık Eğrileri

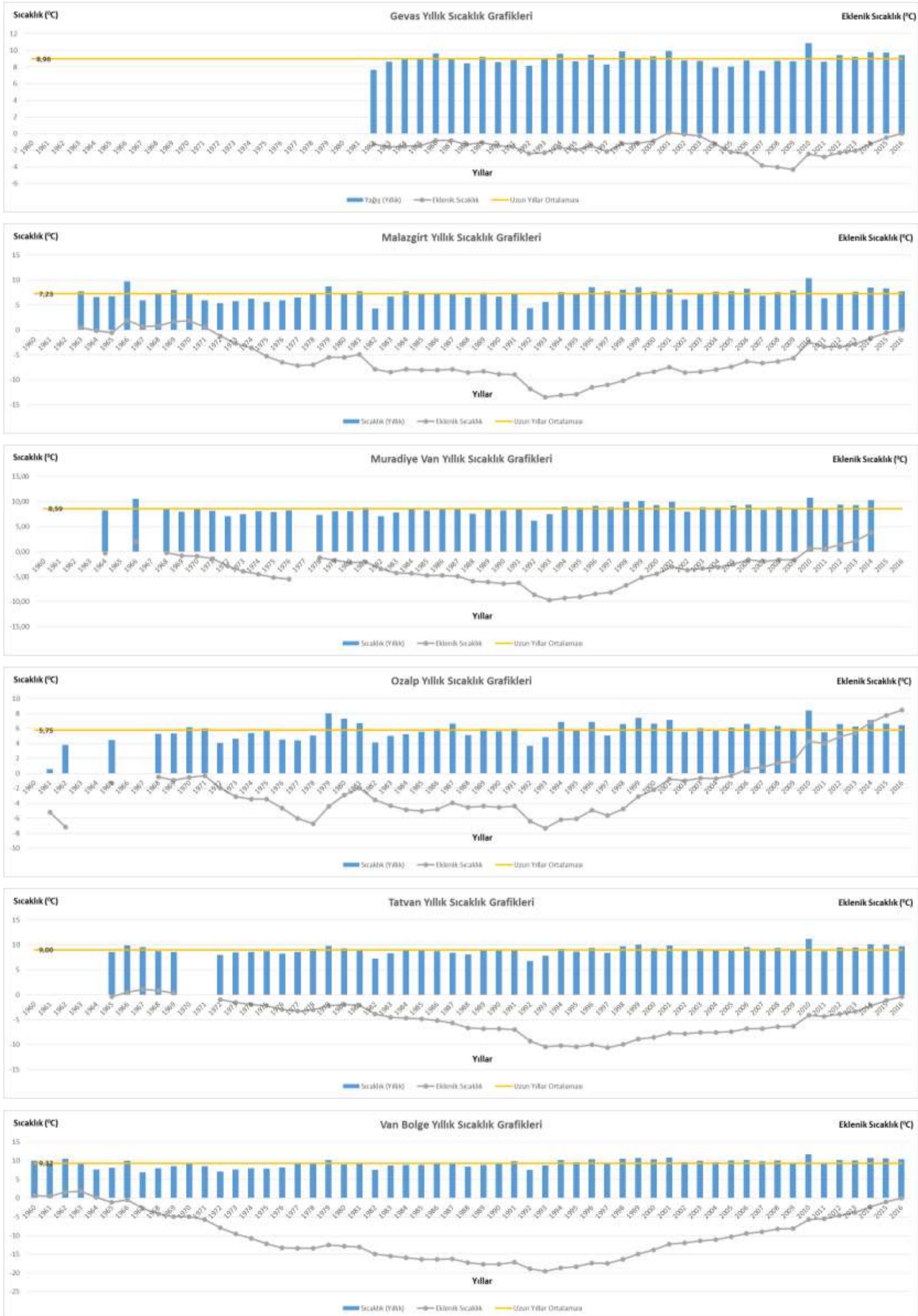
Yağış trend analizlerine benzer şekilde yine aynı istasyonlarda ölçülen sıcaklık verileri incelenmiştir. Bu incelemeler sonunda yine yağış verisi incelemeleri gibi sıcaklık artış veya azalış eğilimleri belirlenmiş olup var ise kuraklıkla bağlantılı olarak sıcaklık değerlerinde artış dönemleri tespit edilmiştir. Meteoroloji istasyonlarında ölçülen yıllık ortalama sıcaklık verileri incelendiğinde Ağrı istasyonunda 1994-2016; Ahlat istasyonunda 1997-2004; Başkale 1997-2016; Bitlis'te 1998-2003 ve 2008-2010; Doğubeyazıt istasyonunda 1994-2001; Erciş istasyon verilerinde 2010-2016; Gevaş'ta 2012-2016; Malazgirt ve Muradiye istasyonunda 1994-2016; Tatvan istasyonunda 2010-2016 ve Van istasyonunda ise 1993-2016 yıllarında sıcaklık değerlerinde artış eğilimleri gözlenmiştir.

Havza genelinde ise 1994 yılında başlayarak günümüze kadar sıcaklıklarda yer yer süren artma eğilimi görülmektedir.

Sıcaklık verilerine de yağışla benzer şekilde homojenlik ve Mann-Kendall testleri uygulanmıştır. Sıcaklık durumundaki değişimler aylık olarak homojenlik ve yıllık olarak Mann-Kendall yöntemi ile test edilmiştir.



Şekil 4-4. Meteoroloji Gözlem İstasyonları Yıllara Göre Aylık Sıcaklık Grafikleri



Şekil 4-5 Meteoroloji Gözlem İstasyonları Yıllara Göre Aylık Sıcaklık Grafikleri(devamı)



Sıcaklık verilerine uygulanan homojenlik ve Mann-Kendall testleri sonuçlarına göre (Tablo 4-2), istasyonların tümündeki sıcaklık verileri aylık bazda homojen özellikte olup, yıllar içerisinde genel bir trend göstermemiştir.

Tablo 4-2. Sıcaklık Verileri Homojenlik ve Mann-Kendall Test Sonuçları

İSTASYON ADI	İSTASYON NUMARASI	HOMOJENLİK	EĞİLİM	Mann-Kendall Eğilim	Sen Eğimi
AĞRI	17099	homojen	trend yok	0,0295	0,0023
AHLAT	17810	homojen	trend yok	0,0067	0,0004
BAŞKALE	17880	homojen	trend yok	0,0499	0,0032
BİTLİS	17208	homojen	trend yok	0,0003	0,0000
DOĞUBEYAZI	17720	homojen	trend yok	0,0096	0,0007
ERCİŞ	17784	homojen	trend yok	0,0155	0,0011
GEVAŞ	17852	homojen	trend yok	0,0226	0,0022
MALAZGİRT	17780	homojen	trend yok	0,0267	0,0021
MURADIYE	17786	homojen	trend yok	0,0496	0,0037
ÖZALP	17812	homojen	trend yok	0,0503	0,0039
TATVAN	17205	homojen	trend yok	0,0215	0,0013
VAN BÖLGE	17172	homojen	trend yok	0,0486	0,0031

4.1.2. Hidrolojik Trend Analizleri

Hidrolojik trend analizleri yüzey veya yeraltı sularındaki değişimlerin zaman içinde nasıl gerçekleştiği konusunda fikir sağlamaktadır. Meteorolojik veri eğilim analizlerinde olduğu gibi, hidrolojik eğilim analizlerinde de benzer yöntemler kullanılmıştır. Hidrolojik trend analizleri meteorolojik eğilimlerin yüzey ve yeraltı suları üzerinde herhangi bir etkisinin olup, olmadığı eğer var ise hangi zaman aralığında etkilediği konusunda önemli belirteçler gösterebilir. Bu yönü ile havza için yapılacak hidrolojik trend analizleri havza içinde ve civarında hidrolojik kuraklık için yapılan indis analizlerinin bir nevi sağlaması olarak yardım sağlayacaktır. Bu aşamada kendi içinde değerlendirilen trend analizleri raporun ilerleyen bölümlerinde ilgili kuraklık indis analizleri ile karşılaştırmalı olarak yeniden ele alınacaktır.

Hidrolojik trend analizleri kapsamında havza ve civarında bulunan istasyonlardan ölçülen akım ve göl seviye verileri incelenmiştir.

4.1.2.1. Akım Eğrileri

Akım eğilim analizleri havza içinde ve civarında bulunan 10 adet AGİ'den alınan veriler ışığında yapılmıştır. Yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar daha

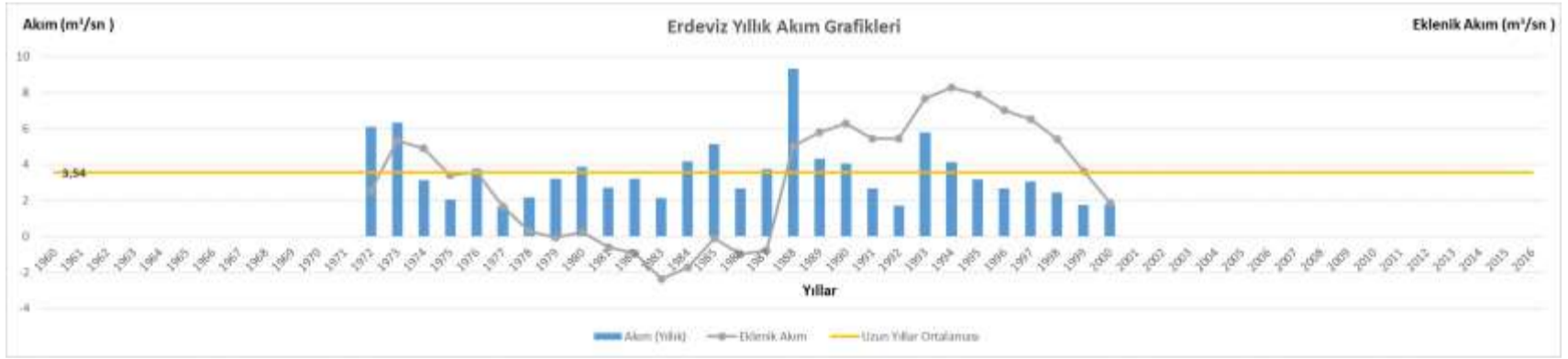
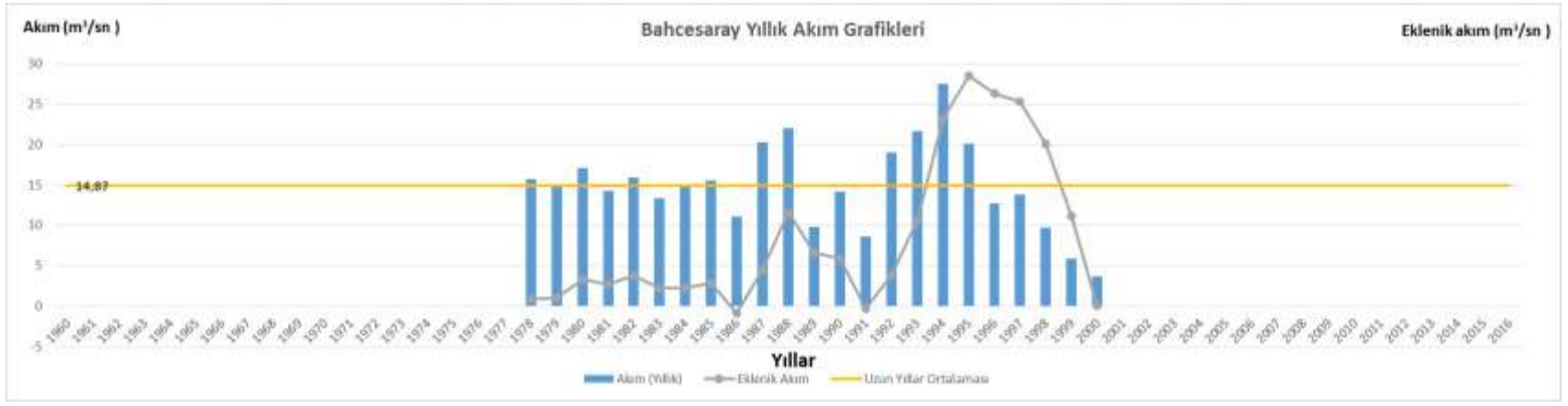


önceden izlenen yol gibi, öncelikle istasyon bazında verilecek ve daha sonra havza için genelleştirme yapılarak artma ve azalma dönemleri belirlenecektir.

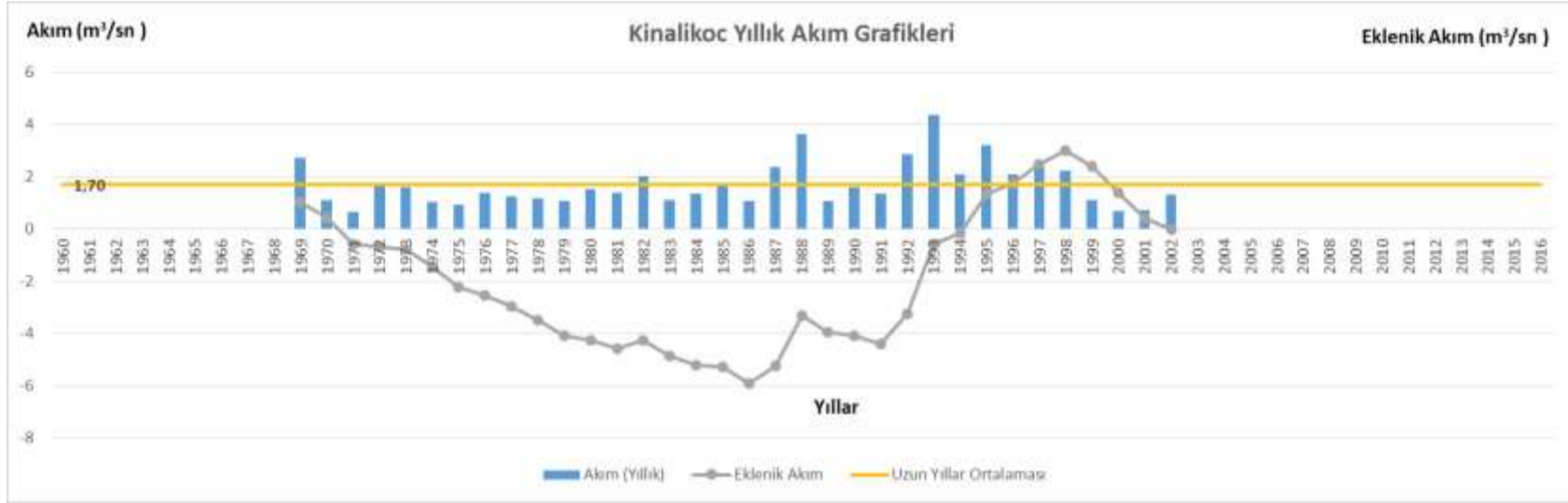
Havzada bulunan istasyonlardan Bahçesaray AGİ'nin verileri üzerinde yapılan incelemede 1986, 1989-1991 ve 1995-2000; Bendimahi istasyonunda 1974-1975, 1981-1983, 1986, 1989-1991, 1994-2001, 2008-2009 ve 2011; Çubuklu'da 1991, 1993 ve 1996-2001; Erdeviz'de 1973-1983 ve 1995-2000; Gevaş istasyonunda 1971, 1974-1979, 1986-1987 ve 1992; Güzelsu'da 1991, 1995-2001, 2005-2006 ve 2012-2014; Kinalıkoc'ta 1969-1986, 1989-1991 ve 1998-2002; Koçköprü istasyon verilerinde ise 1960-1962, 1970-1971, 1981-1983, 1997-2000, 2008 ve 2012-2014; Payköy'de 1960-1962, 1970-1971, 1981-1983, 1987-1989, 1991, 1998-2001 ve 2012-2014 ve Zerne AGİ akım verilerinden yapılan analizlerde ise 1960-1962, 1971, 1974-1978, 1986 ve 1989-1991 yıllarında azalım eğilimleri görülmektedir.

Havza için bir genelleştirme yapılacak olursa 1960-1962, 1970-1971, 1974-1979, 1981-1983, 1989-1991, 1996-2002, 2008 ve 2012-2014 yıllarında akım verilerinde azalma eğilimleri görüldüğü söylenebilir.

Deneştirilmiş akım aylık verileri üzerinde yapılan Mann-Kendall ve homojenlik testleri sonucunda (Tablo 4-3); Bahçesaray, Bendimahi, Gevaş, Güzelsu istasyonlarında azalma eğilimi, Kinalıkoç ve Koçköprü istasyonlarında artma eğilimi olduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra Çubuklu, Erdeviz, Payköy ve Zerne istasyonlarında herhangi bir eğilim olmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4-6 Akım Gözlem İstasyonları için Yıllık Toplam Akım Grafikleri



Şekil 4-7. Akım Gözlem İstasyonları için Yıllık Toplam Akım Grafikleri(devamı)

Tablo 4-3. Akım Verileri Homojenlik ve Mann-Kendall Test Sonuçları

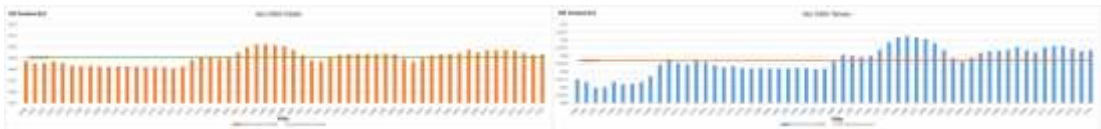
İSTASYON ADI	İSTASYON NUMARASI	HOMOJENLİK	EĞİLİM	Mann-Kendall Eğilim Numarası	Sen Eğimi
BAHÇESARAY	32026051	homojen değil	azalan trend	-0,2491	-0,0178
BENDİMAHI	32025005	homojen	azalan trend	-0,0726	-0,0019
ÇUBUKLU	12025031	homojen	trend yok	-0,0007	0,0000
ERDEVİZ	12025012	homojen değil	trend yok	-0,0280	-0,0006
GEVAŞ	12025021	homojen değil	azalan trend	-0,1702	-0,0006
GÜZELSU	E25A027	homojen değil	azalan trend	-0,1498	-0,0044
KINALIKOÇ	12025032	homojen değil	artan trend	0,1229	0,0011
KOÇKÖPRÜ	12025002	homojen değil	artan trend	0,0856	0,0018
PAYKÖY	12025013	homojen değil	trend yok	0,0453	0,0006
ZERNEK KÖP	D25A051	homojen değil	trend yok	0,0088	0,0001

4.1.2.1. Göl Seviyesi Eğrileri

Van Gölü seviyesi ölçümü yapılan GGİ'lerden uzun yıllar verisi bulunan Van İskele ve Tatvan istasyonlarına ait veriler kullanılmıştır.

Göl seviye eğrilerinin her iki istasyonun başlangıçta ölçüm değerlerinin ortalamasının altında kaldığı göze çarpmaktadır (Şekil 4-8). Daha sonra 1984 ve sonrası yıllarda göl seviyesinde ani artışlar gözlenmektedir. Bunun nedeni hala konunun uzmanları tarafından tartışılmaktadır. Bu yıllardan sonra her iki istasyon içinde 2000-2004 yılları arasında seviyeler ortalamaların altında ölçülmüştür. Bununla birlikte seviyelerin genel durumunu göze aldığımızda veriler üzerinde yapılan Mann-Kendall testleri her iki istasyonun yıllar içinde gösterdiği eğilimin artış yönünde olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 4-4).

Konu ile ilgili bir başka değerlendirme ise Van Gölü Havzası'nın belli zaman aralıklarında kar örtüsü açısından yoğun olması nedeni ile eriyen bu kar kütlelerinin yüzey ve yeraltı suyu ile Van Gölü'nü besleyebilecek olması durumudur.



Şekil 4-8. İskele ve Tatvan Göl Gözlem İstasyonlarında Yıllık Ortalama Göl Seviyesi Grafikleri



Bu bağlamda göl seviyelerindeki bu değişimler aslında yaşanması muhtemel hidrolojik kuraklık durumları için önemli bir gösterge olabilir.

Tablo 4-4. Göl Seviyesi Verileri Homojenlik ve Mann-Kendall Test Sonuçları

İSTASYON ADI	İSTASYON NUMARASI	HOMOJENLİK	EĞİLİM	Mann-Kendall Eğilim Numarası	Sen Eğimi
VAN GÖLÜ - TATVAN	34025008	homojen değil	artan trend	0,5682	0,0003
VAN GÖLÜ - VAN İSKELE	34025001	homojen değil	artan trend	0,4189	0,0002

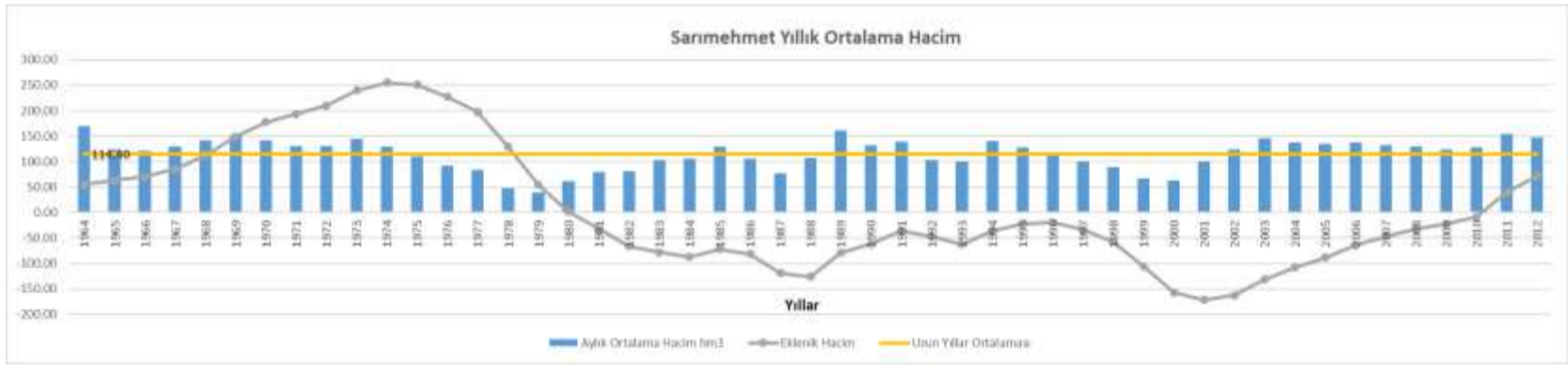
4.1.2.2. Su Yapıları (Baraj, Gölet vb.) İşletme Hacim Değeri Eğrileri

Hidrolojik kuraklığa getirebilecek bir başka yorum da su yapılarındaki hacimsel değişikliklerin gözlenmesinden yapılan çıkarımlar olabilir. Bu bağlamda havza için yapılan master plan raporunda yapılan işletme çalışmalarından yola çıkarak havzada bulunan su yapılarının işletmelerindeki hacimlerinin yıllar içindeki ortalamaları incelenmiş ve bu veriler de grafikler üzerinde incelenmiş ve trend analizleri yapılmıştır.

Şekil 4-9'da verilen grafikler incelendiğinde hemen hemen bütün su yapılarının işletme hacimlerinin 1998-2002 yılları arasında azalma gösterdiği genellemesi yapılabilir. Ayrıca ilgili veriler üzerinde Mann-Kendall ve homojenlik testleri de uygulanmıştır. Bu test sonucunda uzun yıllar boyunca %95 güven aralığında tüm su yapıları için yıllık olarak artan veya azalan bir trend bulunamamıştır (Tablo 4-5).

Tablo 4-5. Su Yapıları Yıllık Ortalama İşletme Hacimleri Verileri Homojenlik ve Mann-Kendall Test Sonuçları

İSTASYON ADI	HOMOJENLİK	EĞİLİM	Mann-Kendall Eğilim Numarası	Sen Eğimi
ZERNEK	homojen	trend yok	0.0327	0.0214
TEPEDAM	homojen	trend yok	-0.0340	-0.0069
SARİMEHMET	homojen değil	trend yok	0.0340	0.0912
ÇUBUKLU	homojen değil	trend yok	0.0319	0.0146
MORGEDİK	homojen	trend yok	0.0089	0.0071
KOÇKÖPRÜ	homojen	trend yok	-0.0624	-0.0257
AKYUVA	homojen değil	trend yok	-0.1132	-0.0086
KÜÇÜKSU	homojen	trend yok	0.1330	0.1279



Şekil 4-9 Barajlar Yıllık Ortalama İşletme Hacimleri



Şekil 4-10. Barajlar Yıllık Ortalama İşletme Hacimleri (devamı)



4.2. Kuraklık Analiz Yöntemleri

Kuraklığın ne zaman başladığı ne kadar zaman sürdüğü ve ne zaman sonlandığını belirlemek kolay değildir. Ancak önceki çalışmalar kapsamında geliştirilen bazı yöntemler kuraklığı analiz edebilme olanağı sunmuştur. Kuraklık temel olarak üç boyutta nitelenebilir: şiddet, süre ve mekansal dağılım. Bunlara ek olarak yan unsurlar ise; frekans, büyüklük ve öngörülebilirlik gibi kavramlardır (Zargar ve diğ., 2011). Bu yöntemler sayesinde kuraklığın, türü, şiddeti, yoğunluğu, yaşanma süresi ve sıklığı saptanabilmektedir.

Sözü edilen analizler için geliştirilen birçok indis ve analiz yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan uluslararası çevreler tarafından kabul gören ve bilinenleri; Normalin Yüzdesi İndisi (PNI), Ondalıklar İndisi (Deciles), Standart Yağış İndisi (SPI), Standart Akım İndisi (SRI), Palmer Kuraklık İndisleri (PDSI, PHDI, WPLM, ZIND), Standart Yeraltısu Seviye İndisi (SGI), Standart Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI), Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi (NDVI) vb. indis çeşitleridir. Zargar ve diğ. (2011) yaptığı çalışmada birçok indis yukarıda anlatılan nitelikler yönünden incelemiş ve tahmin, izleme, planlama operasyonlarını içeren ve sıklıkla kullanılan 6 adet indis belirlemiştir. Bu indisler PNI, SPI, Palmer Indices, US Drought Monitor (USDM) ve NDVI olarak belirtilmiştir.

Havza özelinde ise kullanılacak bu indisler havzanın veri varlığı, farklı kuraklık türlerinin saptanması ve havzanın coğrafik-topografik durumuna uygun olarak belirlenmelidir. İlgili indislerin bazıları meteorolojik kuraklıkla ilgili fikir verirken, bazıları tarımsal ve bir kısmı ise hidrolojik kuraklıklar ile ilgili bilgi vermektedir. Kuraklık indisleri ile ilgili olarak kuraklığı her yönü ile tanımlamak için kullanılacak olan indikatör çeşitleri havzadan elde edilen veriler ile doğrudan ilişkilidir. Kuraklık indikatörlerine örnek olarak, meteorolojik (yağış, sıcaklık, buharlaşma vb.), tarımsal (evapotranspirasyon, toprak nemi, su tutma kapasitesi vb) ve hidrolojik (yüzey suyu akım ölçümleri, göl seviyeleri, yeraltı suyu seviyeleri vb) verilebilir.



Bu aşamada havzaya ait uygun veri varlığında, havzanın niteliklerini en iyi şekilde yansıtacak, farklı kuraklık türlerini kapsayan, üç temel unsur olan şiddet, süre ve mekansal dağılımın belirlenebileceği ve bununla birlikte uluslararası kabul gören indisler incelenecektir.

4.2.1. Normalin Yüzdesi İndisi (PNI)

Normalin yüzdesi indisi (PNI) temel olarak ilgili andaki yağışın ortalama yağıştan uzaklaşmasını incelemektedir. Genel olarak, meteorolojik kuraklıklar ile ilgili tespitler yapmak için kullanılmaktadır. Hesaplama yöntemi olarak yağışın uzun yıllar boyunca hesaplanan ortalama yağışa bölünmesi ile yüzdesel olarak bulunur.

PNI analizi genelde 30 yıllık veri aralığında gerçekleştirilir. Kolay uygulanabilir ve sadece yağış verisi ile hesap yapıldığından tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra indisin istatistiksel yapısının iki yönden uygun olup, olmadığı sorgulanır (Hayes, 2006). Bunlar, veri seti herhangi bir istatistiksel düzenleme yapılmadan kullanıldığı için medyan ve ortalama farkı indisin doğruluğu konusunda soru işareti yaratabilir. Diğer bir durum ise, dönemsel ve bölgesel yayılım farklı olduğu için, bu indis dönemler ve bölgeler boyunca bir karşılaştırma yapmaya olanak sağlayamamaktadır (Zargar ve diğ., 2011).

PNI için farklı periyotlar için yapılan şiddet sınıflamaları Tablo 4-6’te verilmiştir. Ancak söz edildiği gibi istatistiksel açıdan karşılaştırma yapmaya uygun olmaması nedeni ile bu sınıflamalar farklı bölge ve koşullar için değişiklikler gösterebilir.

Tablo 4-6. Farklı periyotlar için PNI değerlerine göre kuraklık sınıflamaları (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, MGM)

Periyod	Normal ve Üzeri	Hafif Kurak	Orta Şiddette Kurak	Şiddetli Kurak
	Risk Yok	İzlemeye Başla	Uyarı	Acil Durum
1	>%75	%65 - %75	%55 - %65	<%55
3	>%75	%65 - %75	%55 - %65	<%55
6	>%80	%70 - %80	%60 - %70	<%60
9	>%83.5	%73.5 - %83.5	%63.5 - %73.5	<%63.5
12	>%85	%75 - %85	%65 - %75	<%65

PNI herhangi bir istatistiksel düzenleme içermediği için, şiddet sınıfları dönemsel, bölgesel olarak ve hatta yerel olarak değişebilir. Bu nedenle Tablo 4-6’te verilen yüzdesel değerler yerine Van Gölü Havzası için bütün istasyonlar göz önünde tutularak genel bir sınıflandırmaya gidilmiştir. Bu sınıflandırma yapılırken PNI sonuç grafikleri istasyon bazında SPI sonuçları ile karşılaştırılmış ve daha sonra SPI sınıfları göz önüne alınarak genel bir şiddet sınıflamasına gidilmiştir. Havza için oluşturulan PNI şiddet sınıfları Tablo 4-7’de sunulmuştur.

Tablo 4-7. Farklı periyotlar için PNI değerlerine göre yeniden oluşturulan kuraklık sınıflamaları

PNI Değerleri	Sınıflandırma
> 170	Çok Şiddetli Yağışlı
150 - 170	Çok Yağışlı
130 - 150	Orta Şiddetli Yağışlı
110 - 130	Normale Yakın Yağışlı
90 - 110	Normale Yakın Kurak
70 - 90	Orta Şiddetli Kurak
50 - 70	Şiddetli Kurak
< 50	Çok Şiddetli Kurak

4.2.2. Standart Yağış İndisi (SPI)

McKee ve diğ. (1993) tarafından geliştirilen standart yağış indisi (SPI), PNI benzeri sadece yağış verisine bağlı kuraklık analizi yapan bir yöntemdir. Yine PNI’ya benzer olarak farklı zamansal periyotlarda (1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 ve 48) hesaplanabilir ve bunun sonucu olarak farklı kuraklık durumları (meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik) için fikir verebilir (Tablo 4-8).

Tablo 4-8. Farklı SPI periyotları için yansıtılan olaylar ve uygulamaları (NDCM, 2006c uyarlanmıştır)

SPI Periyodu	Yansıttığı Olay	Uygulama
1 Aylık SPI	Kısa Dönemli Durumlar	Kısa dönem toprak nemi ve ürün stresi (özellikle büyüme döneminde)
3 Aylık SPI	Kısa ve Orta Dönemli Nemlilik Koşulları	Dönemsel yağış yorumu
6 Aylık SPI	Yağıştaki Orta Dönemli Trend	Yağışın uzun dönemler boyunca etkili bir biçimde incelenmesi olanağı
9 Aylık SPI	Orta Zaman Ölçeğinde Yağış Deseni	Eğer $SPI_9 < 1.5$ ise; tarımsal etkilenme için iyi bir belirteç olabilir
12 Aylık SPI	Uzun Dönem Yağış Deseni	Akış, rezervuar seviyeleri ve yeraltısuyu seviyeleri ile bağlantılı olabilir

SPI için önerilen ideal veri aralığı 50 yıldır ancak en az 30 yıllık olmak koşuluyla da analiz edilebilir (Guttman, 1999). Temel prensip olarak, standart dağılımı olmayan yağış verisini öncelikle gamma dağılımına uygun hale getirerek,



daha sonra veriyi normal dağılıma aktarma üzerine kuruludur. Burada ortalama değer sifıra eşitlenir; sıfırın üstü yağışlı ve altı ise kurak döneme işaret eder. Basit olarak SPI hesaplama formülü şu şekildedir;

Bununla birlikte farklı SPI değerleri farklı kuraklık ve nemlilik koşullarına göre şiddet durumları göz önüne alınarak sınıflanmıştır (Tablo 4-9). Buna göre kuraklık durumu normale yakın, orta şiddetli, şiddetli ve çok şiddetli olarak 4 farklı şiddet durumuna ayrılmıştır.

Tablo 4-9. SPI değerlerinin nemli ve kurak dönem şiddet sınıflaması (WMO, 2006'dan uyarlanmıştır)

SPI Değerleri	Sınıflandırma
≥ 2	Çok şiddetli yağışlı
1.50 – 1.99	Çok yağışlı
1.00 – 1.49	Orta şiddetli yağışlı
0.99 – 0	Normal
0 – -0.99	Normale yakın kuraklık
-1.00 – -1.49	Orta şiddetli kuraklık
-1.50 – -1.99	Şiddetli kuraklık
≤ -2	Çok şiddetli kuraklık

SPI kullanım kolaylığı, istatistiksel düzeltmelerin sağladığı bölge, iklim ve periyot gözetmeksizin karşılaştırma yapabilme olanağı nedeni ile yaygın olarak kullanılmaktadır. 2009 yılında düzenlenen “Kuraklık İndisleri ve Erken Uyarı Sistemi” konulu Bölgelerarası Çalıştayda (Inter-Regional Workshop) SPI katılımcılar tarafından en iyi kullanılabilir meteorolojik indis olarak seçilmiştir (Zargar ve diğ., 2011).

4.2.3. Standart Akım İndisi (SRI)

Standart akım indisi (SRI), SPI ile benzer çözümlene sistemine sahip, hidrolojik kuraklık belirlenmesini sağlayan bir indistir (Shukla ve Wood 2008). Yine SPI hesaplamasında uygulandığı gibi düzensiz veri normal dağılıma getirilip, ortalama değer sıfır olarak belirlenir. Daha sonra SPI’da olduğu gibi sıfır altı kuraklığı üstü ise nemli dönemi belirtir. SPI yöntemiyle benzer şekilde temel prensip olarak, standart dağılımı olmayan akış verisini öncelikle gamma dağılımına uygun



hale getirerek, daha sonra veriyi normal dağılıma aktarma üzerine kuruludur. Burada ortalama değer sifıra eşitlenir; sifırın üstü yağışlı ve altı ise kurak döneme işaret eder.

Shukla ve Wood (2008) çalışmalarında McKee ile gamma dağıtımının sadece yağış verisi için değil diğer kuraklık değişkenleri (örneğin: akım verisi) için de kullanılabileceği konusunda aynı fikirde olduklarını belirtmişlerdir. Bununla birlikte aynı çalışmada Shukla ve Wood, log normal ve genel sınır değer dağılımların da olumlu sonuç verebileceğini ve gamma dağılımından düşük akım verisinde iyi netice alınabileceğini söylemişlerdir.

SRI şiddet sınıflarına göre SPI'da olduğu gibi 8 sınıfa ayrılmıştır. Buna göre 4 farklı kuraklık sınıfı belirlenmiştir.

Tablo 4-10. SRI değerlerinin nemli ve kurak dönem şiddet sınıflaması (Shen ve diğ. 2015'ten uyarlanmıştır)

SRI Değerleri	Sınıflandırma
>2	Aşırı Nemli
1.50 - 2.00	Çok Nemli
1.00 - 1.50	Orta Nemli
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli
(-1.00) - 0	Normale Yakın Kurak
(-1.50) - (-1.00)	Orta Kurak
(-2.00) - (-1.50)	Çok Kurak
< (-2.00)	Aşırı Kurak

SRI her ne kadar SPI ile benzer yöntemlere sahip olsa da çalışma alanlarını hidrolojik durumları açısından inceler. Bu durumlar iklimin akış üzerindeki etkisiyle mevsimsel farklılıkları belirler. Bölgenin coğrafik ve topografik durumuna bağlı olarak SPI'nin hidrolojik açıdan fikir veren farklı periyotlardaki incelemeleri SRI ile uyumlu sonuçlar vermeyebilir.

Shukla ve Wood (2008) yaptıkları çalışmada yağış ve akış verisinin yüksek korelasyon göstermesi nedeni ile 12 Aylık SPI ile SRI'nin uyumlu sonuçlar verdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Kar ve toprak nemi hidrolojik bir gecikme yaratır. SPI bu durumlarda akım, yeraltı suyu seviyesi, göl/baraj seviyesi gibi yerlerden elde edilen veriler ile



hesaplanan indis sonuçları ile senkron olmayabilir. Bu nedenle, USDM kısa dönem SPI kullanımında bu konuya dikkat edilmesi gerektiğini belirtmektedir. Eğer söylenen durumlar yok ise SPI ve SRI kısa dönemde de uyumlu sonuçlar verebilmektedir. Raporun analiz aşamasında konu yeniden incelenip, var ise farklılık/benzerlikler ve nedenleri sunulacaktır.

4.2.4. Palmer Kuraklık İndisleri (scPDSI, PHDI, WPLM, ZIND)

Palmer indislerini temel olarak yağış, sıcaklık ve toprak su tutma kapasitesine dayalı basit bir “su bütçesi/water balance” hidrolojik modeli olarak tanımlanabilir. Palmer indisleri çalışma yapılan alanın meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık durumlarını yorumlamaya olanak tanımaktadır. Şu aşamada sıklıkla kullanılan dört adet Palmer indisi bulunmaktadır. Bunlar;

- a) scPDSI = Self-Calibrated Palmer Drought Severity Index (Kendi kendini kalibre eden Palmer Kuraklık Şiddet İndisi)
- b) PHDI = Palmer Hydrological Drought Index (Palmer Hidroloji Kuraklık İndisi)
- c) WPLM = Weighted Palmer Index / The Modified Palmer Drought Severity Index (Yeniden Düzenlenmiş Palmer Kuraklık Şiddet İndisi)
- d) ZIND = Palmer Z Index (Kısa süreli kuraklık ve nemli dönemi belirlemede kullanılır) olarak söylenebilir.

Başlangıçta PDSI değerleri farklı iklimsel koşullara sahip bölgeler için karşılaştırma olanağı vermese de sonradan gerçekleşen teknolojik gelişmeler ile bu indisin kullandığı sabit değerler (K sabiti ve zaman aralığı) geçmiş dönem iklim verileri kullanılarak yerel iklim özelliklerine uygun hale getirilebilmektedir. Yapılan bu çalışma kendi kendini kalibre edebilen “self calibrated” PDSI (scPDSI) olarak tanımlanmıştır. Aslında temel olarak PDSI ve scPDSI analizlerinin hedefleri aynı olup, sadece scPDSI hesaplanırken yerel iklim verilerini sabitler bağlamında dönüştürüp kullanılmaktadır.



Palmer indislerinin tanımında da söylendiği gibi indisler yağış ve sıcaklık dışında toprak su tutma kapasitesine de (AWC) bağlıdır. Sözü edilen AWC'ye ciddi ölçüde bağlı 8 adet parametre bulunmaktadır. Bunlar ET (evapotranspirasyon), PET (potansiyel evapotranspirasyon), R (beslenim), PR (potansiyel beslenim), RO (akış), PRO (potansiyel akış), L (kayıp) ve PL (potansiyel kayıp)'dir. Daha sonradan bu 8 parametreden 4 adet CAFEC (climatically appropriate for existing condition) değerleri yani su döngüsü sabitleri üretilmektedir. Bu neden, yerel toprak su tutma kapasitelerinin doğru belirlenmesi gerekmektedir.

Palmer indislerinin uç iklim koşulları, dağlık arazilerde ya da karla kaplı olan ortamlarda eğer farklı bir kalibrasyon yapılmadı ise uygulanabilirliği sınırlıdır (Zargar ve diğ., 2011). Bu durum sözü edilen indislerin ciddi bir biçimde toprak nemi ve su tutma kapasitesine bağlı olduğu gerçekliğiyle açıklanabilir.

Palmer indislerinin genellikle -5 ~ +5 arası değerler alması beklenir. Palmer için yapılan özgün sınıflama 9 şiddet gurubundan oluşmaktadır. Kuraklık şiddet durumları da 5 sınıfa ayrılmıştır (Tablo 4-11).

Tablo 4-11. Palmer değerlerinin nemli ve kurak dönem şiddet sınıflaması

PDSI Değerleri	Sınıflandırma
> 4	Aşırı Nemli
3.00 - 3.99	Çok Nemli
2.00 - 2.99	Orta Nemli
1.00 - 1.99	Hafif Nemli
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem
0.49 - (-0.49)	Normal
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak
< (-4)	Aşırı Kurak

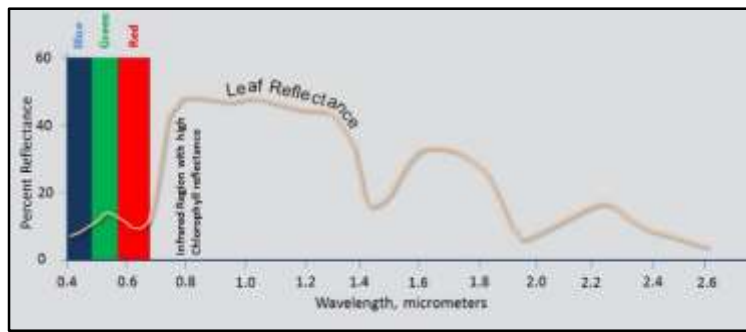
4.2.5. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi (NDVI)

Son zamanlarda gelişen teknoloji ile birlikte Uzaktan Algılama (Remote Sensing) yöntemleri daha sık kullanılarak bir çok alanda gözlemler ve analizler gerçekleştirilmekte ve bu bilgiler ışığında yapılan çıkarımlar ile durum saptamaları yapılmaktadır. Kuraklık belirleme çalışmaları kapsamında ise; bölgelerin kuraklık

durumunu ortaya koymaya, geçmiş dönemde yaşanan kuraklıklar ve kuraklığın belirlenmesinde kullanılan diğer yöntemler (indis ve trend analizleri) ile karşılaştırma yapmaya olanak sağlamaktadır.

Kuraklık başlığı altında, uydu görüntülerinin değerlendirilmesi için sıklıkla kullanılan birkaç yöntem bulunmaktadır. Proje kapsamında, bu yöntemler içinde en çok kullanılan yöntemlerden biri olan Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi'nin (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) değerlendirilmesi uygun görülmüştür. NDVI sonuçları, bölgenin bitki varlık durumunun yıllar/aylar içinde nasıl değişim sergilediğini anlamaya olanak tanımaktadır. Bunun yanı sıra görüntüler sayesinde kullanıcı bu değerlendirmeyi mekansal (spatial) olarak yapabilmektedir.

NDVI hesaplama yöntemi temel olarak, elektromanyetik spektrumda yakın kızılötesi (near infrared, NIR) ve görünür kırmızı (visible red, R) dalga boylarının birlikte değerlendirilmesi ile yapılmaktadır. Bitki örtüsü (vegetation) içerdiği klorofil pigmentinin yansıtma (reflectance) özelliğinin, yakın kızılötesi dalga boylarında yüksek ve görünür kırmızı dalga boyunda düşük olması, bu anlamda bir karşılaştırma yapılmasına olanak tanımaktadır.



Şekil 4-11. Bitki yansıtma-dalga boyu grafiği

NDVI değerleri, sözü edilen yakın kızılötesi ve görünür kırmızı bantlarındaki hücre parlaklık değerlerinin birbirlerinin farkının, toplamlarına bölünmesi ile elde edilmektedir (Denklem 4-1).



Denklem 4-1. NDVI = (NIR – Visible Red)/(NIR + Visible Red)

NIR= Yakın Kızılötesi

Visible Red= Görünür Kırmızı

NDVI için Denklem 4-1'ten elde edilen sonuç -1 ve +1 aralığında değişkenlik göstermektedir. Bu sonuca göre bitki örtüsü -1 değerinden +1 değerine artmaktadır.

Önceden yapılan çalışmalar incelendiğinde;

- Holben (1986)-0.257 değerini su,-0.046'yı kar ve buz, 0.002 bulut, 0.025 çıplak bitkisiz alan ve 0.7 değerini ise yoğun bitkisel olarak sınıflandırmıştır.
- Weier ve Herring (2000), 0.1'den küçük değerlerin su, kar, buz ve çıplak kaya alanlarını, 0.20 – 0.30 arasını çayır ve çalılık, 0.6 – 0.8 arasının ise yoğun sabit ormanlık alanları simgelediğini belirtmişlerdir.
- Desmond ve diğ. (2013) ise - 0.1'den küçük değerleri su ile kaplı alanlar -0.10 – 0.15 arasını bitkisel olmayan alanlar, 0.15 – 0.25 arasını çayır ve çalılık, 0.25 – 0.32 arasını açık (az yoğun) ormanlar, 0.32 – 0.40 arasını kapalı (yoğun) ormanlık alanlar olarak sınıflandırmıştır.

Yukarıda belirtilen çalışmalar göz önüne alındığında proje kapsamında NDVI değerleri ile havzanın bitki varlığı durumunun nasıl değiştiği hakkında fikir sahibi olabilmek için NDVI değerlerinin sınıflandırılması gerekmektedir. Önceden yapılan çalışmalar dikkate alınarak yapılan sınıflandırma Tablo 4-12'de sunulmaktadır.

Tablo 4-12. NDVI değerlerinin bitki örtüsü derecesi sınıfları

NDVI Değerleri	Sınıflandırma
<0	Su, Su Yapıları, Kar, Buz
0 - 0.15	Bitkisiz alan, çıplak kaya, yerleşim yeri
0.15 - 0.25	Az Bitkisel
0.25 - 0.35	Az-Orta Bitkisel
0.35 - 0.40	Orta Bitkisel
0.40 - 0.50	Orta-Yoğun Bitkisel
0.50 - 0.60	Yoğun Bitkisel
>0.60	Çok Yoğun Bitkisel



Önceki çalışmalardan uyarlanarak oluşturulan sınıflama ile NDVI değerleri 8 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflama sayesinde havzanın değişik zaman periyotlarında bitki varlığı durumunun nasıl değiştiğinin daha etkili bir biçimde ortaya konulması hedeflenmektedir.

NDVI sonuçlarını diğer indisler ile karşılaştırmak için standartlaştırma yoluna gidilmiştir. SPI yöntemiyle benzer şekilde temel prensip olarak, standart dağılımı olmayan sNDVI verisini öncelikle gamma dağılımına uygun hale getirerek, daha sonra veriyi normal dağılıma aktarma üzerine kuruludur. Burada ortalama değer sifıra eşitlenir; sıfırın üstü yağışlı ve altı ise kurak döneme işaret eder. Basit olarak sNDVI hesaplama formülü şu şekildedir (Peters vd., 2002);

Denklem 4-5.
$$sNDVI = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$$

sNDVI= Standart NDVI

X= Mevcut NDVI Değeri \bar{X} = Ortalama NDVI Değeri σ = Standart Sapma

4.3. Kuraklık Analizleri Kapsamında Kullanılan İndisler ve Seçilme Gerekçeleri

Steinemann ve diğ. (2005) yaptığı çalışmada uygun indis seçiminde kuraklık tipine uygun olan, uygun veri varlığı, maliyet, tutarlılık ve pratiklik, netlik ve bilimsel geçerlilik, zamansal ve uzaysal hassaslık, öznellik (iyi tanımlanmış indikatör ve kriterlerinin bulunması) ve istatistiksel tutarlılık (kendi içinde ve diğer indislerle) gibi durumları göz önünde bulundurmıştır.

Quiring (2009) (Keyantash ve Dracup 2002; Narasimhan ve Srinivasan 2005) meteorolojik kuraklık indislerinin değerlendirmesinde 6 kriteri göz önünde bulundurmuşlardır. Bu 6 kriter: sağlamlık “*robustness*”, çözülebilirlik “*tractability*”, şeffaflık “*transparency*”, kapsamlılık “*sophistication*”, esnekleştirilebilirlik “*extendability*”, ve boyutluluk “*dimensionality*” olarak sıralanmaktadır (Zargar ve diğ., 2011).



Raporun önceki bölümlerinde de değinildiği gibi Zargar ve diğ. (2011) yaptığı çalışmada birçok indis nitelikler yönünden incelemiş ve tahmin, izleme, planlama operasyonlarını içeren ve sıklıkla kullanılan 6 adet indis belirlemiştir. Bu indisler PNI, SPI, Palmer Indices, US Drought Monitor (USDM) ve NDVI olarak belirtilmiştir.

Bu yaklaşımlar göz önünde bulundurulduğunda;

Kuraklık analizleri yapılmadan önce çalışılan bölgeyi ve kuraklık çeşitlerini en iyi şekilde simgeleyecek indis tipleri dikkatli bir biçimde seçilmelidir. Bu seçim yapılırken indisler için gerekli olan veri setinin varlığı, indislerin hangi kuraklık çeşitleri hakkında fikir verebileceği, uluslararası düzeyde kabul edilen indisler olması ve diğer çalışma bölgeleri ile karşılaştırılabilir olması gibi yaklaşımlar benimsenmiştir. Bunun yanı sıra raporun ilerleyen aşamalarında da değinileceği gibi farklı indis çeşitleri farklı periyotlar için birbiri ile karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda her bir kuraklık çeşidi için çalışılan indisin uygunluğu saptanmıştır. Örneğin SPI 3, 6 ve 9 aylık indisler PDSI ile SPI 12 aylık indis sonuçları SRI ile karşılaştırılmış, daha sonradan bu karşılaştırma sonuçları trend analizleri ve NDVI sonuçları ile deneştirilmiş ortaya çıkan benzerlik ve farklılıklara göre uygun indisler belirlenmiştir.

Havza için yapılacak kuraklık çalışmasında okuyucu ve değerlendircilerin kuraklık olgusuna bütünsel bakabilmesi ve analizlerin daha net ve yalın bir şekilde ortaya konulabilmesi için kuraklıkla ilgili literatürde kullanılan bütün indisler yerine PNI, SPI, Palmer İndisleri, SRI ve NDVI analizlerinin şiddet ve olasılık hesaplarında kullanılmasının uygun olacağı öngörülmüştür.

4.4. Kuraklık Şiddet Analizleri

Kuraklık şiddet analizleri gerçekleştirilirken sadece ilgili kuraklık indisinin havzada hangi derecelerde hangi kuraklıklara neden olduğu değil, diğer indisler ile karşılaştırma yapmak suretiyle ne kadar tutarlı olduğu da incelenmiştir. Bunu



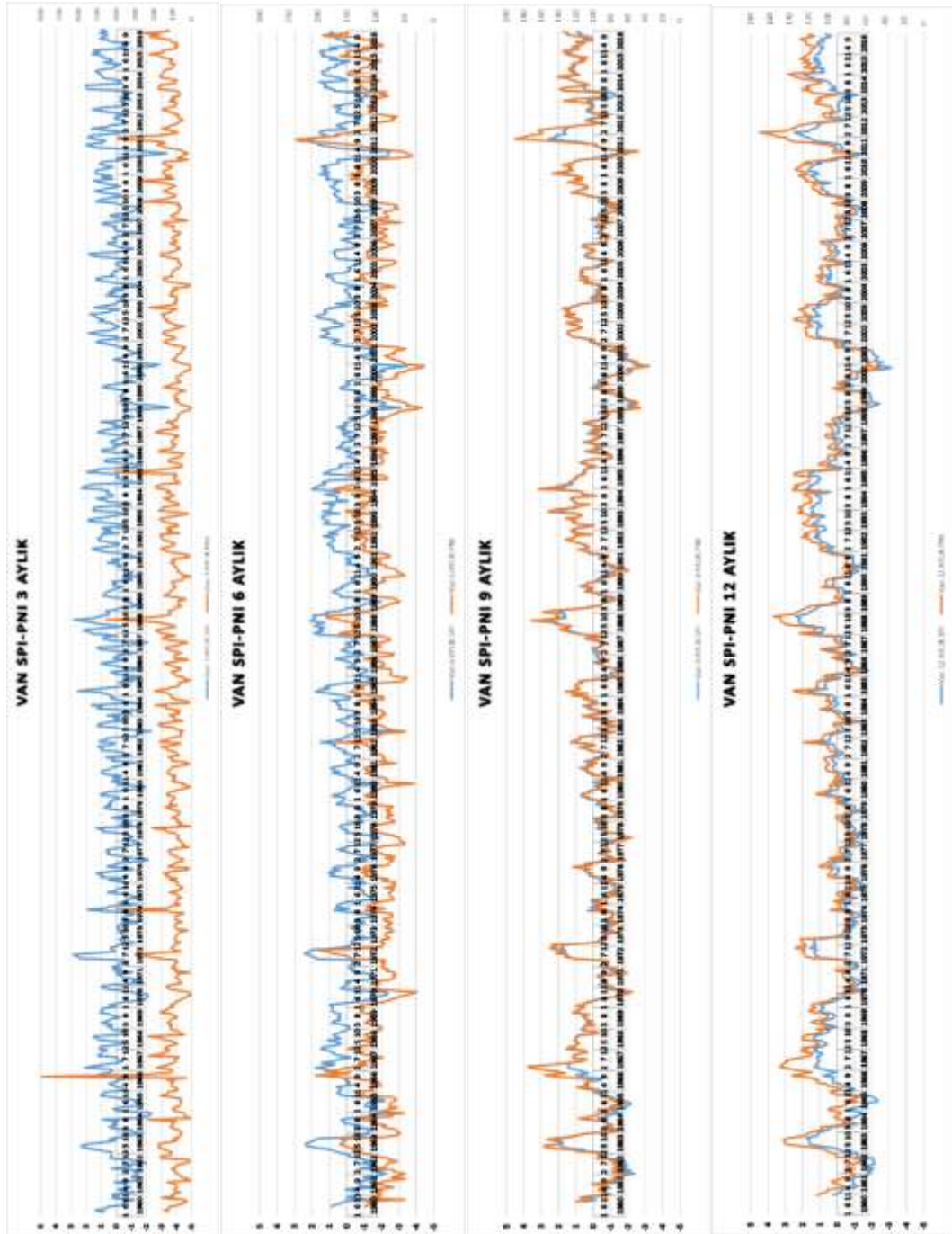
yapılmasındaki neden bölgenin kendine özgü karakteristiklerinin bulunabileceği gerçeğinin düşünülmesidir. Dolayısı ile kuraklık şiddet analizlerinin incelenmesinde sıklıkla bu karşılaştırmalara yer verilecektir.

Gerçekleştirilen PNI analizleri her bir istasyon için ayrı ayrı sunulacak ve gerekli yerlerde diğer indisler, trend analizleri ve NDVI sonuçları ile denetirilecektir. Daha sonra her istasyon için ayrı ayrı yapılan bu değerlendirmeler bütün istasyonlar göz önüne alınarak, havza için ilgili indis kapsamında nihai kuraklık tanımlaması yapılacaktır.

4.4.1. Normalin Yüzdesi İndisi (PNI)

SPI ve diğer analizler ile karşılaştırmaya imkan vermek için PNI analizleri 3, 6, 9 ve 12 aylık olarak gerçekleştirilmiştir.

Raporun anlatım bölümünde örnek olması için Van istasyon karşılaştırmasına yer verilmiştir (Şekil 4-12).



Şekil 4-12. Van MGI 3, 6, 9 ve 12 aylık PNI ve SPI sonuçlarının karşılaştırma grafiği

Şekil 4-12'deki grafikler incelendiğinde 3 aylık SPI ve PNI değerlerinin çoğu zaman aynı eğilimleri gösterdiği ancak çok yüksek ve çok az yağışlı zamanlarda ise farklılıklar olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni ise önceden de söz edildiği gibi PNI'nın herhangi bir istatistiksel düzenlemeye sahip olmamasıdır. Bununla birlikte 6, 9 ve 12 aylık sonuçlar karşılaştırıldığında grafiklerin neredeyse birbirlerini bire bir örttüğü görülmektedir.

PNI 3 aylık periyotta özellikle çok düşük ve yüksek yağış dönemlerinde olağandan düşük ve yüksek sonuçlar vermektedir. Bu nedenle raporun haritalama bölümünde meteorolojik kuraklık bağlamında SPI tercih edilecektir. Ayrıca 6, 9 ve 12 aylık periyotlarda SPI ile çok benzer sonuçlar verdiği için yine farklı kuraklık tiplerinin değerlendirmesi ve haritalanmasında SPI sonuçlarının dikkate alınması uygun görülmüştür.

Yapılan inceleme ve sınıflamalara göre; istasyonlardaki farklı periyotlarda farklı kuraklık şiddet sayıları Tablo 4-13'de verilmiştir.

Tablo 4-13. PNI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları

3 Aylık PNI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van	
>170	Çok Şiddetli Yağışlı	38	50	45	33	43	36	42	44	52	45	50	
150-170	Çok Yağışlı	34	23	33	40	29	21	42	29	23	34	39	
130-150	Orta Şiddetli Yağışlı	68	51	54	60	51	35	56	62	38	59	61	
110-130	Normale Yakın Yağışlı	100	71	84	83	74	63	91	78	57	84	84	
90-110	Normale Yakın Kurak	129	97	110	118	102	57	95	96	97	122	126	
70-90	Orta Şiddetli Kurak	152	110	122	108	122	59	117	102	102	115	146	
50-70	Şiddetli Kurak	97	64	82	85	77	45	81	74	81	91	98	
<50	Çok Şiddetli Kurak	64	73	93	53	68	46	78	69	78	72	78	
6 Aylık PNI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>170	Çok Şiddetli Yağışlı	15	20	22	15	18	16	21	9	16	51	19	14
150-170	Çok Yağışlı	23	23	18	38	27	21	32	35	30	18	26	18
130-150	Orta Şiddetli Yağışlı	73	55	54	53	58	62	53	77	59	37	49	58
110-130	Normale Yakın Yağışlı	127	107	109	103	105	90	63	107	120	76	115	144
90-110	Normale Yakın Kurak	159	147	144	171	147	148	78	124	148	100	191	183
70-90	Orta Şiddetli Kurak	188	104	171	168	136	136	67	147	99	128	125	164
50-70	Şiddetli Kurak	80	57	75	59	68	65	32	76	52	92	59	73
<50	Çok Şiddetli Kurak	14	26	33	36	21	28	16	27	30	26	35	25
9 Aylık PNI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>170	Çok Şiddetli Yağışlı	1	12	20	2	13	11	24	1	8	51	3	6
150-170	Çok Yağışlı	17	30	20	22	21	21	36	22	26	16	20	12
130-150	Orta Şiddetli Yağışlı	55	44	42	50	53	46	58	86	63	26	59	51
110-130	Normale Yakın Yağışlı	156	125	107	138	113	105	68	115	129	97	106	151
90-110	Normale Yakın Kurak	181	168	161	188	178	156	86	145	170	118	229	201
70-90	Orta Şiddetli Kurak	203	108	202	175	139	155	67	156	96	125	128	207
50-70	Şiddetli Kurak	60	45	61	52	52	59	20	68	43	82	56	42
<50	Çok Şiddetli Kurak	3	7	13	13	11	13	3	9	19	13	15	6
12 Aylık PNI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>170	Çok Şiddetli Yağışlı	0	6	16	0	4	8	28	0	7	50	1	1
150-170	Çok Yağışlı	10	31	16	14	23	25	42	17	14	12	14	3
130-150	Orta Şiddetli Yağışlı	46	62	50	61	54	28	70	75	68	30	49	47
110-130	Normale Yakın Yağışlı	149	125	88	110	120	104	86	135	151	107	124	166
90-110	Normale Yakın Kurak	232	172	180	225	188	189	72	160	174	134	239	221
70-90	Orta Şiddetli Kurak	199	103	230	167	150	165	57	159	90	109	134	201
50-70	Şiddetli Kurak	37	40	41	58	37	36	6	51	33	83	42	33
<50	Çok Şiddetli Kurak	0	0	4	2	4	11	1	4	17	3	10	1



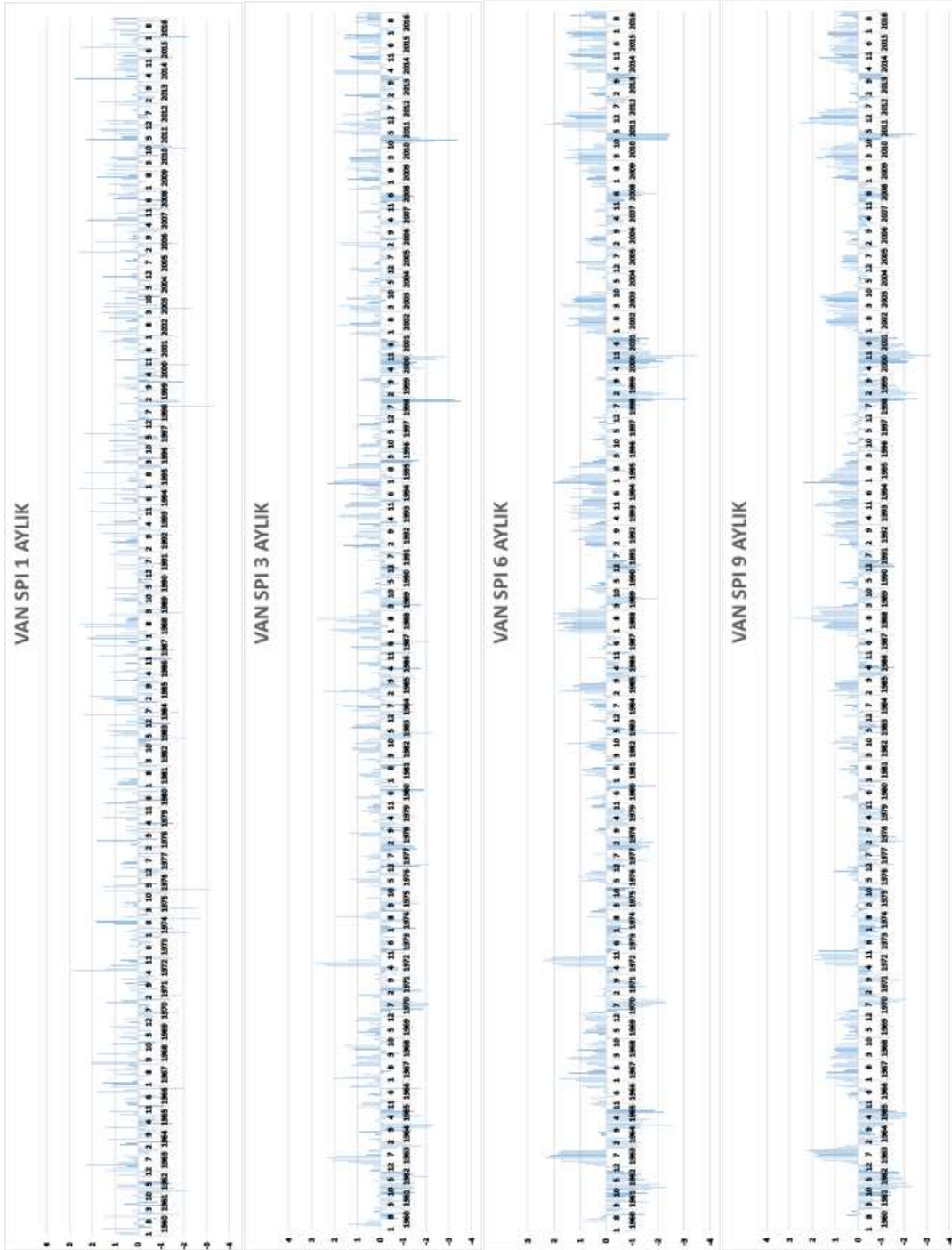
4.4.2. Standart Yağış İndisi (SPI)

SPI analizini gerçekleştirmek için uluslararası kurumlar tarafından geliştirilen bilgisayar yazılımları bulunmaktadır. Bunlardan biri de The Greenleaf Project tarafından geliştirilmiştir. Yapılacak olan hesapların hızlı ve bir standartta sürdürülmesi için sözü edilen kuruluştan SPI kodu sağlanmıştır (<http://greenleaf.unl.edu/>).

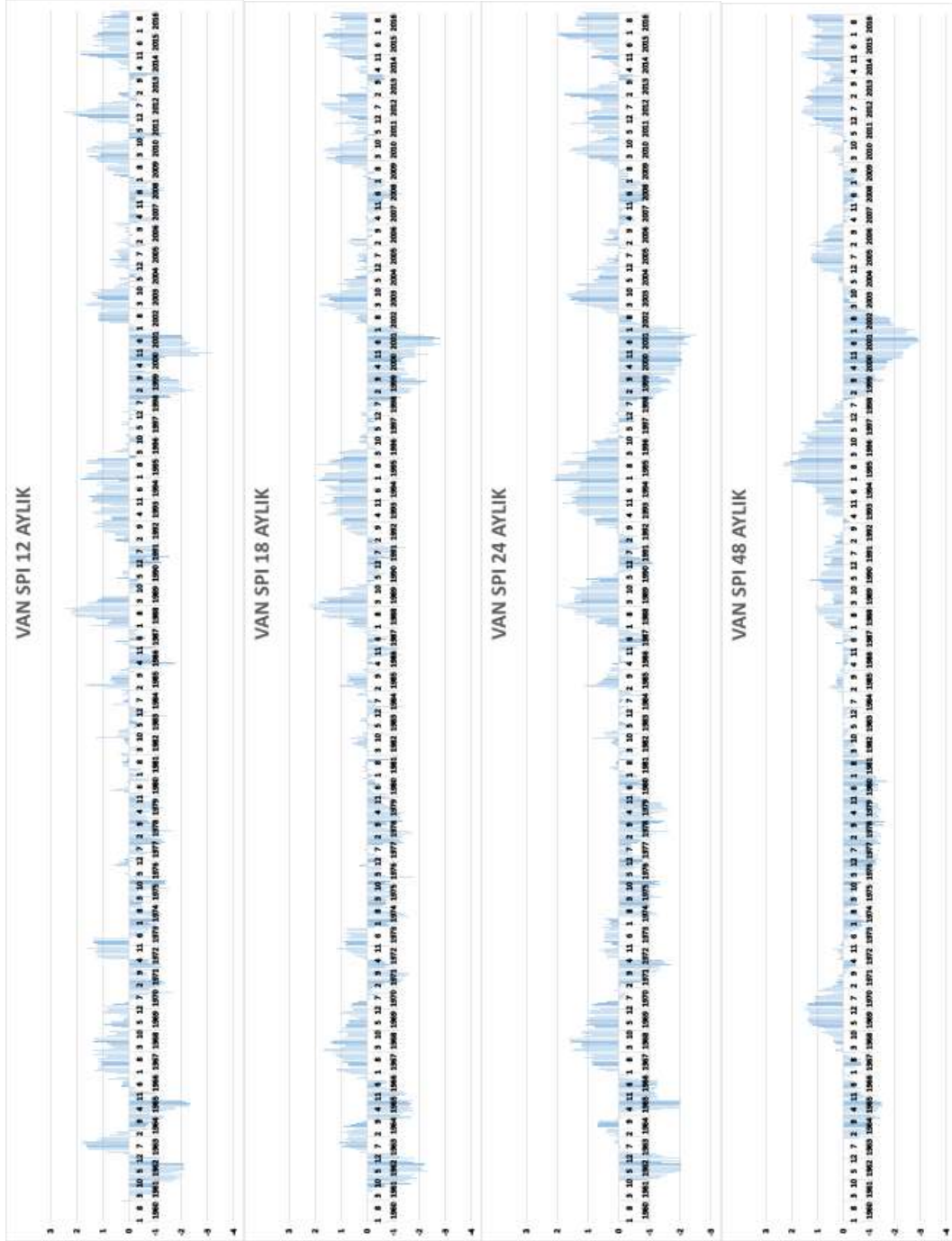
Programa girdi olarak yağış verisi zaman serisi sağlanmakta ve çıktı olarak da haftalık/aylık (1-48) SPI sonuçları hesaplanmaktadır. Bu nedenle, yapılacak olan SPI hesapları için ilk önce yağış verileri zaman serileri haline getirilmiştir. Daha sonra bilgisayar kodu 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 ve 48 aylık olarak çalıştırılıp, sonuçlar elde edilmiştir. Alınan sonuçlar kendi içinde, diğer istasyonlar ve başka indisler ile deneştirilip, zaman içindeki değişimleri kontrol edilmiştir.

SPI hesapları tüm istasyonlar için farklı kuraklık türlerini belirleyebilmek için 1-48 aylık arası farklı 8 periyot için yapılmıştır (1. Ara Rapor EK-1). Raporun bu bölümünde Van MGİ için grafik üzerinden örnek sonuçlar paylaşılacaktır (Şekil 4-14). Yapılan analizlere ait sonuçlar ise Tablo 4-14'te sunulmaktadır.

Van istasyonu örneğinde görüldüğü gibi, özellikle 1 ve 3 aylık dönemlerde SPI sonuçlarının uzun süreli bir desen göstermediği ve anlık değişimleri barındırdığı gözlenmektedir. Periyot süresi arttıkça kurak dönem süreleri bir desen özelliği göstermekte ve belirginleşmektedir.



Şekil 4-13 Van İstasyonu 1, 3, 6 ve 9, aylık SPI sonuç grafikleri



Şekil 4-14. Van İstasyonu 12, 18, 24 ve 48 aylık SPI sonuç grafikleri

Yapılan analizler sonucunda PNI ile benzer şekilde normale yakın yağışlı ve normale yakın kurak sınıflarında yoğunluk bulunmaktadır. İstasyonların veri aralıkları farklı olduğundan istasyonlar arası bir sayısal karşılaştırma

yapılmayacaktır. Bu karşılaştırmanın kurak devrelerin tespiti bölümünde olasılıklar üzerinden yapılması daha yararlı sonuçlar verecektir.

Tablo 4-14. SPI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları

3 Aylık SPI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 2	Çok Şiddetli Yağışlı	17	11	13	8	15	8	2	1	6	29	10	13
1.50 - 2.00	Çok Yağışlı	31	23	22	30	20	24	13	41	27	16	29	27
1.00 - 1.50	Orta Şiddetli Yağışlı	59	58	56	63	56	62	45	57	59	39	61	61
0 - 1.00	Normale Yakın Yağışlı	234	200	234	239	219	200	139	220	204	238	223	244
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	232	198	215	219	186	195	114	197	194	212	214	228
-1.50 - -1.00	Orta Şiddetli Kurak	67	36	59	40	53	49	33	56	46	55	52	68
-2.00 - -1.50	Şiddetli Kurak	28	34	19	25	34	23	21	35	28	34	30	25
< -2	Çok Şiddetli Kurak	14	12	14	22	13	12	3	14	8	2	14	15
6 Aylık SPI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 2	Çok Şiddetli Yağışlı	14	11	17	13	17	6	4	1	4	20	4	10
1.50 - 2.00	Çok Yağışlı	30	19	11	28	24	28	7	28	19	31	27	28
1.00 - 1.50	Orta Şiddetli Yağışlı	75	42	44	59	43	63	44	78	52	32	52	69
0 - 1.00	Normale Yakın Yağışlı	217	229	254	228	223	200	150	216	237	215	274	245
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	237	185	227	242	186	196	111	195	176	235	191	219
-1.50 - -1.00	Orta Şiddetli Kurak	58	36	43	29	58	40	22	49	35	32	38	56
-2.00 - -1.50	Şiddetli Kurak	31	20	18	23	27	20	21	37	27	27	26	32
< -2	Çok Şiddetli Kurak	17	17	16	21	12	18	8	15	16	12	18	19
9 Aylık SPI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 2	Çok Şiddetli Yağışlı	10	9	15	14	17	10	5	1	5	27	5	9
1.50 - 2.00	Çok Yağışlı	30	24	16	27	28	25	6	26	16	21	22	33
1.00 - 1.50	Orta Şiddetli Yağışlı	71	41	49	46	48	45	40	84	46	24	60	78
0 - 1.00	Normale Yakın Yağışlı	236	219	222	248	191	214	144	210	252	229	267	219
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	217	191	258	227	218	197	121	194	164	229	200	231
-1.50 - -1.00	Orta Şiddetli Kurak	60	32	36	40	39	44	19	49	41	35	37	55
-2.00 - -1.50	Şiddetli Kurak	37	27	14	21	29	15	19	39	15	15	18	34
< -2	Çok Şiddetli Kurak	15	17	16	17	13	18	10	13	21	17	19	17
12 Aylık SPI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 2	Çok Şiddetli Yağışlı	14	8	18	14	14	13	4	1	3	35	9	7
1.50 - 2.00	Çok Yağışlı	28	24	22	36	34	27	11	26	15	15	17	31
1.00 - 1.50	Orta Şiddetli Yağışlı	64	51	51	34	44	32	36	85	43	16	61	93
0 - 1.00	Normale Yakın Yağışlı	242	193	200	251	185	210	136	208	261	228	248	203
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	197	202	274	213	213	220	120	199	165	229	219	235
-1.50 - -1.00	Orta Şiddetli Kurak	83	34	36	50	49	34	22	43	32	37	29	57
-2.00 - -1.50	Şiddetli Kurak	37	28	7	24	26	6	19	34	9	19	23	24
< -2	Çok Şiddetli Kurak	8	12	16	15	11	23	11	17	26	13	19	23

4.4.3. Standart Akım İndisi (SRI)

SRI analizleri hidrolojik kuraklıklar hakkında fikir vermektedir. Yapılan çalışmada SPI analizinde izlenen yöntem ile benzer bir yol izlenmiştir. Benzer çözümlene sistematiğine sahip bu iki indisi için de aynı kurum (greenleaf) tarafından SPI için geliştirilen bilgisayar kodu kullanılmıştır. Yine benzer şekilde akımlar zaman serileri haline dönüştürülmüş ve programa girdi olarak sağlanmıştır. SRI için daha önceden de söz edildiği üzere korelasyon sonucu edilen akım verileri kullanılmıştır.

SRI analizleri diğer indisler ile karşılaştırma yapabilmek için veri varlığını sağlayan bütün istasyonlar için 1, 3 ve 9, 12 aylık olarak yapılmıştır. Buradaki amaç

kısa dönemler için akış verisinin kuraklık kapsamında sonuçlarını görebilmek ve uzun dönem boyunca diğer indisler ile benzerlik/farklılıklarını irdeleyebilmektir.

Tablo 4-15. SRI analizleri 1, 3, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları

1 Aylık SRI Değerleri	Sınıflandırma	Bahçesaray	Bendimahı	Çubuklu	Erdeviz	Gevaş	Güzelsu	Kınalıkoç	Koçköprü	Payköy	Zernek
> 2	Aşırı Nemli	2	16	7	15	8	10	8	19	16	17
1.50 - 2.00	Çok Nemli	11	14	7	7	11	4	25	60	12	16
1.00 - 1.50	Orta Nemli	19	28	20	22	26	24	40	30	57	21
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli	125	182	61	125	99	134	123	162	242	117
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	74	172	77	144	119	100	148	304	236	172
-1.50 - -1.00	Orta Kurak	16	32	24	19	16	19	36	64	70	28
-2.00 - -1.50	Çok Kurak	19	20	7	7	9	14	24	18	14	5
< -2	Aşırı Kurak	10	13	1	9	11	7	4	3	13	8
TOPLAM		276	477	204	348	299	312	408	660	660	384

3 Aylık SRI Değerleri	Sınıflandırma	Bahçesaray	Bendimahı	Çubuklu	Erdeviz	Gevaş	Güzelsu	Kınalıkoç	Koçköprü	Payköy	Zernek
> 2	Aşırı Nemli	3	7	4	16	7	6	10	14	17	15
1.50 - 2.00	Çok Nemli	4	17	11	8	13	10	23	46	20	16
1.00 - 1.50	Orta Nemli	25	41	23	22	29	25	38	49	38	29
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli	133	189	58	128	102	120	128	174	246	119
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	65	153	74	136	107	102	144	284	246	155
-1.50 - -1.00	Orta Kurak	18	38	24	24	21	28	39	59	59	39
-2.00 - -1.50	Çok Kurak	16	18	9	5	12	11	24	30	25	5
< -2	Aşırı Kurak	11	14	1	9	9	9	2	4	9	6
TOPLAM		275	477	204	348	300	311	408	660	660	384

9 Aylık SRI Değerleri	Sınıflandırma	Bahçesaray	Bendimahı	Çubuklu	Erdeviz	Gevaş	Güzelsu	Kınalıkoç	Koçköprü	Payköy	Zernek
> 2	Aşırı Nemli	3	6	1	13	4	3	19	21	18	10
1.50 - 2.00	Çok Nemli	9	17	11	17	14	20	20	28	29	17
1.00 - 1.50	Orta Nemli	21	50	23	21	36	23	29	50	32	39
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli	130	171	66	100	89	113	103	195	264	114
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	70	159	48	136	106	90	174	266	221	140
-1.50 - -1.00	Orta Kurak	11	37	35	44	32	26	39	57	48	39
-2.00 - -1.50	Çok Kurak	12	17	12	5	3	20	15	23	19	10
< -2	Aşırı Kurak	12	12	0	4	8	9	1	12	21	7
TOPLAM		268	469	196	340	292	304	400	652	652	376

12 Aylık SRI Değerleri	Sınıflandırma	Bahçesaray	Bendimahı	Çubuklu	Erdeviz	Gevaş	Güzelsu	Kınalıkoç	Koçköprü	Payköy	Zernek
> 2	Aşırı Nemli	4	3	0	14	5	1	23	24	18	12
1.50 - 2.00	Çok Nemli	8	19	11	15	17	19	13	20	29	17
1.00 - 1.50	Orta Nemli	24	62	17	28	24	19	28	35	30	43
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli	123	157	78	95	93	117	106	264	273	103
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	77	167	47	136	107	97	184	214	214	144
-1.50 - -1.00	Orta Kurak	12	26	34	40	28	12	28	65	49	31
-2.00 - -1.50	Çok Kurak	10	22	10	10	8	25	18	13	14	17
< -2	Aşırı Kurak	12	12	1	1	8	11	0	17	25	7
TOPLAM		270	468	198	339	290	301	400	652	652	374

SRI analizlerinden elde edilen sayısal sonuçlar AGİ'lerin veri durumunu göz önünde bulundurduğumuzda oluşma olasılıklar bakımından bir karşılaştırma yapmaya olanak sağlamaktadır. İstasyonların veri aralıklarında gerçekleşen farklı kuraklık ve nemlilik durumlarına bakıldığında SPI ve PNI'da olduğu gibi normale yakın bölgesinde yoğunlaşmaktadır. Burada kuraklık oluşma sayıları bakımından ilk dikkat çeken istasyon Koçköprü akım gözlem istasyonudur. Koçköprü istasyonunun 1 aylık SRI sonuçlarında normale yakın kurak durumu baskın olarak görülürken, periyotlar arttıkça bu ağırlık normale yakın nemli sınıfına dönmektedir. Bunun temel nedeni akış değerlerinin uzun dönemler içinde anlık olarak yüksek artışlar göstermesi



olarak söylenebilir. Diğer istasyonlar için şiddet durumlarının çok az değişimler gösterdiği ve dengeli sürdüğü gözlenmektedir.

4.4.4. Palmer Kuraklık İndisleri (scPDSI, PHDI, WPLM, ZIND)

Kuraklık indislerinden özellikle tarımsal kuraklığı izleme imkanı sunan Palmer indislerinin analizi için The Greenleaf Project tarafından oluşturulmuş bilgisayar kodu kullanılmıştır. Yapılacak olan analizde yağış rejiminin yanında potansiyel evapotranspirasyon ve toprak nemi gibi parametrelerde göz önünde tutulacağından, SPI için geliştirilen yazılımdan farklı olarak, Palmer hesapları için yağış, sıcaklık, ortalama sıcaklık, toprak su tutma kapasitesi ve istasyon enlem bilgileri gereklidir. Potansiyel evapotranspirasyon değerini de programın kendisi Thornwaite yöntemiyle hesaplamaktadır. Thornwaite yöntemi, gereksinim duyduğu verilerin azlığı, programın bunu otomatik hesaplaması ve dünya genelinde kullanılan bir metot olması sebebiyle tercih edilmiştir. Bu analizde önemli iki noktadan birisi yağış ve sıcaklık verilerinin ortak periyotlarını belirlemek ve diğeri ise bölüm 2.3’de ayrıntılı olarak anlatılan tarla su tutma kapasitelerini doğru bir şekilde belirlemektir.

Öncelikle istasyonlar için elde edilen veriler, ilgili bilgisayar programının veri formatı düzenine getirilmiş ve hesaplamalar bu şekilde gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde scPDSI’ın yanı sıra PHDI, WPLM ve ZIND analizlerinin sonuçları da sağlanmıştır (1. Ara Rapor EK-1). Elde edilen sonuçlar Tablo 4-16’te sunulmaktadır.

Tablo incelendiğinde önceki indislerde olduğu gibi normal çevresinde kümeleşme olduğu görülmektedir. Bununla beraber scPDSI, PHDI ve WPLM analizlerinde özellikle Ağrı, Ahlat, Bitlis, Malazgirt, Özalp, Tatvan ve Van istasyonlarında hesaplanan değerlerde hafif kuraklık şiddetinin çoğunlukla yaşandığı, ZIND’de ise hemen hemen bütün istasyonların baskın kuraklık şiddetinin hafif kurak evre olduğu görülmektedir. Ayrıca yine ZIND analiz sonuçlarının çok ve aşırı kurak evrelerde gerçekleşme azlığı da dikkat çeken bir başka sonuçtur.

Tablo 4-16. scPDSI, PHDI, WPLM ve ZIND analizleri farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme sayıları

scPDSI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 4	Aşırı Nemli	11	14	15	12	14	11	9	14	11	12	12	12
3.00 - 3.99	Çok Nemli	34	39	43	19	56	20	37	62	18	21	22	36
2.00 - 2.99	Orta Nemli	69	56	38	37	41	27	50	62	42	20	36	80
1.00 - 1.99	Hafif Nemli	96	62	44	69	61	81	45	71	69	17	58	85
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem	57	40	54	76	53	56	35	36	32	27	52	58
0.49 - (-0.49)	Normal	91	62	129	124	133	193	28	82	78	126	151	96
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem	59	53	59	63	67	56	22	69	52	42	86	52
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak	98	100	86	93	65	62	38	113	61	96	93	142
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak	72	37	76	58	51	15	49	40	17	82	39	49
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak	68	25	42	38	16	11	22	8	2	74	15	17
< (-4)	Aşırı Kurak	15	8	10	11	9	6	4	10	10	9	11	12
TOPLAM		670	496	596	600	566	538	339	567	392	526	575	639

PHDI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 4	Aşırı Nemli	12	14	26	14	18	11	9	15	13	12	12	14
3.00 - 3.99	Çok Nemli	36	40	55	27	63	21	37	69	21	21	22	39
2.00 - 2.99	Orta Nemli	74	67	67	45	72	30	61	76	60	21	47	91
1.00 - 1.99	Hafif Nemli	127	87	88	97	96	97	57	80	85	30	86	119
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem	45	59	74	65	64	86	29	29	26	30	66	47
0.49 - (-0.49)	Normal	15	23	49	25	33	100	6	9	12	70	71	16
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem	59	45	57	61	55	78	15	78	45	47	76	52
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak	133	92	71	114	77	80	42	146	86	122	128	169
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak	78	36	62	92	58	19	55	45	24	90	44	61
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak	74	25	38	48	20	13	24	10	6	74	15	19
< (-4)	Aşırı Kurak	17	8	10	14	11	6	4	10	14	9	11	13
TOPLAM		670	496	597	602	567	541	339	567	392	526	578	640

WPLM Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 4	Aşırı Nemli	11	10	24	11	17	9	9	15	12	11	12	13
3.00 - 3.99	Çok Nemli	29	39	49	23	56	19	29	61	17	19	20	32
2.00 - 2.99	Orta Nemli	57	53	50	29	51	30	49	57	45	22	33	68
1.00 - 1.99	Hafif Nemli	91	67	53	73	71	76	54	92	64	25	69	95
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem	54	46	51	54	54	63	17	41	36	32	54	49
0.49 - (-0.49)	Normal	135	89	148	134	120	186	48	79	73	135	152	121
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem	51	49	46	63	55	57	24	60	55	52	79	59
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak	96	79	72	92	64	65	43	99	54	85	97	121
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak	67	33	61	70	48	17	41	45	18	70	37	52
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak	63	24	35	42	21	13	21	9	8	66	14	17
< (-4)	Aşırı Kurak	16	8	9	11	10	6	4	9	10	9	11	13
TOPLAM		670	497	598	602	567	541	339	567	392	526	578	640

ZIND Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 4	Aşırı Nemli	11	13	12	24	8	7	4	5	9	16	13	7
3.00 - 3.99	Çok Nemli	16	16	14	18	11	20	7	11	17	14	22	12
2.00 - 2.99	Orta Nemli	36	30	40	43	34	26	30	35	29	22	36	30
1.00 - 1.99	Hafif Nemli	89	56	73	74	60	71	44	77	48	56	72	83
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem	54	49	48	46	65	46	22	57	37	39	51	71
0.49 - (-0.49)	Normal	164	109	154	124	170	163	100	160	74	149	134	164
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem	111	76	94	71	94	86	48	85	53	86	76	99
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak	156	113	142	123	102	106	70	112	87	122	123	142
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak	30	31	19	57	19	16	15	22	31	20	46	30
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak	3	1	1	20	3	0	0	1	6	2	5	0
< (-4)	Aşırı Kurak	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0
TOPLAM		670	494	597	603	566	541	340	565	391	526	579	638

4.4.5. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi (NDVI)

NDVI analizleri yapılırken şiddet ve olasılık sınıflarının belirlenmesinden daha çok diğer indisler ile karşılaştırmalar yaparak indislerden elde edilen sonuçların NDVI ile doğruluğunun sağlanması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda önceki bölümlerde sözü edilen 12 MGİ ve çevresinde bulunan NDVI değerleri aylık olarak 17 yıl boyunca (2000-2016) sağlanmıştır. Burada amaçlanan yıllar boyunca NDVI değerlerinin nasıl bir değişim gösterdiğini anlayabilmek ve diğer indisler ile olası değişimleri karşılaştırabilmektir.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



NDVI sonuçları -1 ile +1 arasında değişmektedir. Genel olarak -1 değerinden +1 değerine gidildikçe bitkiselilik derecesi artmaktadır. Uydu görüntülerinden sağlanan NDVI sonuçları önceden de belirtildiği gibi istasyonlar ve çevrelerini kapsayacak şekilde aylık olarak elde edilmiştir. Ancak diğer indisler ile grafikler üzerinden karşılaştırılmaya imkan vermesi için bu değerler standartlaştırılarak SPI, SRI ve Palmer İndislerinin şiddet değerleri ile benzer duruma getirilmiştir (1. Ara Rapor EK-2).

Farklı bitki örtüsü sınıflarının 2000-2016 yılları arasında aylık olarak gerçekleşen NDVI değerleri Tablo 4-17’de verilmektedir. Aylık olarak elde edilen değerlerin özellikle kış aylarında kar ile örtülü olması nedeni ile karşılaştırma yapmaya olanak sağlayacak değerler sunmamaktadır. Aşağıda verilen tabloda istasyonların bitki örtüsü durumlarının birbirleri ile karşılaştırılınca çok farklı olduğu görülmektedir. Örneğin Ahlat istasyonunda genelde aylık olarak az bitki örtüsü ve bitkisiz alanların sayıca fazla olduğu; Muradiye istasyonu ve çevresinin orta yoğun, yoğun ve çok yoğun bitki örtüsü sayılarının diğer sınıflara göre baskın olduğu görülmektedir. Burada sağlanan veriler ile bitki örtüsü durumu belirli birkaç grupta kümeleşmiş istasyonların, kümeleşme dışında kalan verilerinin ne zaman gerçekleştiği tespit edilebilir.

Tablo 4-17. MGİ istasyonları ve çevresinin NDVI değerleri

NDVI Değerleri	Sınıflandırma	Ahlat	Başkale	Bitlis	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
<0	Su, Su Yapıları, Kar, Buz	30	26	46	11	9	26	26	47	31	15
0 - 0.15	Bitkisiz alan, çıplak kaya, yerleşim yeri	66	69	13	42	37	28	31	32	26	37
0.15 - 0.25	Az Bitkisel	96	51	50	11	5	7	3	97	22	59
0.25 - 0.35	Az-Orta Bitkisel	10	52	47	32	17	20	9	26	54	82
0.35 - 0.40	Orta Bitkisel	0	3	16	9	17	24	6	1	44	6
0.40 - 0.50	Orta-Yoğun Bitkisel	1	2	19	65	29	50	38	0	26	4
0.50 - 0.60	Yoğun Bitkisel	0	0	12	32	44	35	50	0	0	0
>0.60	Çok Yoğun Bitkisel	0	0	0	1	44	13	40	0	0	0
	TOPLAM	203	203	203	203	202	203	203	203	203	203

Ahlat istasyonu için 0.25’ten büyük NDVI değerleri 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 ve 2016 yıllarının haziran aylarında gerçekleşmiştir. Bununla birlikte 2012 aralık, 2014 ve 2016 mayıs aylarında değerleri 0.25’ten büyüktür. Başkale istasyonunda ise 0.35’ten büyük değerler 2002, 2003, 2011 ve 2013 haziran ve 2006 mayıs aylarında elde edilmiştir. Erciş’te sadece 2006 nisan ayının NDVI değerinin olağandan yüksek olduğu söylenebilir. Özalp’te ise 2015 haziran ayının



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



NDVI değeri 0.35'ten büyüktür. Van istasyonu ve çevresinden alınan NDVI değerlerine göre 2002 haziran, 2003 mayıs ve haziran, 2004 haziran, 2005 mayıs ve haziran, 2007 mayıs, 2010 mayıs ve haziran ve 2011 haziran tarihlerinin orta ve üstü bitki örtüsü sınıfına ait olduğu görülmektedir. Bitlis, Gevaş, Malazgirt, Muradiye ve Tatvan istasyonlarında değerler belirli bir yerde kümeleşmediğinden böyle bir çıkarım yapmak zordur.

Tablo 4-18'de ise NDVI değerlerinin aylık olarak yıllar içindeki ortalamaları verilmektedir. Tablodaki yeşil ile boyalı hücreler ilgili yıla ait aylık ortalamaların bütün aylık değer ortalamalarından yüksek olan değerleri, kırmızı ile boyanan hücreler ise bütün aylık değer ortalamalarından düşük olan değerleri göstermektedir. Bu tablo ışığında yapılacak değerlendirmeler kurak ve yağışlı dönemleri belirlemede etkili olacaktır. Tablo göz önüne alındığında çoğu istasyon için 2000, 2001, 2002, 2003, 2008, 2012 ve 2013 yıllarının NDVI değerlerinin ortalama düşük, 2004, 2006-2010, 2011, 2014, 2015 ve 2016 yıllarının ise ortalama yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle 2000, 2001 ve 2012 yıllarına ait ortalama değerlerin hemen hemen bütün istasyonlar için düşük olduğu görülürken, 2010, 2014 ve 2015 yıllarının ise yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Bu sonuçlar sözü edilen yılların sırasıyla kurak ve nemli dönemleri simgeleyebileceği konusunda fikir vermektedir. Bu konu Bölüm 4.6'da ayrıntılı olarak ele alınacak, diğer indis sonuçları ve trend analizleri ile karşılaştırılıp, sonuç doğrulamasına gidilecektir.

Tablo 4-18. MGİ istasyonları ve çevresinin NDVI değerlerinin ortalamaları (sırasıyla yeşil ve kırmızı renkler aylık bazda 17 yıllık NDVI sonuç ortalamalarının üstü ve altını simgelemektedir)

İstasyonlar / Yıllar	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Ortalama Değer
Ahlat	0.1093	0.1058	0.1150	0.0957	0.1101	0.1218	0.1304	0.1156	0.1113	0.1454	0.1548	0.1419	0.1439	0.1387	0.1433	0.1674	0.1541	0.1291
Başkale	0.1439	0.1361	0.1542	0.1537	0.1566	0.1604	0.1439	0.1550	0.1418	0.1340	0.1614	0.1553	0.1269	0.1263	0.1331	0.1585	0.1815	0.1477
Bitlis	0.1891	0.1802	0.2045	0.1720	0.1849	0.2153	0.2296	0.2151	0.2125	0.1858	0.2970	0.2752	0.1734	0.2013	0.2993	0.2523	0.2545	0.2191
Erciş	0.3034	0.3064	0.3404	0.2971	0.3400	0.3164	0.3924	0.3346	0.2948	0.2846	0.3306	0.3135	0.2656	0.2815	0.3590	0.3395	0.2930	0.3159
Gevaş	0.4206	0.3359	0.4197	0.3911	0.4048	0.4349	0.4399	0.4535	0.3724	0.3975	0.4356	0.3968	0.3465	0.3653	0.4294	0.4255	0.3435	0.3990
Malazgirt	0.2407	0.2957	0.2915	0.2867	0.3156	0.3378	0.3519	0.3077	0.3155	0.3526	0.3743	0.3232	0.3071	0.3443	0.3633	0.3852	0.3610	0.3256
Muradiye	0.3419	0.3449	0.3671	0.3333	0.3896	0.3359	0.3806	0.3725	0.3807	0.3543	0.4457	0.3900	0.3593	0.3750	0.4366	0.4249	0.4173	0.3778
Özalp	0.1197	0.0969	0.1243	0.1150	0.1375	0.1249	0.1166	0.1372	0.1346	0.1150	0.1609	0.1335	0.1299	0.1516	0.1528	0.1597	0.1446	0.1319
Tatvan	0.2185	0.2206	0.2204	0.2035	0.2439	0.2268	0.2605	0.2223	0.2549	0.2691	0.2859	0.2674	0.2120	0.2084	0.2732	0.2777	0.2561	0.2413
Van	0.1776	0.1754	0.2351	0.2139	0.2216	0.2146	0.2002	0.2391	0.2137	0.2155	0.2309	0.2240	0.1500	0.1772	0.2026	0.2081	0.1949	0.2048

Proje kapsamında NDVI sonuçlarının mekânsal dağılımları görseller üzerinden de incelenmiştir. Aylık olarak 17 yıllık verisi bulunan NDVI sonuçları

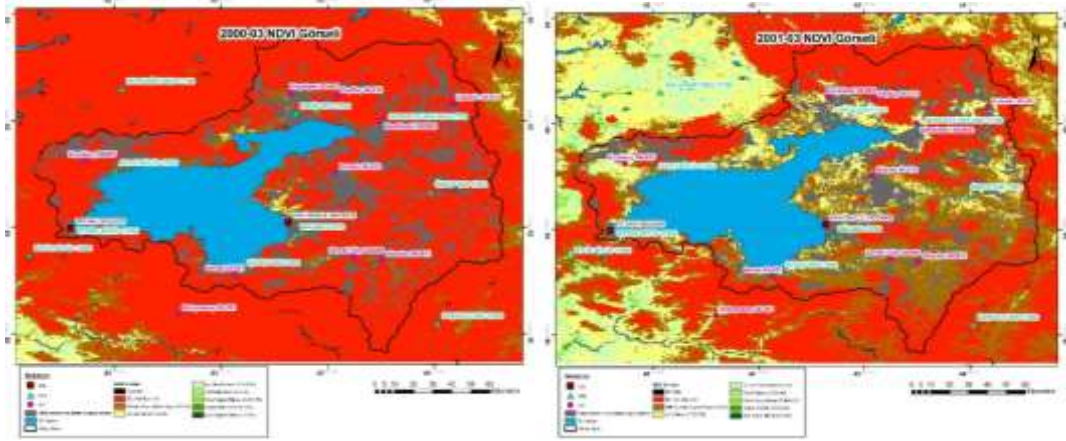


bitkisel sınıfa göre görselleştirilip, analiz edilmiştir (1. Ara Rapor EK-3). Analiz yöntemi olarak havzanın mart, haziran ve eylül aylarına ait NDVI sonuç görsellerinin bütün yıllar için karşılaştırılması uygun görülmüştür. Bu yöntemde temel hedef mart aylarında havzanın kar durumu, haziran (yüksek bitkisel) ve eylül (düşük bitkisel) aylarında havzanın bitkisel durumunu gözleyebilmektir. Bu analiz yapılmadan önce CORINE 2012 arazi örtüsü verisi kullanılarak, tarım alanları maskelenmiştir. Böylelikle sulu tarım yapılan alanların yanıltıcı olabilecek bitkisel durumu ortadan kaldırılmıştır. Yapılan bu karşılaştırmalar ile havzanın değişen bitkisel durumundan yola çıkarak kurak ve yağışlı dönemlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlar diğer indis ve trend analizleri ile denetirecektir. Söz konusu yöntemde bütün yılların NDVI görsellerinin karşılaştırılmasına karşın rapor içinde üç farklı ay için en az ve en çok değerlere sahip 5'er adet görsel sunulacaktır. NDVI görsellerinin bütünü 1. Ara Rapor EK-3'te verilmiştir.

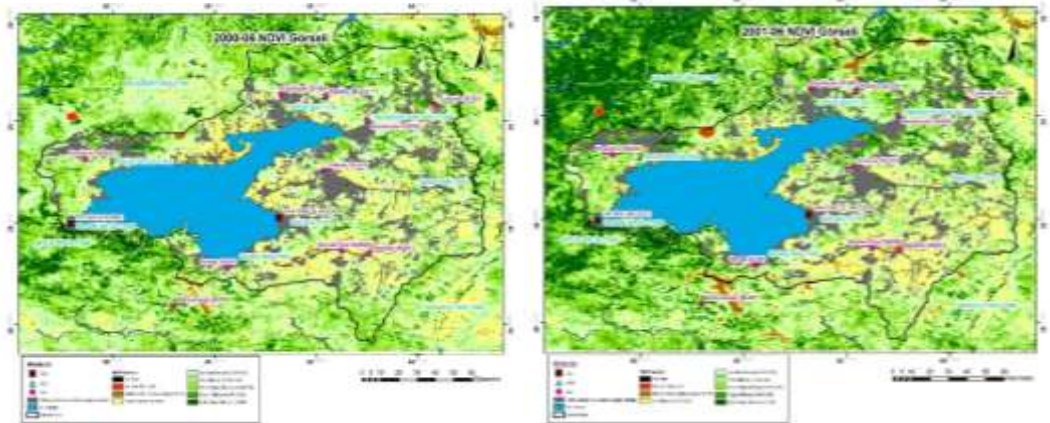
Havzanın yıllara göre kar durumlarından yapılacak çıkarımlar ile kar yağışlarının daha sonra haziran ve eylül aylarındaki bitkisel derecelerine etki edip etmediği gözlenecektir. Görsellerde kırmızı ile gösterilmiş bölgeler kar ve buzların bulunduğu yerleri simgelemektedir. NDVI sonuçları mart ayı görselleri incelendiğinde 2000, 2003, 2007, 2009 ve 2012 yıllarının mart ayının diğer aylara göre daha yoğun kar yağışı geçirdiği görülmektedir. Buna karşın 2001, 2004, 2008, 2010 ve 2014 yıllarının mart aylarının bölgesel olarak daha az kar ile kaplandığı görülmektedir (Örnekleri Şekil 4-15 verilen şekillerin tamamı, 1. Ara Rapor Şekil 2 13sunulmuştur).

Havzanın bitkisel durumu kahverenginden koyu yeşile doğru artış göstermektedir. Kahverengi bitkisiz alanları koyu yeşil ise çok yoğun bitkisel alanları simgelemektedir. NDVI haziran ve eylül ayları incelendiğinde ise 2000, 2001, 2006, 2008 ve 2014 yıllarının diğer yıllara göre bitkisel açıdan daha zayıf; 2003, 2004, 2009, 2011 ve 2015 yıllarının ise daha yoğun olduğu sonucuna varılmıştır (Örnekleri

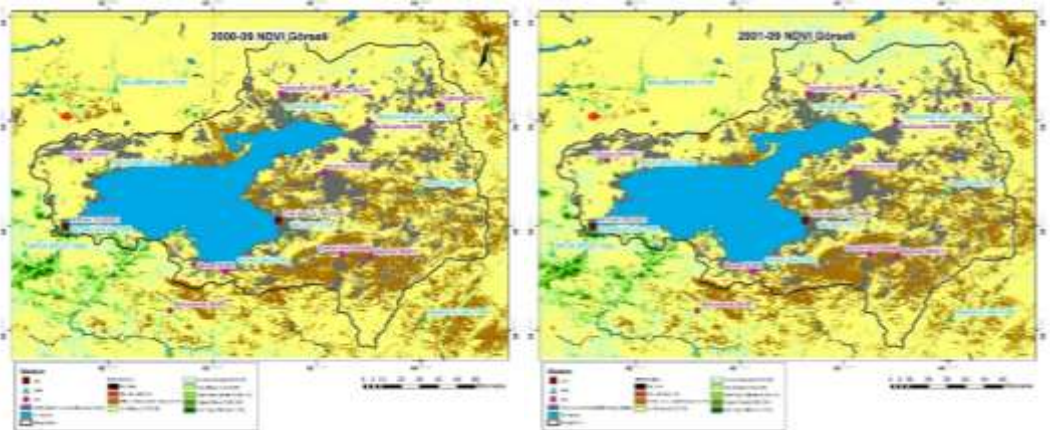
Şekil 4-16 ve Şekil 4-17 verilen şekillerin tamamı, 1. Ara Rapor Şekil 2 14 ve Şekil 2 15'te sunulmuştur).



Şekil 4-15. 2000-2016 yılları mart ayına ait havzanın NDVI sonuç görselleri



Şekil 4-16. 2000-2016 yılları haziran ayına ait havzanın NDVI sonuç görselleri



Şekil 4-17. 2000-2016 yılları eylül ayına ait havzanın NDVI sonuç görselleri



Buradan elde edilen sonuçlar havzanın kurak ve yağışlı dönemlerinin belirlenmesi için önemlidir. Konu ile ilgili ayrıntılı karşılaştırma raporun ilerleyen bölümlerinde yapılacaktır.

Haritaları karşılaştırılan, NDVI sonuçlarına göre kurak ve yağışlı dönemi temsil edebilecek zamanlar kar ve buz ile örtülü durumuna göre de incelenmiştir. NDVI sonuçlarına göre haziran ve eylül aylarının kurak dönem özellikleri gösteren 2001, 2006, 2008 ve 2014 yıllarında havzanın kuraklık açısından da zayıf olduğu görülmektedir. 2000 yılında ise kar ve buzla örtülü alanlar mart ayında her ne kadar fazla olsa da ilgili yılın NDVI görselleri incelendiğinde karların hızlıca eridiği ve özellikle yağışların bu yılda çok düşük olması nedeni ile bu yıl için kurak bir dönem yaşandığı söylenebilir.

4.5. Kuraklık Risk Analizleri

Kuraklık risk analizlerinin değerlendirilmesinde istasyonlardan hesaplanan her bir kuraklık şiddet sayısının toplam şiddet sayısına oranı göz önüne alınmıştır. Böylelikle istasyonlar arası karşılaştırmalar yapılırken oranlar üzerinden daha sağlıklı sonuçlar alınabilir. Bilindiği üzere her istasyonun ölçüm periyotları ve ölçüm yıl sayıları farklı olduğundan kuraklık gerçekleşme sayıları yerine kuraklık gerçekleşme olasılıkları havza bütününde daha etkili değerlendirme yapmaya olanak sağlayacaktır.

Bölüm 4.4 ve alt başlıklarında açıklamaları verilen indis değerlendirmeleri yüzdesel gerçekleşme bağlamında bu bölümde ayrı ayrı ele alınmıştır. İstasyonlar ve indisler arası karşılaştırmalı sonuçlar ise kuraklık devrelerinin tespit edildiği bölüm 4.6'da ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

4.5.1. Normalin Yüzdesi İndisi (PNI)

PNI analizlerinden elde edilen farklı kuraklık şiddetlerine ait sonuçlar gerçekleşme olasılıkları bağlamında ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Ağrı istasyonunun en yüksek olasılıklı şiddet durumları 3, 6, 9 aylık periyotlarda orta

şiddetli kuraklık, 12 aylık periyotta ise normale yakın kuraklık olduğu görülmektedir. Ahlat istasyonunda hemen hemen bütün periyotlar için normale yakın kuraklık yüksek oranda görülürken, Başkale istasyonunda orta şiddette kuraklığın oransal olarak yüksek olduğu gözlenmektedir. Bitlis istasyonunda egemen olan kuraklık türleri normale yakın ve orta şiddette kuraklık; Doğubeyazıt istasyonunda normale yakın kuraklık şiddetinin yoğun olduğu görülmektedir. Erciş, Gevaş, Malazgirt, Muradiye, Özalp, Tatvan ve Van İstasyonlarından elde edilen sonuçlar ise yoğun olarak orta şiddetli, normale yakın kurak ve normale yakın nemli şiddetlerinde görülmektedir. İstasyonların geneli değerlendirildiğinde orta şiddetli kuraklığın olasılık olarak yüksek olduğu ancak normale yakın kurak ve normale yakın nemli oranlarının da orta şiddetli kuraklığa çok yakın olduğu söylenebilir.

Tablo 4-19. PNI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme yüzdeleri

3 Aylık PNI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 170	Çok Şiddetli Yağışlı	5.57	9.28	7.22	7.61	5.69	7.60	9.94	6.98	7.94	9.85	7.23	7.33
150 - 170	Çok Yağışlı	4.99	4.27	5.30	4.81	6.90	5.12	5.80	6.98	5.23	4.36	5.47	5.72
130 - 150	Orta Şiddetli Yağışlı	9.97	9.46	8.67	8.54	10.34	9.01	9.67	9.30	11.19	7.20	9.49	8.94
110 - 130	Normale Yakın Yağışlı	14.66	13.17	13.48	15.68	14.31	13.07	17.40	15.12	14.08	10.80	13.50	12.32
90 - 110	Normale Yakın Kurak	18.91	18.00	17.66	17.70	20.34	18.02	15.75	15.78	17.33	18.37	19.61	18.48
70 - 90	Orta Şiddetli Kurak	22.29	20.41	19.58	19.10	18.62	21.55	16.30	19.44	18.41	19.32	18.49	21.41
50 - 70	Şiddetli Kurak	14.22	11.87	13.16	14.91	14.66	13.60	12.43	13.46	13.36	15.34	14.63	14.37
< 50	Çok Şiddetli Kurak	9.38	13.54	14.93	11.65	9.14	12.01	12.71	12.96	12.45	14.77	11.58	11.44
6 Aylık PNI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 170	Çok Şiddetli Yağışlı	2.21	3.71	3.51	2.33	3.10	2.83	5.80	1.50	2.89	9.66	3.07	2.06
150 - 170	Çok Yağışlı	3.39	4.27	2.88	5.91	4.66	3.71	8.84	5.81	5.42	3.41	4.20	2.65
130 - 150	Orta Şiddetli Yağışlı	10.75	10.20	8.63	8.24	10.00	10.95	14.64	12.79	10.65	7.01	7.92	8.54
110 - 130	Normale Yakın Yağışlı	18.70	19.85	17.41	16.02	18.10	15.90	17.40	17.77	21.66	14.39	18.58	21.21
90 - 110	Normale Yakın Kurak	23.42	27.27	23.00	26.59	25.34	26.15	21.55	20.60	26.71	18.94	30.86	26.95
70 - 90	Orta Şiddetli Kurak	27.69	19.29	27.32	26.13	23.45	24.03	18.51	24.42	17.87	24.24	20.19	24.15
50 - 70	Şiddetli Kurak	11.78	10.58	11.98	9.18	11.72	11.48	8.84	12.62	9.39	17.42	9.53	10.75
< 50	Çok Şiddetli Kurak	2.06	4.82	5.27	5.60	3.62	4.95	4.42	4.49	5.42	4.92	5.65	3.68
9 Aylık PNI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 170	Çok Şiddetli Yağışlı	0.15	2.23	3.19	0.31	2.24	1.94	6.63	0.17	1.44	9.66	0.49	0.89
150 - 170	Çok Yağışlı	2.51	5.57	3.19	3.44	3.62	3.71	9.94	3.65	4.69	3.03	3.25	1.78
130 - 150	Orta Şiddetli Yağışlı	8.14	8.16	6.71	7.81	9.14	8.13	16.02	14.29	11.37	4.92	9.58	7.54
110 - 130	Normale Yakın Yağışlı	23.08	23.19	17.09	21.56	19.48	18.55	18.78	19.10	23.29	18.37	17.21	22.34
90 - 110	Normale Yakın Kurak	26.78	31.17	25.72	29.38	30.69	27.56	23.76	24.09	30.69	22.35	37.18	29.73
70 - 90	Orta Şiddetli Kurak	30.03	20.04	32.27	27.34	23.97	27.39	18.51	25.91	17.33	23.67	20.78	30.62
50 - 70	Şiddetli Kurak	8.88	8.35	9.74	8.13	8.97	10.42	5.52	11.30	7.76	15.53	9.09	6.21
< 50	Çok Şiddetli Kurak	0.44	1.30	2.08	2.03	1.90	2.30	0.83	1.50	3.43	2.46	2.44	0.89
12 Aylık PNI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
> 170	Çok Şiddetli Yağışlı	0.00	1.11	2.56	0.00	0.69	1.41	7.73	0.00	1.26	9.47	0.16	0.15
150 - 170	Çok Yağışlı	1.49	5.75	2.56	2.20	3.97	4.42	11.60	2.83	2.53	2.27	2.28	0.45
130 - 150	Orta Şiddetli Yağışlı	6.84	11.50	8.00	9.58	9.31	4.95	19.34	12.48	12.27	5.68	7.99	6.98
110 - 130	Normale Yakın Yağışlı	22.14	23.19	14.08	17.27	20.69	18.37	23.76	22.46	27.26	20.27	20.23	24.67
90 - 110	Normale Yakın Kurak	34.47	31.91	28.80	35.32	32.41	33.39	19.89	26.62	31.41	25.38	38.99	32.84
70 - 90	Orta Şiddetli Kurak	29.57	19.11	36.80	26.22	25.86	29.15	15.75	26.46	16.25	20.64	21.86	29.87
50 - 70	Şiddetli Kurak	5.50	7.42	6.56	9.11	6.38	6.36	1.66	8.49	5.96	15.72	6.85	4.90
< 50	Çok Şiddetli Kurak	0.00	0.00	0.64	0.31	0.69	1.94	0.28	0.67	3.07	0.57	1.63	0.15

4.5.2. Standart Yağış İndisi (SPI)

SPI olasılık analizleri de PNI ile benzer şekilde 12 MGI'de gerçekleştirilen indis hesaplarının oransal gerçekleşme durumları göz önüne alınarak elde edilmiştir. Farklı şiddet gurupları için hesaplanan sonuçlar Tablo 4-20'de özetlenmiştir. Sonuçlar incelendiği zaman PNI'dan farklı olarak hemen hemen bütün istasyonlarda



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



benzer durumlar göze çarpmaktadır. İstasyonların bütününde normale yakın yağışlı ve normale yakın kurak evrelerinin yüzdesel olarak egemen olduğu görülmektedir. Sözü edilen evrelerin oranı genelleme yapılacak olursa istasyonlarda %30-38 arasında değişmektedir. Bütün istasyonların benzer sonuçlar vermesi bir bakıma elde edilen sonuçların sağlıklı olduğunu işaret etmektedir. PNI hesapları ile karşılaştırıldığında ise PNI ile farklı sonuçlar vermesi, PNI hesabının istatistiksel düzenlemelerinin olmaması ve bu nedenle çok yüksek veya çok düşük yağışlarda olağandan çok yüksek veya çok düşük uç değerler vermesinden kaynaklandığı söylenebilir. Bu uç değerler PNI için genel bir kuraklık sınıflandırılması yapılmasını da zorlaştırmaktadır.

SPI şiddet sınıfları yüzdelere bakıldığında farklı periyotlarda egemen iki sınıf olan normale yakın kurak ve normale yakın nemli sınıflarının değerlerinde çok fazla değişiklik olmadığı görülmektedir.

Tablo 4-20. SRI analizleri 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme yüzdeleri

3 Aylık SPI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciș	Gevas	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>2	Çok Şiddetli Yağışlı	2.49	1.92	2.06	1.24	2.52	1.40	0.54	0.16	1.05	4.64	1.58	1.91
1.50 - 2.00	Çok Yağışlı	4.55	4.02	3.48	4.64	3.36	4.19	3.51	6.60	4.72	2.56	4.58	3.96
1.00 - 1.50	Orta Şiddetli Yağışlı	8.65	10.14	8.86	9.75	9.40	10.82	12.16	9.18	10.31	6.24	9.64	8.96
0 - 1.00	Normale Yakın Yağışlı	34.31	34.97	37.03	37.00	36.74	34.90	37.57	35.43	35.66	38.08	35.23	35.83
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	34.02	34.62	34.02	33.90	31.21	34.03	30.81	31.72	33.92	33.92	33.81	33.48
-1.50 - -1.00	Orta Şiddetli Kurak	9.82	6.29	9.34	6.19	8.89	8.55	8.92	9.02	8.04	8.80	8.21	9.99
-2.00 - -1.50	Şiddetli Kurak	4.11	5.94	3.01	3.87	5.70	4.01	5.68	5.64	4.90	5.44	4.74	3.67
<-2	Çok Şiddetli Kurak	2.05	2.30	2.22	3.41	2.18	2.09	0.81	2.25	1.40	0.32	2.21	2.20
6 Aylık SPI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciș	Gevas	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>2	Çok Şiddetli Yağışlı	2.06	1.97	2.70	2.02	2.88	1.05	1.09	0.16	0.71	3.31	0.63	1.47
1.50 - 2.00	Çok Yağışlı	4.42	3.40	1.75	4.35	4.07	4.90	1.91	4.52	3.36	5.13	4.29	4.13
1.00 - 1.50	Orta Şiddetli Yağışlı	11.05	7.51	6.98	9.18	7.29	11.03	11.99	12.60	9.19	5.30	8.25	10.18
0 - 1.00	Normale Yakın Yağışlı	31.96	40.97	40.32	35.46	37.80	35.03	40.87	34.89	41.87	35.60	43.49	36.14
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	34.90	33.09	36.03	37.64	31.53	34.33	30.25	31.50	31.10	38.91	30.32	32.30
-1.50 - -1.00	Orta Şiddetli Kurak	8.54	6.44	6.83	4.51	9.83	7.01	5.99	7.92	6.18	5.30	6.03	8.26
-2.00 - -1.50	Şiddetli Kurak	4.57	3.58	2.86	3.58	4.58	3.50	5.72	5.98	4.77	4.47	4.13	4.72
<-2	Çok Şiddetli Kurak	2.50	3.04	2.54	3.27	2.03	3.15	2.18	2.42	2.83	1.99	2.86	2.80
9 Aylık SPI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciș	Gevas	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>2	Çok Şiddetli Yağışlı	1.48	1.61	2.40	2.19	2.92	1.76	1.37	0.16	0.89	4.52	0.80	1.33
1.50 - 2.00	Çok Yağışlı	4.44	4.29	2.56	4.22	4.80	4.40	1.65	4.22	2.86	3.52	3.50	4.88
1.00 - 1.50	Orta Şiddetli Yağışlı	10.50	7.32	7.83	7.19	8.23	7.92	10.99	13.64	8.21	4.02	9.55	11.54
0 - 1.00	Normale Yakın Yağışlı	34.91	39.11	35.46	38.75	32.76	37.68	39.56	34.09	45.00	38.36	42.52	32.40
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	32.10	34.11	41.21	35.47	37.39	34.68	33.24	31.49	29.29	38.36	31.85	34.17
-1.50 - -1.00	Orta Şiddetli Kurak	8.88	5.71	5.75	6.25	6.69	7.75	5.22	7.95	7.32	5.86	5.89	8.14
-2.00 - -1.50	Şiddetli Kurak	5.47	4.82	2.24	3.28	4.97	2.64	5.22	6.33	2.68	2.51	2.87	5.03
<-2	Çok Şiddetli Kurak	2.22	3.04	2.56	2.66	2.23	3.17	2.75	2.11	3.75	2.85	3.03	2.51
12 Aylık SPI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciș	Gevas	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>2	Çok Şiddetli Yağışlı	2.08	1.45	2.88	2.20	2.43	2.30	1.11	0.16	0.54	5.91	1.44	1.04
1.50 - 2.00	Çok Yağışlı	4.16	4.35	3.53	5.65	5.90	4.78	3.06	4.24	2.71	2.53	2.72	4.61
1.00 - 1.50	Orta Şiddetli Yağışlı	9.51	9.24	8.17	5.34	7.64	5.66	10.03	13.87	7.76	2.70	9.76	13.82
0 - 1.00	Normale Yakın Yağışlı	35.96	34.96	32.05	39.40	32.12	37.17	37.88	33.93	47.11	38.51	39.68	30.16
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	29.27	36.59	43.91	33.44	36.98	38.94	33.43	32.46	29.78	38.68	35.04	34.92
-1.50 - -1.00	Orta Şiddetli Kurak	12.33	6.16	5.77	7.85	8.51	6.02	6.13	7.01	5.78	6.25	4.64	8.47
-2.00 - -1.50	Şiddetli Kurak	5.50	5.07	1.12	3.77	4.51	1.06	5.29	5.55	1.62	3.21	3.68	3.57
<-2	Çok Şiddetli Kurak	1.19	2.17	2.56	2.35	1.91	4.07	3.06	2.77	4.69	2.20	3.04	3.42

4.5.3. Standart Akım İndisi (SRI)

Akım indislerinin hesabında önceden değinildiği üzere denştirilmiş akım verileri kullanılmıştır. Bu nedenle SRI için hesaplanan değerlerin periyotları ve yıl

aralıkları genellikle istasyondan istasyona değişiklik göstermektedir. Bu nedenle SRI analizleri için olasılık hesapları önemli bir yere sahiptir. Yapılan olasılıklar ile gerçekleşme rakamlarından çok yüzdesel olarak yorumlama yaklaşımı özellikle SRI için daha faydalı sonuçlar doğuracaktır.

Tablo 4-21’de bulunan sonuçlar incelendiğinde istasyonların hepsinde egemen olan şiddet sınıflarının normale yakın nemli ve normale yakın kurak olduğu görülmektedir. Genel olarak olasılık değerlerinde Bahçesaray ve Güzelsu istasyonları için normale yakın nemli şiddetinin; Çubuklu, Erdeviz, Gevaş, Kınalıkoç, Koçköprü ve Zernek istasyonları için normale yakın kurak şiddetinin egemen olduğu söylenebilir. Ancak bu değerler genelde birbirlerine yakın olup, periyotlar boyunca değişkenlik göstermektedir. Bendimahi ve Payköy istasyonları için de normale yakın kurak ve normale yakın nemli olasılık olarak birbirine çok yakındır. Periyot süreleri arttığında ise egemen şiddet sınıflarının SPI ile benzer şekilde değişmediği görülmektedir. Sınıflar arasında ise oluşan değişikliğin ise çok az olduğu ve periyotlar boyunca değişken olarak artıp, azaldığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 4-21. SRI analizleri 1, 3, 9, 12 aylık periyotlarda farklı kuraklık şiddetlerinin gerçekleşme yüzdeleri

1 Aylık SRI Değerleri	Sınıflandırma	Bahçesaray	Bendimahi	Çubuklu	Erdeviz	Gevaş	Güzelsu	Kınalıkoç	Koçköprü	Payköy	Zernek
>2	Aşırı Nemli	0.72	3.35	3.43	4.31	2.68	3.21	1.96	2.88	2.42	4.43
1.50 - 2.00	Çok Nemli	3.99	2.94	3.43	2.01	3.68	1.28	6.13	9.09	1.82	4.17
1.00 - 1.50	Orta Nemli	6.88	5.87	9.80	6.32	8.70	7.69	9.80	4.55	8.64	5.47
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli	45.29	38.16	29.90	35.92	33.11	42.95	30.15	24.55	36.67	30.47
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	26.81	36.06	37.75	41.38	39.80	32.05	36.27	46.06	35.76	44.79
-1.50 - -1.00	Orta Kurak	5.80	6.71	11.76	5.46	5.35	6.09	8.82	9.70	10.61	7.29
-2.00 - -1.50	Çok Kurak	6.88	4.19	3.43	2.01	3.01	4.49	5.88	2.73	2.12	1.30
<-2	Aşırı Kurak	3.62	2.73	0.49	2.59	3.68	2.24	0.98	0.45	1.97	2.08
3 Aylık SRI Değerleri											
>2	Aşırı Nemli	1.09	1.47	1.96	4.60	2.33	1.93	2.45	2.12	2.58	3.91
1.50 - 2.00	Çok Nemli	1.45	3.56	5.39	2.30	4.33	3.22	5.64	6.97	3.03	4.17
1.00 - 1.50	Orta Nemli	9.09	8.60	11.27	6.32	9.67	8.04	9.31	7.42	5.76	7.55
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli	48.36	39.62	28.43	36.78	34.00	38.59	31.37	26.36	37.27	30.99
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	23.64	32.08	36.27	39.08	35.67	32.80	35.29	43.03	37.27	40.36
-1.50 - -1.00	Orta Kurak	6.55	7.97	11.76	6.90	7.00	9.00	9.56	8.94	8.94	10.16
-2.00 - -1.50	Çok Kurak	5.82	3.77	4.41	1.44	4.00	3.54	5.88	4.55	3.79	1.30
<-2	Aşırı Kurak	4.00	2.94	0.49	2.59	3.00	2.89	0.49	0.61	1.36	1.56
9 Aylık SRI Değerleri											
>2	Aşırı Nemli	1.12	1.28	0.51	3.82	1.37	0.99	4.75	3.22	2.76	2.66
1.50 - 2.00	Çok Nemli	3.36	3.62	5.61	5.00	4.79	6.58	5.00	4.29	4.45	4.52
1.00 - 1.50	Orta Nemli	7.84	10.66	11.73	6.18	12.33	7.57	7.25	7.67	4.91	10.37
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli	48.51	36.46	33.67	29.41	30.48	37.17	25.75	29.91	40.49	30.32
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	26.12	33.90	24.49	40.00	36.30	29.61	43.50	40.80	33.90	37.23
-1.50 - -1.00	Orta Kurak	4.10	7.89	17.86	12.94	10.96	8.55	9.75	8.74	7.36	10.37
-2.00 - -1.50	Çok Kurak	4.48	3.62	6.12	1.47	1.03	6.58	3.75	3.53	2.91	2.66
<-2	Aşırı Kurak	4.48	2.56	0.00	1.18	2.74	2.96	0.25	1.84	3.22	1.86
12 Aylık SRI Değerleri											
>2	Aşırı Nemli	1.48	0.64	0.00	4.13	1.72	0.33	5.75	3.68	2.76	3.21
1.50 - 2.00	Çok Nemli	2.96	4.06	5.56	4.42	5.86	6.31	3.25	3.07	4.45	4.55
1.00 - 1.50	Orta Nemli	8.89	13.25	8.59	8.26	8.28	6.31	7.00	5.37	4.60	11.50
0 - 1.00	Normale Yakın Nemli	45.56	33.55	39.39	28.02	32.07	38.87	26.50	40.49	41.87	27.54
-1.00 - 0	Normale Yakın Kurak	28.52	35.68	23.74	40.12	36.90	32.23	46.00	32.82	32.82	38.50
-1.50 - -1.00	Orta Kurak	4.44	5.56	17.17	11.80	9.66	3.99	7.00	9.97	7.52	8.29
-2.00 - -1.50	Çok Kurak	3.70	4.70	5.05	2.95	2.76	8.31	4.50	1.99	2.15	4.55
<-2	Aşırı Kurak	4.44	2.56	0.51	0.29	2.76	3.65	0.00	2.61	3.83	1.87

4.5.4. Palmer Kuraklık İndisleri (scPDSI, PHDI, WPLM, ZIND)

Palmer indislerinden elde edilen sonuçlardan farklı şiddet grupları için yapılan yüzde hesapları Tablo 4-22’de sunulmaktadır. Elde edilen sonuçlar ışığında sc PDSI ve WPLM için genel olarak bütün istasyonlarda normal, hafif nemli ve hafif kurak şiddetlerinde; PHDI için ise hafif nemli ve hafif kurak evrelerinde yoğunlaşmalar olduğu görülmektedir. ZIND analizi için hafif nemli, normal, başlangıç evresinde kurak ve hafif kurak şiddetlerinin değerlerinin yakın olduğu ve egemen şiddet gruplarını oluşturdukları söylenebilir. Özellikle aşırı kurak ve aşırı nemli oranlarının bütün indis olasılıklarında çok düşük olduğu ise göze çarpan bir başka sonuçtur.

Tablo 4-22. scPDSI, PHDI, WPLM ve ZIND analizlerinin farklı kuraklık şiddetlerinde gerçekleştirme yüzdeleri

scPDSI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>4	Aşırı Nemli	1.64	2.82	2.52	2.00	2.47	2.04	2.65	2.47	2.81	2.28	2.09	1.88
3.00 - 3.99	Çok Nemli	5.07	7.86	7.21	3.17	9.89	3.72	10.91	10.93	4.59	3.99	3.83	5.63
2.00 - 2.99	Orta Nemli	10.30	11.29	6.38	6.17	7.24	5.02	14.75	10.93	10.71	3.80	6.26	12.52
1.00 - 1.99	Hafif Nemli	14.33	12.50	7.38	11.50	10.78	15.06	13.27	12.52	17.60	3.23	10.09	13.30
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem	8.51	8.06	9.06	12.67	9.36	10.41	10.32	6.35	8.16	5.13	9.04	9.08
0.49 - (-0.49)	Normal	13.58	12.50	21.64	20.67	23.50	35.87	8.26	14.46	19.90	23.95	26.26	15.02
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem	8.81	10.69	9.90	10.50	11.84	10.41	6.49	12.17	13.27	7.98	14.96	8.14
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak	14.63	20.16	14.43	15.50	11.48	11.52	11.21	19.93	15.56	18.25	16.17	22.22
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak	10.75	7.46	12.75	9.67	9.01	2.79	14.45	7.05	4.34	15.59	6.78	7.67
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak	10.15	5.04	7.05	6.33	2.83	2.04	6.49	1.41	0.51	14.07	2.61	2.66
<(-4)	Aşırı Kurak	2.24	1.61	1.68	1.83	1.59	1.12	1.18	1.76	2.55	1.71	1.91	1.88
PHDI Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>4	Aşırı Nemli	1.79	2.82	4.36	2.33	3.17	2.03	2.65	2.65	3.32	2.28	2.08	2.19
3.00 - 3.99	Çok Nemli	5.37	8.06	9.21	4.49	11.11	3.88	10.91	12.17	5.36	3.99	3.81	6.09
2.00 - 2.99	Orta Nemli	11.04	13.51	11.22	7.48	12.70	5.55	17.99	13.40	15.31	3.99	8.13	14.22
1.00 - 1.99	Hafif Nemli	18.96	17.54	14.74	16.11	16.93	17.93	16.81	14.11	21.68	5.70	14.88	18.59
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem	6.72	11.90	12.40	10.80	11.29	15.90	8.55	5.11	6.62	5.70	11.42	7.34
0.49 - (-0.49)	Normal	2.24	4.64	8.21	4.15	5.82	18.48	1.77	1.59	3.06	13.31	12.28	2.50
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem	8.81	9.07	9.55	10.13	9.70	14.42	4.42	13.76	11.48	8.94	13.15	8.13
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak	19.85	18.55	11.89	18.94	13.58	14.79	12.39	25.75	21.94	23.19	22.15	26.41
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak	11.64	7.26	10.39	15.28	10.23	3.51	16.22	7.94	6.12	17.11	7.61	9.53
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak	11.04	5.04	6.37	7.97	3.53	2.40	7.08	1.76	1.53	14.07	2.60	2.97
<(-4)	Aşırı Kurak	2.54	1.61	1.68	2.33	1.94	1.11	1.18	1.76	3.57	1.71	1.90	2.03
WPLM Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>4	Aşırı Nemli	1.64	2.01	4.01	1.83	3.00	1.66	2.65	2.65	3.06	2.09	2.08	2.03
3.00 - 3.99	Çok Nemli	4.33	7.85	8.19	3.82	9.88	3.51	8.55	10.76	4.34	3.61	3.46	5.00
2.00 - 2.99	Orta Nemli	8.51	10.66	8.36	4.82	8.99	5.55	14.45	10.05	11.48	4.18	5.71	10.63
1.00 - 1.99	Hafif Nemli	13.58	13.48	8.86	12.13	12.52	14.05	15.93	16.23	16.33	4.75	11.94	14.84
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem	8.06	9.26	8.53	8.97	9.52	11.65	5.01	7.23	9.18	6.08	9.34	7.66
0.49 - (-0.49)	Normal	20.15	17.91	24.75	22.26	21.16	34.38	14.16	13.93	18.62	25.67	26.30	18.91
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem	7.61	9.86	7.69	10.47	9.70	10.54	7.08	10.58	14.03	9.89	13.67	9.22
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak	14.33	15.90	12.04	15.28	11.29	12.01	12.68	17.46	13.78	16.16	16.78	18.91
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak	10.00	6.64	10.20	11.63	8.47	3.14	12.09	7.94	4.59	13.31	6.40	8.13
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak	9.40	4.83	5.85	6.98	3.70	2.40	6.19	1.59	2.04	12.55	2.42	2.66
<(-4)	Aşırı Kurak	2.39	1.61	1.51	1.83	1.76	1.11	1.18	1.59	2.55	1.71	1.90	2.03
ZIND Değerleri	Sınıflandırma	Ağrı	Ahlat	Başkale	Bitlis	Doğubeyazıt	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
>4	Aşırı Nemli	1.64	2.63	2.01	3.98	1.41	1.29	1.18	0.88	2.30	3.04	2.25	1.10
3.00 - 3.99	Çok Nemli	2.39	3.24	2.35	2.99	1.94	3.70	2.06	1.95	4.35	2.66	3.80	1.88
2.00 - 2.99	Orta Nemli	5.37	6.07	6.70	7.13	6.01	4.81	8.82	6.19	7.42	4.18	6.22	4.70
1.00 - 1.99	Hafif Nemli	13.28	11.34	12.23	12.27	10.60	13.12	12.94	13.63	12.28	10.65	12.44	13.01
0.50 - 0.99	Başlangıç Evresi Nemli Dönem	8.06	9.92	8.04	7.63	11.48	8.50	6.47	10.09	9.46	7.41	8.81	11.13
0.49 - (-0.49)	Normal	24.48	22.06	25.80	20.56	30.04	30.13	29.41	28.32	18.93	28.33	23.14	25.71
(-0.50) - (-0.99)	Başlangıç Evresi Kurak Dönem	16.57	15.38	15.75	11.77	16.61	15.90	14.12	15.04	13.55	16.35	13.13	15.52
(-1.00) - (-1.99)	Hafif Kurak	23.28	22.87	23.79	20.40	18.02	19.59	20.59	19.82	22.25	23.19	21.24	22.26
(-2.00) - (-2.99)	Orta Kurak	4.48	6.28	3.18	9.45	3.36	2.96	4.41	3.89	7.93	3.80	7.94	4.70
(-3.00) - (-3.99)	Çok Kurak	0.45	0.20	0.17	3.32	0.53	0.00	0.00	0.18	1.53	0.38	0.86	0.00
<(-4)	Aşırı Kurak	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00



4.5.5. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi (NDVI)

NDVI sonuçları daha önceden de değinildiği gibi kuraklık şiddet sınıflarını oluşturmaktan çok indis sonuçlarını karşılaştırma ve doğrulama amacı ile sağlanmıştır. Ancak kurak devrelerin tespitinde de yardım sağlayacaktır.

Tablo 4-23’de MGİ istasyonları ve çevresinin bitkisel sınıflarının oransal dağılımı sunulmaktadır. Ahlat, Başkale, Özalp, Tatvan ve Van istasyon yerleri ve dolaylarının yoğun ve çok yoğun bitkisel yaşamadığı görülmektedir. Diğer yandan Erciş, Gevaş Malazgirt ve Muradiye gibi istasyonlarda ise bitkisel sınıflarının bütün çeşitlerinin gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Bu durum, ilgili istasyon ve çevresinin bitkisel durumunu saptanmasına olanak tanımamaktadır.

Tabloda elde edilen sonuçlara göre Ahlat için en çok gerçekleşen bitkisel durumu az bitkisel; Başkale için bitkisiz alan; Erciş için orta-yoğun bitkisel; Özalp için az bitkisel; Van için az-orta bitkisel şeklindedir. Diğer istasyonlarda oranlar birbirlerine yakın olduklarından baskın bitkisel türü hakkında yorum yapmak güçtür.

Tablo 4-23. NDVI analizinin farklı bitkisel derecelerine gerçekleşme yüzdeleri

NDVI Değerleri	Sınıflandırma	Ahlat	Başkale	Bitlis	Erciş	Gevaş	Malazgirt	Muradiye	Özalp	Tatvan	Van
<0	Su, Su Yapıları, Kar, Buz	14.78	12.81	22.66	5.42	4.46	12.81	12.81	23.15	15.27	7.39
0 - 0.15	Bitkisiz alan, çıplak kaya, yerleşim yeri	32.51	33.99	6.40	20.69	18.32	13.79	15.27	15.76	12.81	18.23
0.15 - 0.25	Az Bitkisel	47.29	25.12	24.63	5.42	2.48	3.45	1.48	47.78	10.84	29.06
0.25 - 0.35	Az-Orta Bitkisel	4.93	25.62	23.15	15.76	8.42	9.85	4.43	12.81	26.60	40.39
0.35 - 0.40	Orta Bitkisel	0.00	1.48	7.88	4.43	8.42	11.82	2.96	0.49	21.67	2.96
0.40 - 0.50	Orta-Yoğun Bitkisel	0.49	0.99	9.36	32.02	14.36	24.63	18.72	0.00	12.81	1.97
0.50 - 0.60	Yoğun Bitkisel	0.00	0.00	5.91	15.76	21.78	17.24	24.63	0.00	0.00	0.00
>0.60	Çok Yoğun Bitkisel	0.00	0.00	0.00	0.49	21.78	6.40	19.70	0.00	0.00	0.00

4.6. Kurak Devrelerin Tespiti

Raporun bu bölümünde kuraklık devreleri tespit edilirken daha önceden ayrıntılı anlatımları yapılmış trend ve indis analizlerinin kendi içlerinde ve birbirleri ile karşılaştırmalı sonuçları göz önünde bulundurulacaktır.

Bu karşılaştırmalar sırasında indisler kuraklık türlerine göre sınıflandırılacak ve bu şekilde bir karşılaştırma benimsenecektir. İstasyon verileri uygun oldukça meteorolojik kuraklıklar için 3 aylık SPI ve PNI analizleri; tarımsal kuraklık için 6-9



aylık SPI, scPDSI, WPLM ve NDVI; hidrolojik kuraklık için 9-12 aylık SPI, 1-3-9-12 aylık SRI ve PHDI analizleri istasyonlar temelinde karşılaştırılacaktır. Daha sonra bu karşılaştırmalardan elde edilen sonuçlar trend analizleri, geçmişte yaşanmış kuraklık kayıtları ve NDVI sonuçlarından elde edilen kurak/yağışlı dönem zamanları ile deneştirilecektir. Bu aşamadan sonra havza için kuraklık dönemleri belirlenmiş olacaktır. Ayrıca SPI ve SRI karşılaştırmaları sırasında MGİ ve AGİ'lerin birbirleri ile yakın dolaylarda bulunması, benzer lokal coğrafyaya sahip olması gibi noktalar göz önünde tutularak bir karşılaştırma gerçekleştirilecektir.

SPI ile PNI sonuçları çok benzer olduğundan tarımsal ve hidrolojik karşılaştırmalar için yalnızca SPI analiz sonuçları kullanılacaktır.

Karşılaştırmalar sonucunda havzayı farklı kuraklık türlerinde en iyi temsil eden indis/ler belirlenecektir. Daha sonra kuraklık haritalarının oluşturulmasında bu indislerden yararlanılacaktır.

Şekil 4-20'te 3 aylık dönem için hesaplanan SPI ve PNI analizlerinin grafikleri verilmektedir. Bütün istasyonlar için SPI ve PNI grafiklerinin bu periyot aralığında aynı dönemlerde artış ve azalışlar sergilediği görülmektedir. Ancak önceki bölümlerde değinildiği gibi çok yüksek ve düşük yağışlarda PNI değerleri SPI değerlerine göre daha yüksek veya daha düşük değerler sunmaktadır. Bölüm 4.5.1'de ayrıntılı olarak incelenen SPI ve PNI arasındaki bağıntının 6, 9 ve 12 aylık karşılaştırmalarda neredeyse aynı sonuçları verdiği görülmektedir (1. Ara Rapor EK-2). Buna neden olarak PNI hesaplarında istatistiksel düzenlemelerin bulunmadığı gösterilebilir. Bu nedenle diğer indisler ile karşılaştırmalar yapılırken SPI analizlerinin kullanılmasının faydalı olacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca meteorolojik kuraklık şiddet haritaları ve risk analizlerinde SPI'dan elde edilen sonuçların kullanılması düşünülmüştür.

Tarımsal kuraklık için yapılan karşılaştırmalarda ise 6 ve 9 aylık SPI, scPDSI, WPLM ve NDVI değerlerinin yıllar içinde değişimleri karşılaştırılmıştır. NDVI değerlerinin yapılan karşılaştırmalarda diğer indislerden farklı olarak sık değişkenlik

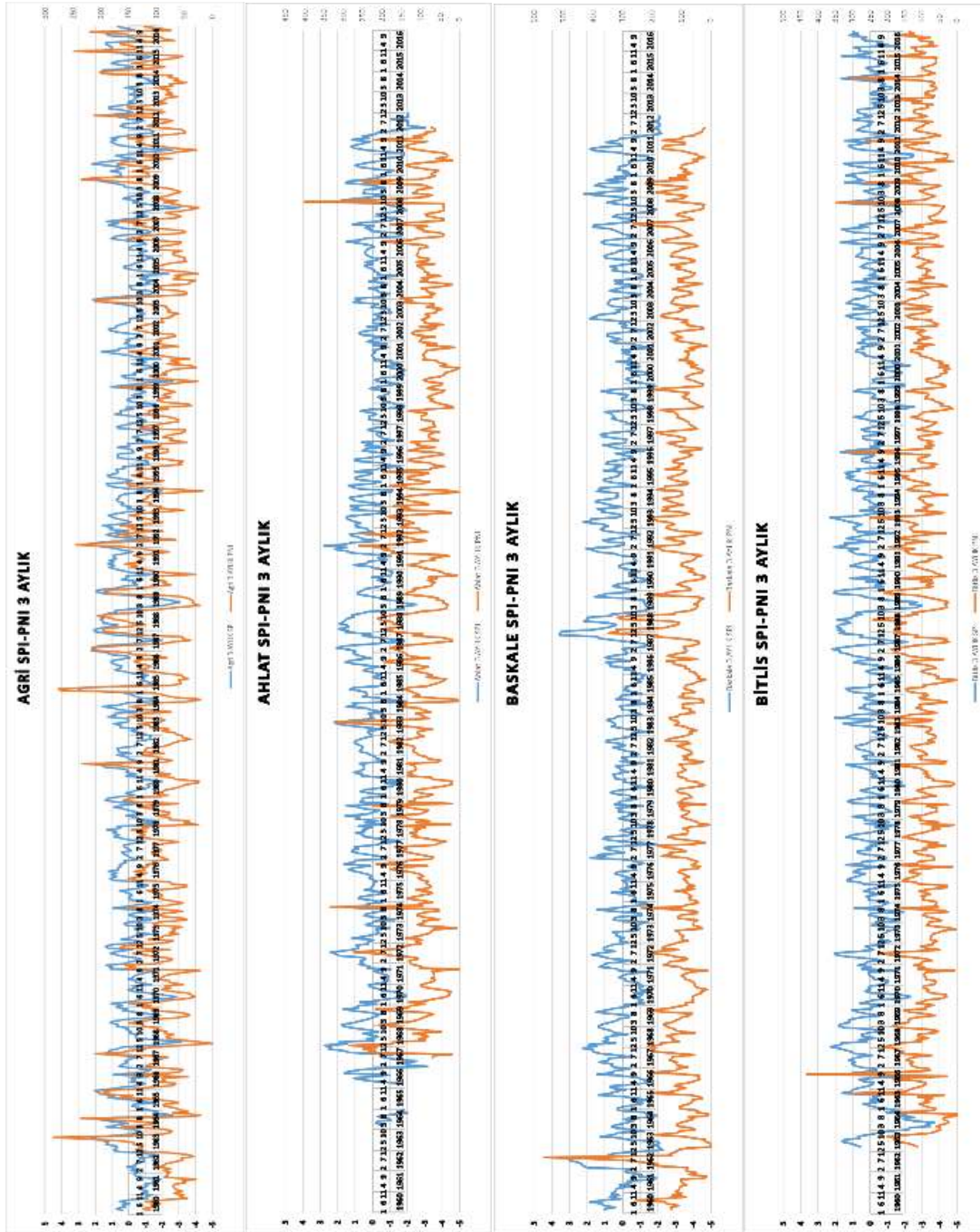


T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

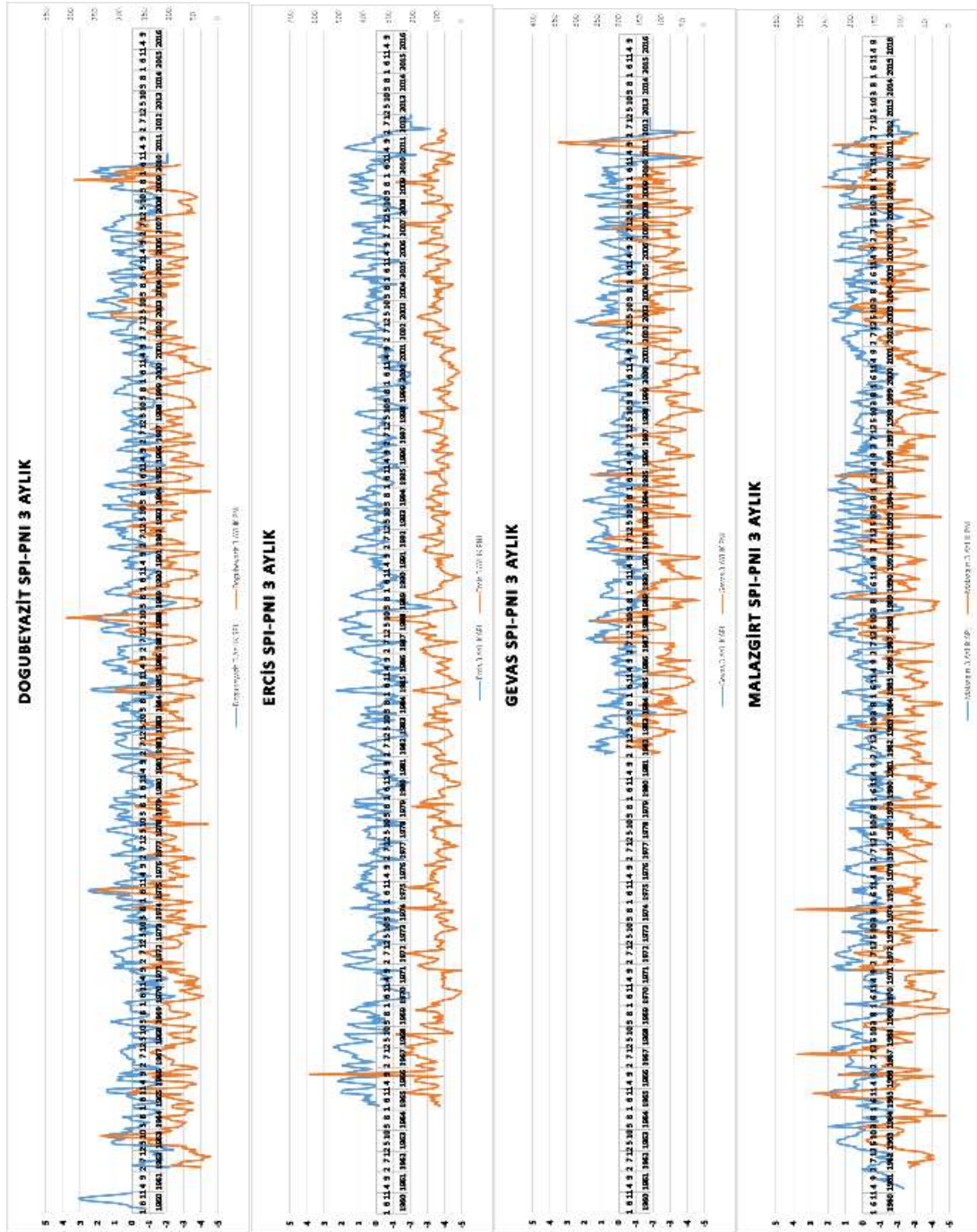


gösterdiği saptanmıştır (1. Ara Rapor EK-2). Bunun nedeni olarak NDVI sonuçlarının anlık değişimlere hızlı yanıt vermesi olarak gösterilebilir. Bu nedenle raporun bu bölümünde 6 ve 9 aylık SPI, scPDSI ve WPLM sonuçlarının birbirleri ile ilişkilerini gösteren grafiklere yer verilmiştir (Şekil 4-26).

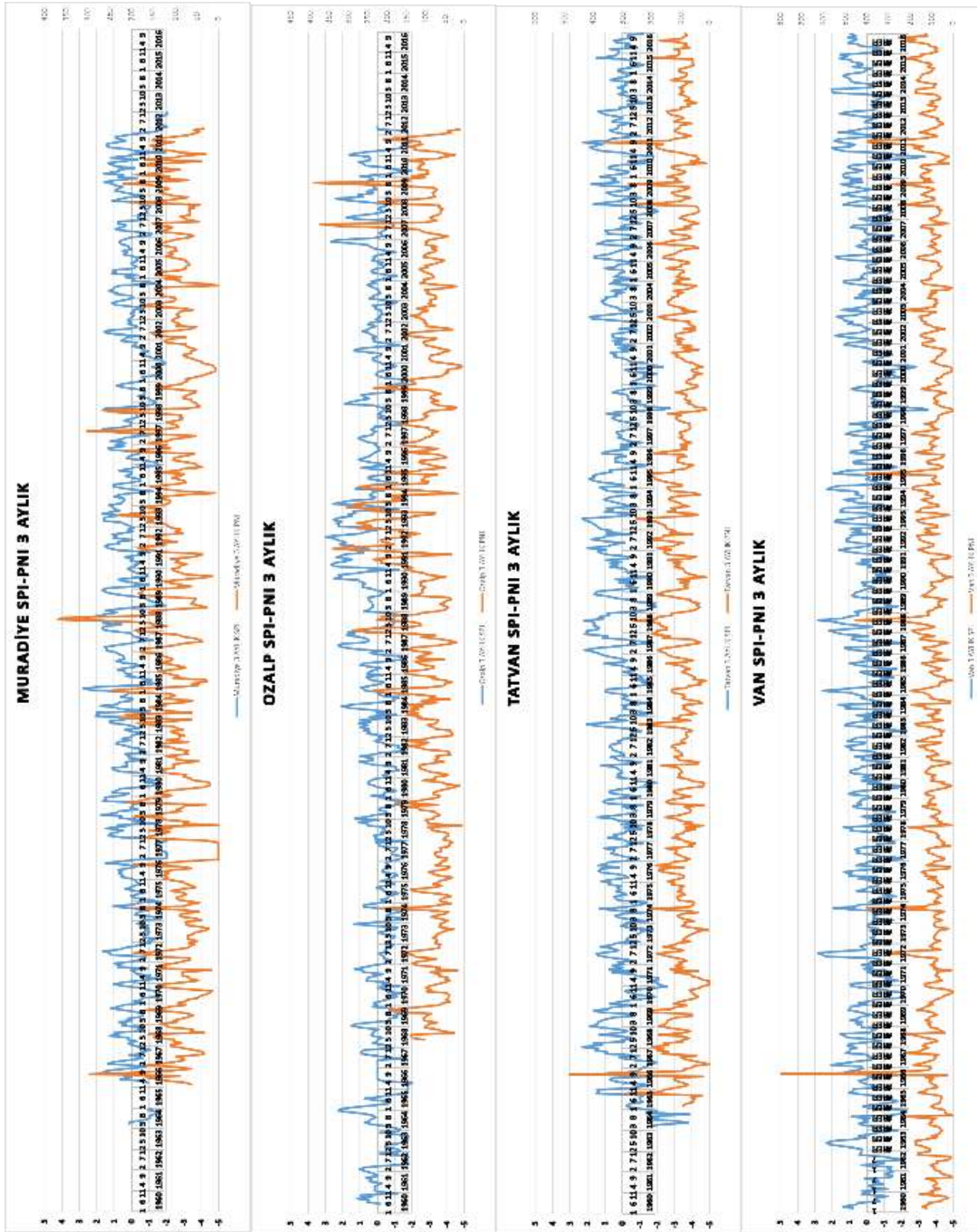
Grafikler incelendiğinde aynı hesaplama yöntemine sahip WPLM ve scPDSI'nın birbirleri ile neredeyse aynı eğilimleri aynı değerlerde izlediği görülmektedir. Bununla birlikte SPI sonuçları da bütün istasyonlar boyunca hem 6 hem de 9 aylık olmak üzere WPLM ve scPDSI ile benzer sonuçlar vermektedir.



Şekil 4-18 MGİ yağış verileri kullanılarak hesaplanan 3 aylık SPI ve PNI grafikleri



Şekil 4-19 MGİ yağış verileri kullanılarak hesaplanan 3 aylık SPI ve PNI grafikleri (devamı)



Şekil 4-20. MGI yağış verileri kullanılarak hesaplanan 3 aylık SPI ve PNI grafikleri (devamı)

Aralarında bazı noktalarda bulunan farklılıklar indislerin sahip oldukları farklı kuraklık şiddet sınıflandırmalarından kaynaklanmaktadır.



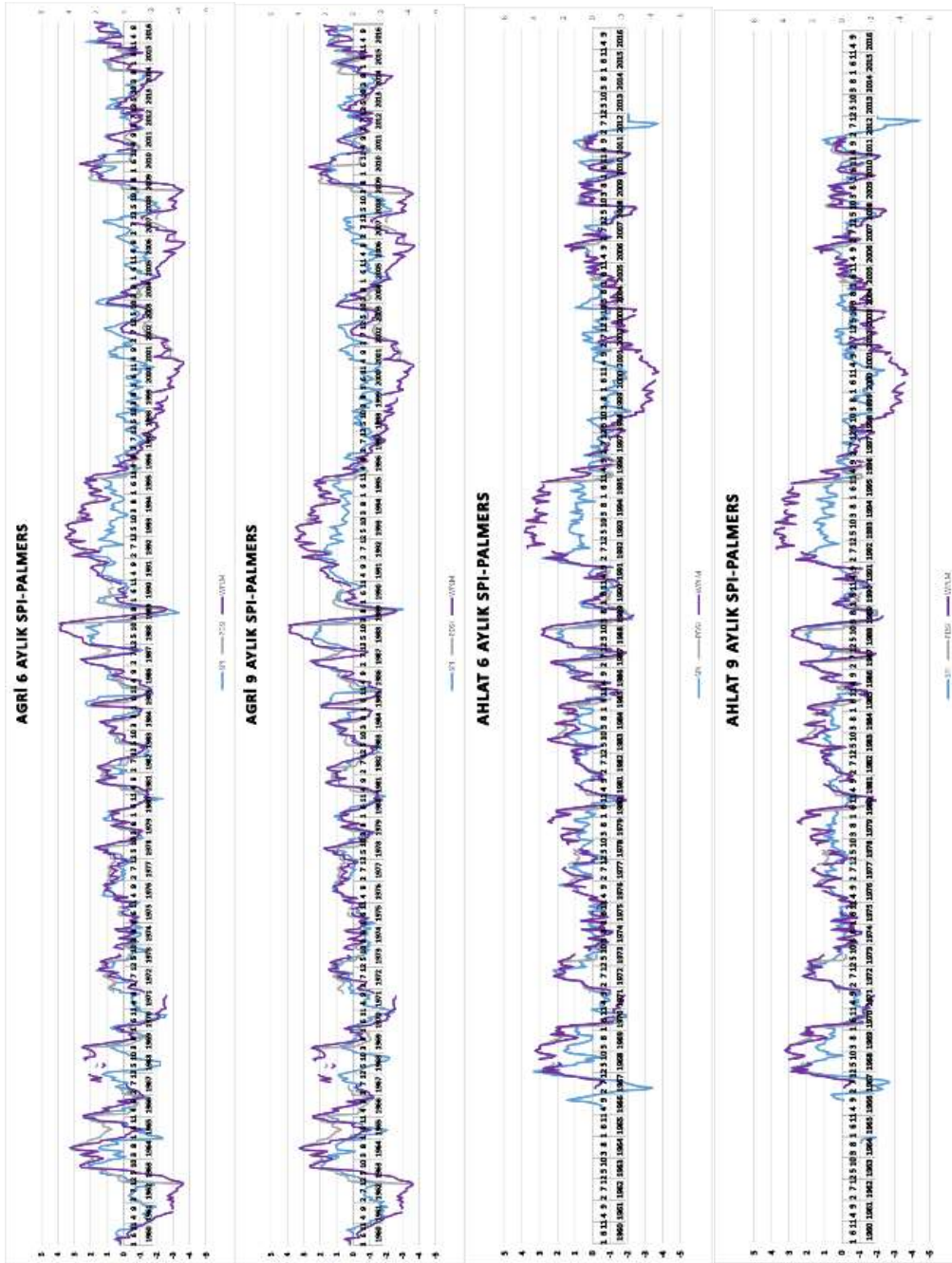
T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



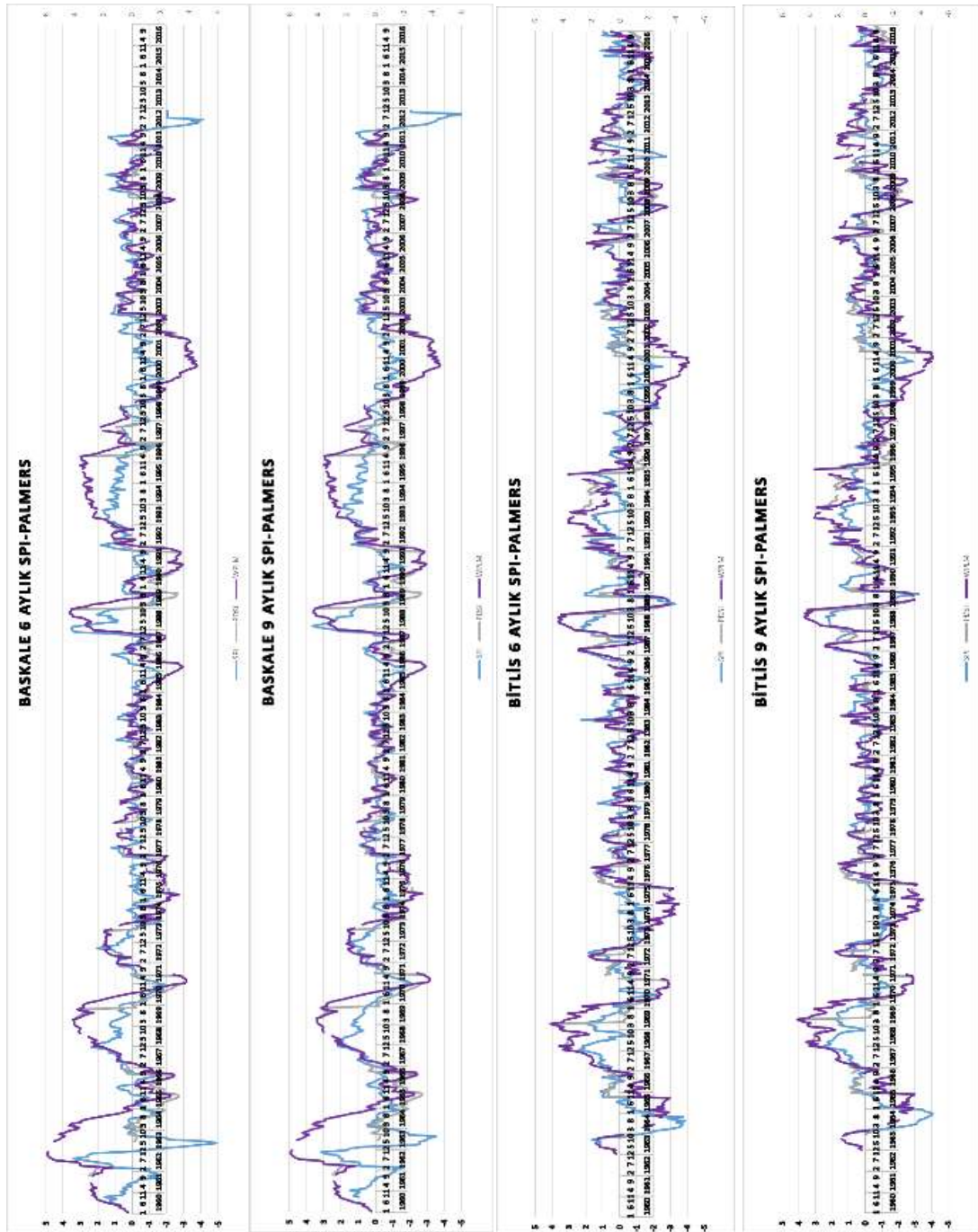
Aralarındaki çok küçük farklılıklar göz önüne alındığında scPDSI ile 9 aylık SPI sonuçlarının daha uyumlu olduğu görülmektedir. Bu yüzden tarımsal kuraklık haritalarında bu iki indisin sonuçları kullanılacaktır.

Bütün istasyonların sonuçları grafik üzerinde incelendiğinde havza için kurak ve yağışlı dönemler istasyonların ortak eğilimleri dikkate alınarak belirlenebilir. Buna göre havzada yaşanan kurak dönemler: 1960-1964, 1970-1971, 1985-1986, 1996-2001, 2008 ve 2012; yağışlı dönemler ise: 1966-1969, 1972, 1982-1984, 1988, 1991-1995, 2004-2005, 2009-2011, 2015 olarak genelleştirilebilir. Özellikle 1991-1995 yağışlı dönem ve 1996-2001 kurak dönem bütün istasyonlarda gözlenmiştir. Elde edilen bu sonuç Türkiye için geçmişte yaşanan kuraklık dönemi ile örtüşmektedir. Bunun yanı sıra NDVI sonuçlarından elde edilen verilerde de çoğu istasyonda 2000, 2001, 2008 ve 2012 yıllarının NDVI değerleri ortalamanın altında, 2004, 2010, 2011 ve 2015 yıllarında ise ortalamanın üstünde olduğu görülmektedir. Ayrıca NDVI sonuç görsellerinden yapılan çıkarımlara göre 2000, 2001 ve 2008 yıllarının bitkisel açıdan yoğun geçmediği, 2003, 2004, 2009, 2011 ve 2015 yıllarının ise görece yoğun bitkisel olduğu görülmektedir. Bu çıkarımlar da bir anlamda bu dönemlerin kurak/yağışlı olduğunu doğrular niteliktedir. Diğer bir yandan sonuçlar trend analizleri ile karşılaştırıldığında da benzer sonuçlar alınmaktadır. Trend analizlerinde belirlenen kurak ve nemli dönemler de indis analizleri sonucu yapılan çıkarımları doğrulamaktadır. Özellikle yine bütün istasyonlarda 1995-2000, 2008 yıllarında yağış azalmakta ve 1991-1995 yılları arasında ise artış eğilimi göstermektedir. Sonuç olarak karşılaştırılan bütün veriler 6-9 aylık SPI, scPDSI ve WPLM analizleri ile benzer sonuçlara işaret etmektedir.

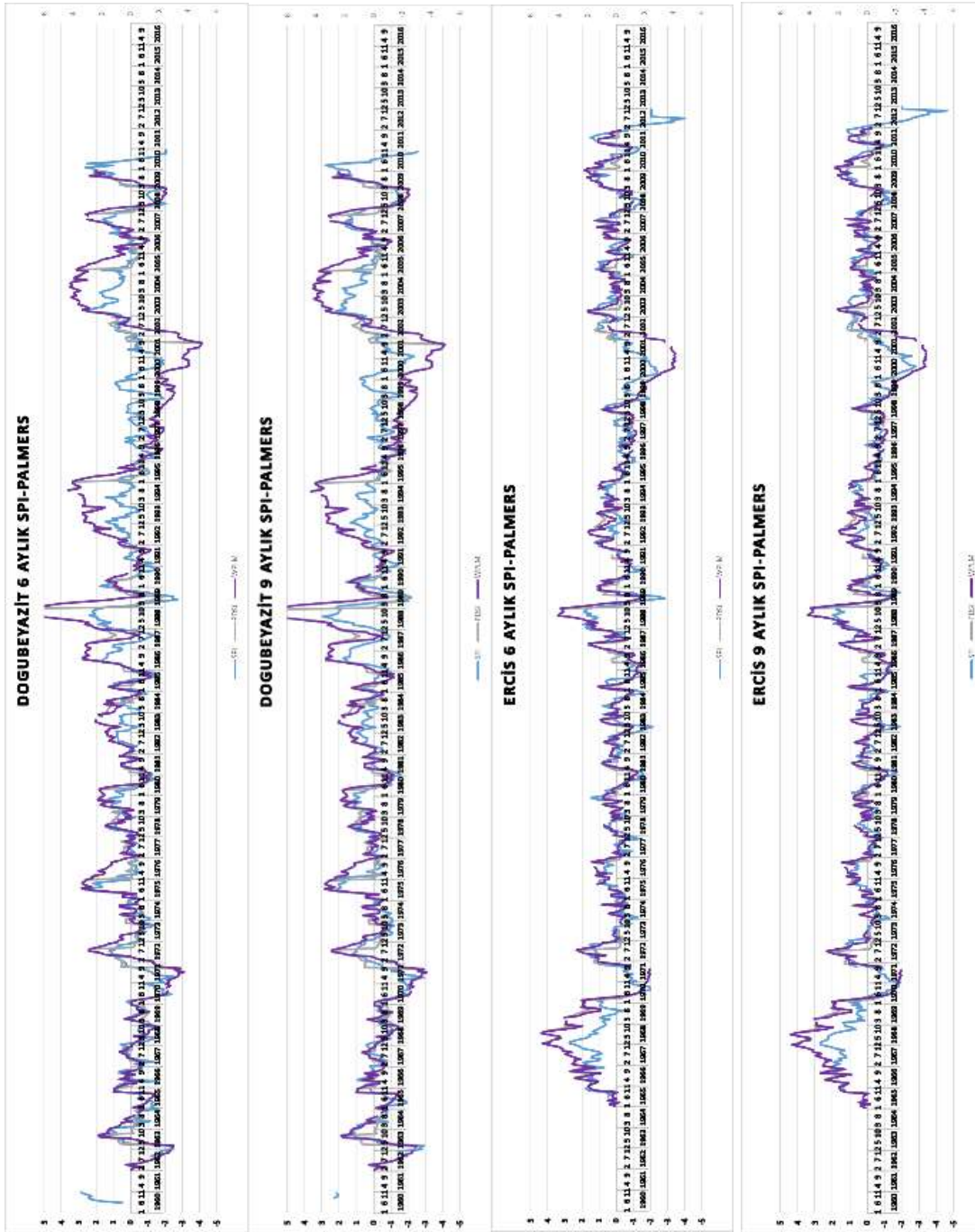
Hidrolojik kuraklık için kullanılacak indislerin karşılaştırmasında SPI ve SRI'dan farklı dönemler boyunca hesaplanan ve PHDI analizlerinden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır.



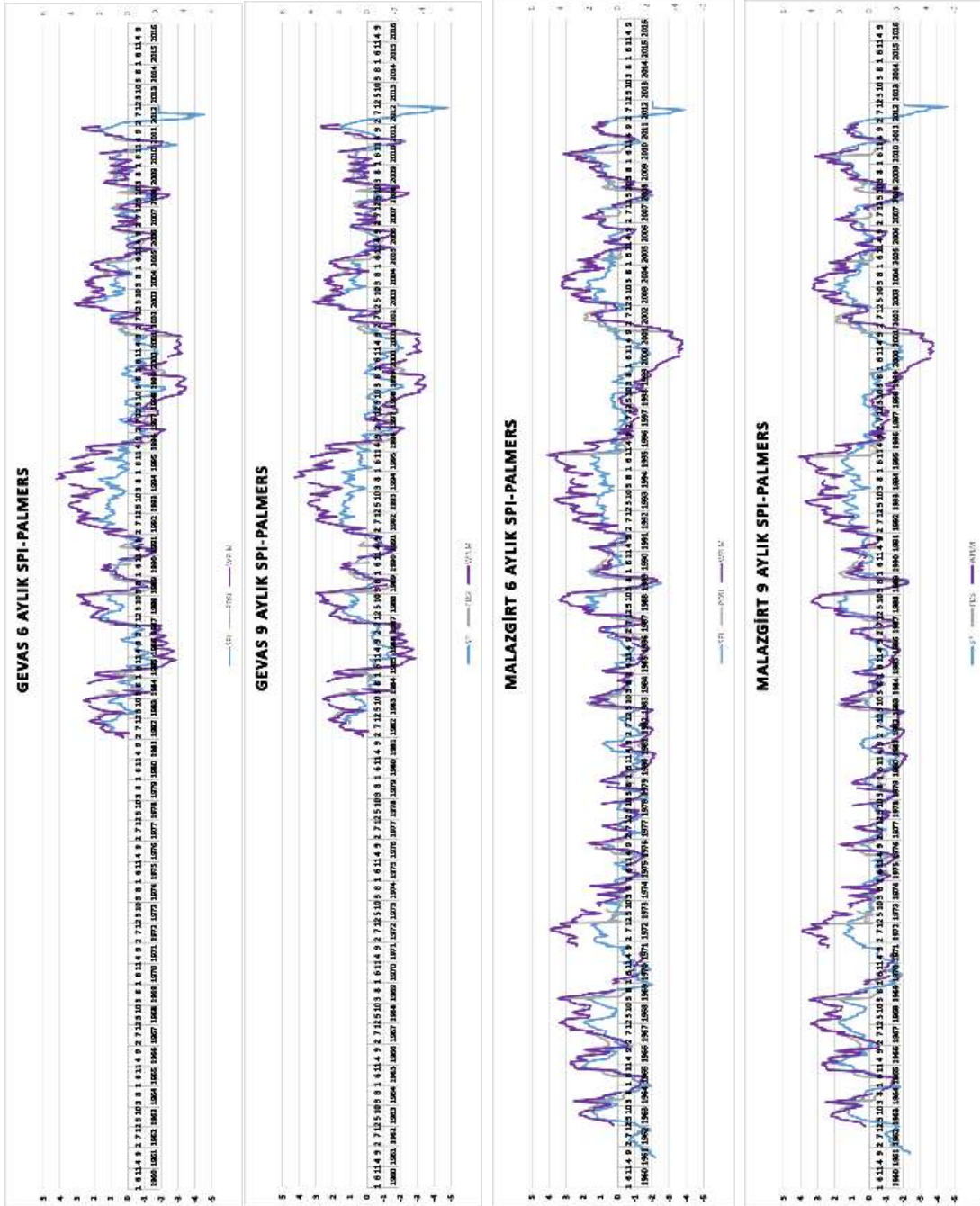
Şekil 4-21 MGİ yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan 6 ve 9 aylık SPI, scPDSI ve WPLM grafikleri



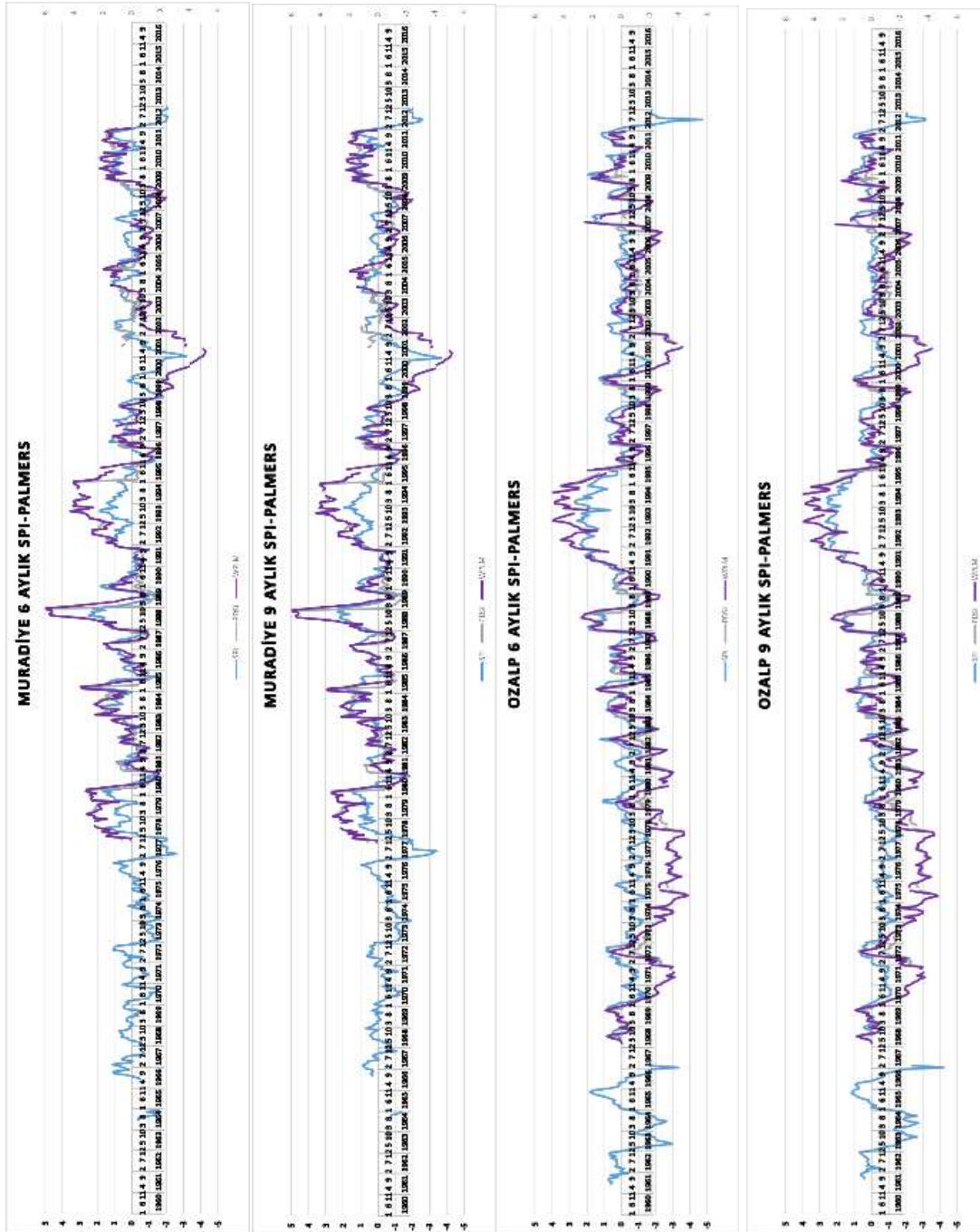
Şekil 4-22 MGİ yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan 6 ve 9 aylık SPI, scPDSI ve WPLM grafikleri (devamı)



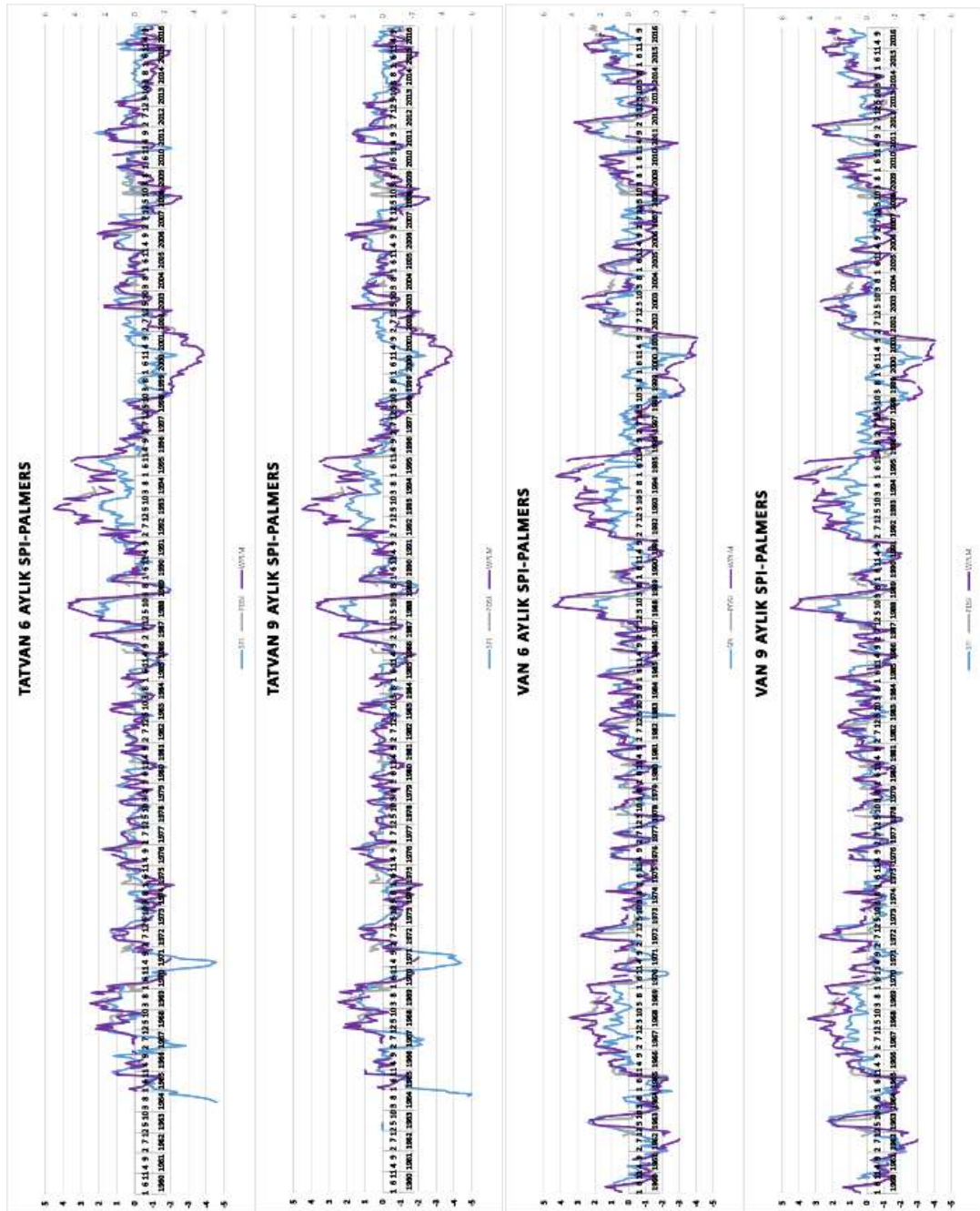
Şekil 4-23 MGİ yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan 6 ve 9 aylık SPI, scPDSI ve WPLM grafikleri (devamı)



Şekil 4-24 MGİ yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan 6 ve 9 aylık SPI, scPDSI ve WPLM grafikleri (devamı)



Şekil 4-25 MGİ yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan 6 ve 9 aylık SPI, scPDSI ve WPLM grafikleri (devamı)



Şekil 4-26. MGI yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan 6 aylık SPI, scPDSI ve WPLM grafikleri

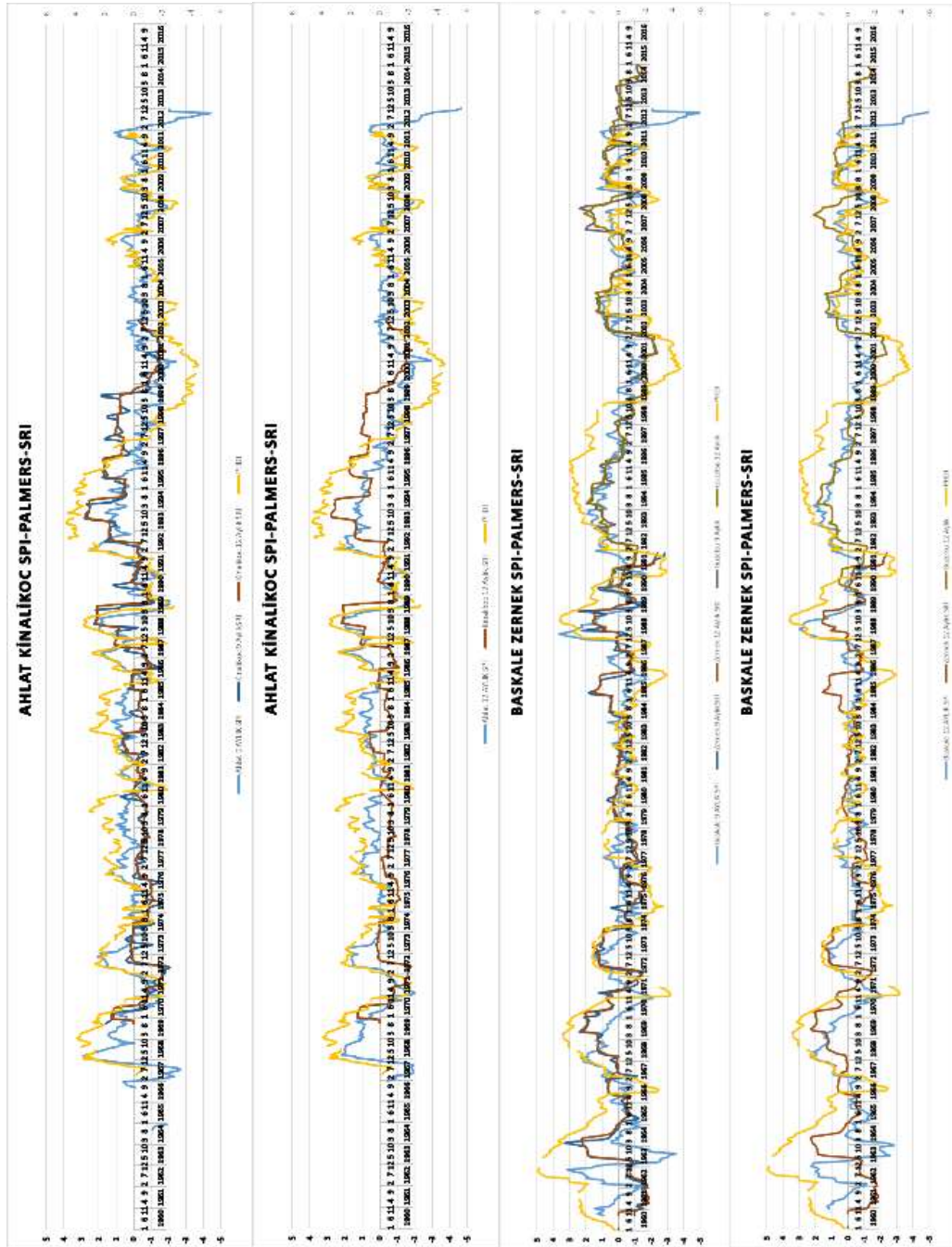


Karşılaştırmalar yapılırken MGI ve AGI'lerin birbirine yakın olması, benzer yağış rejimine ve lokal coğrafik koşullara sahip olması gibi durumlar göz önünde tutulmuştur (Tablo 4-24). Bu durumu sağlamayan istasyonlar bu değerlendirmenin dışında tutulmuştur.

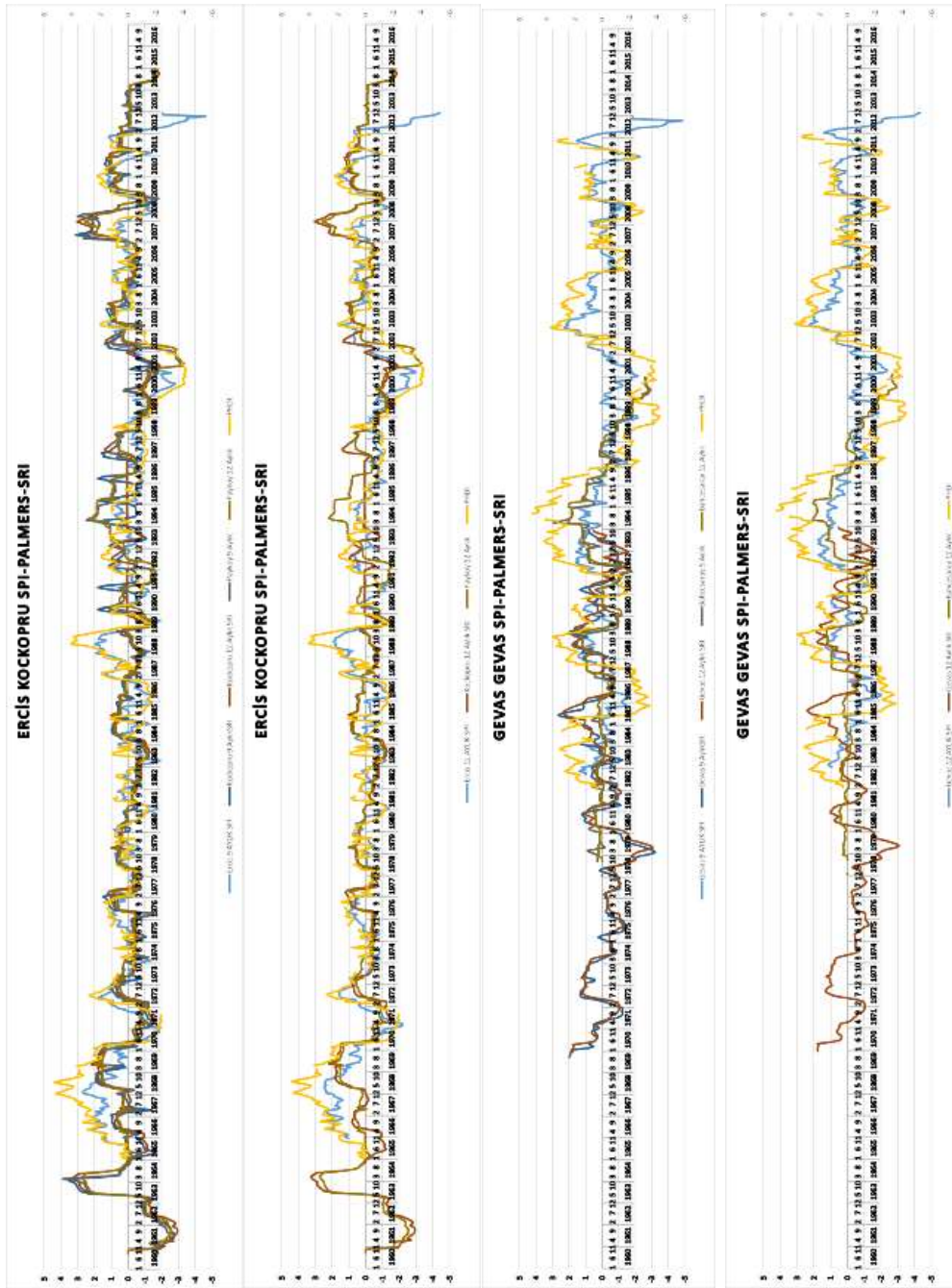
Tablo 4-24. SPI-PHDI-SRI karşılaştırmalarında kullanılan meteoroloji ve akım gözlem istasyonları

MGI Adı	AGI Adı
Ahlat	Kınalıkoç
Başkale	Zernek ve Güzelsu
Erciş	Koçköprü ve Payköy
Gevaş	Gevaş ve Bahçesaray
Muradiye	Bendimahi ve Çubuklu
Özalp	Erdeviz
Van	Zernek ve Güzelsu

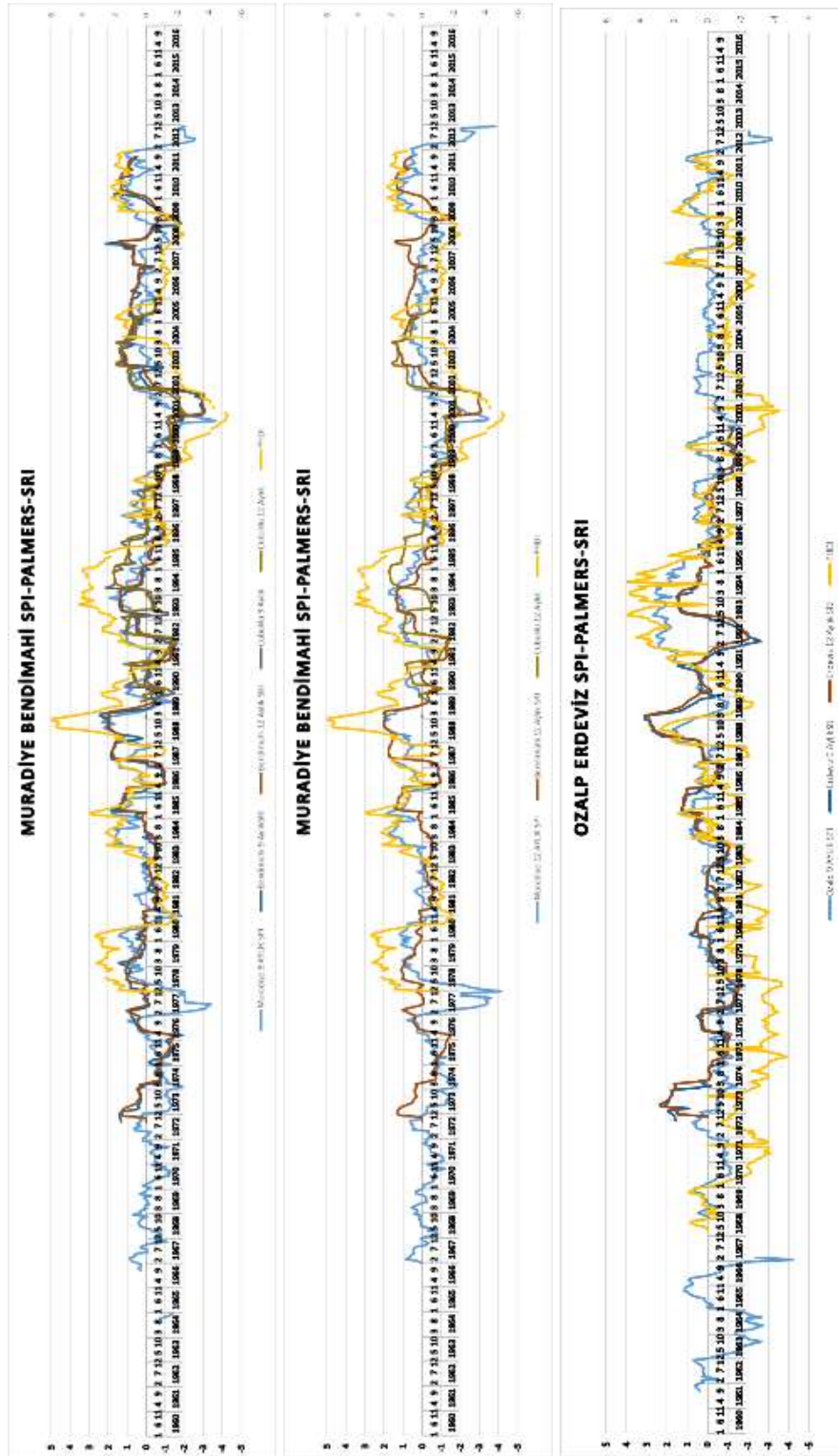
Yapılan karşılaştırmalarda 1 ve 3 aylık SRI sonuçları tüm istasyonlar için PHDI ve 3-6 aylık SPI sonuçları ile karşılaştırılmış ancak anlamlı bir benzerlik bulunamamıştır (1. Ara Rapor EK-2). Bununla birlikte aynı şekilde 9 ve 12 aylık SRI sonuçlarının, PHDI ve 9-12 aylık SPI sonuçları ile arasındaki bağlantı grafikler üzerinde izlenmiştir. Bu karşılaştırma sonrası özellikle 12 aylık SPI, SRI ve PHDI arasında benzer bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 4-30). Analiz sonuçları eğilimlerinin kimi yerde aynı olduğu çoğu zaman aralıklarında ise SPI sonuçlarının SRI sonuçlarına yansımalarının birkaç ay gecikmeli olduğu görülmektedir. Buradaki temel neden SPI hesaplarında yağışın ve SRI hesaplarında ise akış verilerinin kullanılıyor olmasıdır. Bilindiği gibi yağışın akış olarak gözlenmesi için havza özelliklerine bağlı olarak belirli bir zaman geçmesi gerekmektedir. Bununla birlikte kimi zaman aralıklarında SPI değerlerinin düşük olmasına rağmen SRI değerlerinin yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu durumun nedeni ise bölgenin topografik yapısı ile açıklanabilir. Topografik olarak yüksek dağlar ile çevrili olan havzanın bu kısımları zaman zaman yoğun kar yağışı almaktadır. Bu kar yağışlarının erimesi yüzey suyuna katkıda bulunarak, akış verilerini değiştirmekte ve bu değişiklik SRI sonuçlarına yansımaktadır.



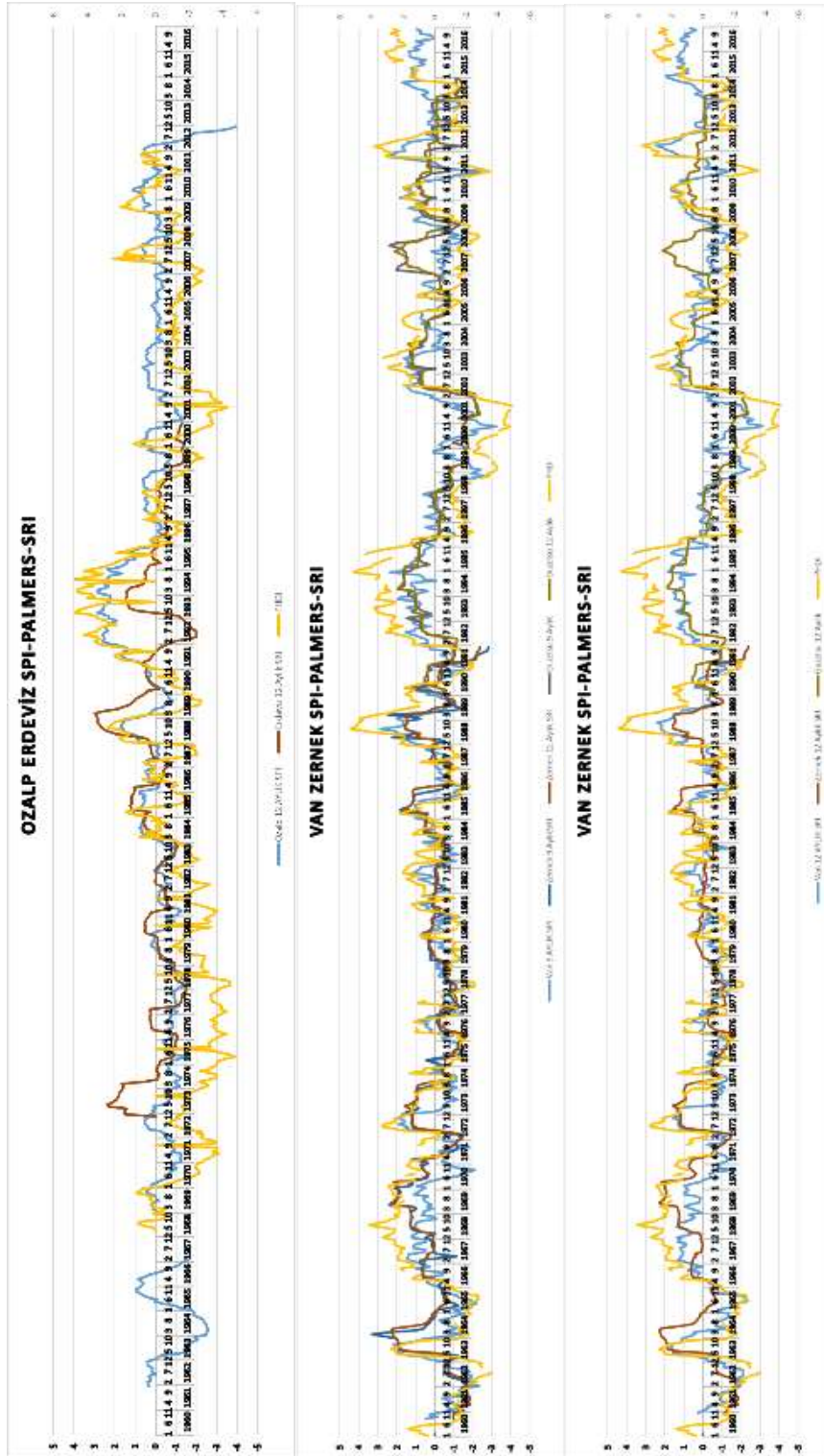
Şekil 4-27 MGİ yağış-sıcaklık ve AGİ akım verileri kullanılarak hesaplanan 9-12 aylık SPI, SRI ve PHDI grafikleri



Şekil 4-28 MGİ yağış-sıcaklık ve AGİ akım verileri kullanılarak hesaplanan 9-12 aylık SPI, SRI ve PHDI grafikleri (devamı)



Şekil 4-29 MGİ yağış-sıcaklık ve AGİ akım verileri kullanılarak hesaplanan 9-12 aylık SPI, SRI ve PHDI grafikleri (devamı)



Şekil 4-30. MGI yağış-sıcaklık ve AGI akım verileri kullanılarak hesaplanan 9-12 aylık SPI, SRI ve PHDI grafikleri (devamı)



Sonuçlar incelendiği zaman AGİ'den alınan veriler ile hesaplanan SRI sonuçlarının istasyonlar arasında benzerlik gösterdiği görülmektedir. PHDI ve SPI sonuçları SRI ile benzer eğilimler izlese de kimi yerlerde SRI sonuçlarından farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle yapılacak olan kuraklık haritalarında SRI sonuçlarının kullanılması uygun olacaktır.

Ancak burada oluşabilecek en önemli sorun AGİ'lerin veri zaman aralıklarıdır. Her ne kadar AGİ'ler arası veri tamamlama işlemi yapılmış olsa da SRI hesaplarının doğrudan bağlı olduğu istasyonların veri varlığı kısıtlı ve farklı zaman dilimlerine aittir. Bu durum özellikle kuraklık şiddet haritaları açısından uygun değildir. Bu nedenle şiddet haritalarında 12 aylık SPI verisi kullanılacaktır. Ancak risk haritaları yüzdesel oran verdiği için SRI sonuçlarının bu haritalar için kullanılmasında bir sakınca yoktur.

Şekil 4-30'de verilen grafikler kullanılarak bütün istasyonlar için ortak kurak ve yağışlı dönemler belirlenmiştir. SRI grafikleri dikkate alınarak yapılan incelemede havza için genel olarak 1960-1961, 1970-1971, 1974-1976, 1986, 1991, 1998-2001, 2008, 2014 kurak dönem; 1963-1964, 1966-1970, 1972-1973, 1984-1985, 1987-1988, 1992-1995, 2002-2004, 2007, 2009-2011 zaman aralıklarında ise yağışlı dönem tanımı yapılabilir. İstasyonların hemen hemen hepsinde 1960-1961, 1986, 1991, 1998-2001, 2008 ve 2014 dönemleri kurak dönem olarak saptanmıştır. Yine aynı şekilde çoğu istasyonda 1972-1973, 1984-1985, 1992-1995, 2002-2004, 2007 ve 2009-2011 ise yağışlı dönem olarak görülmektedir.

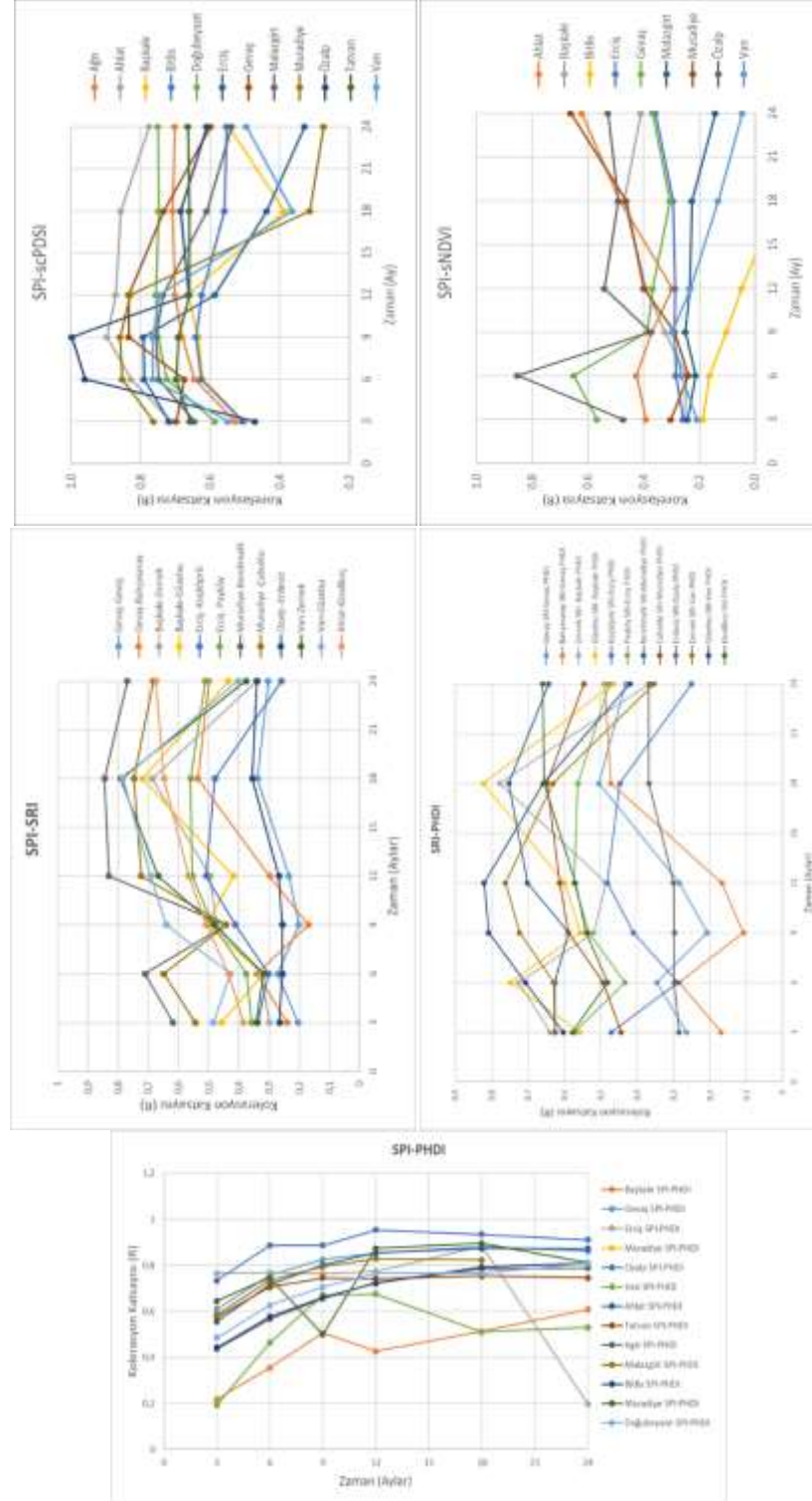
SRI ile tespit edilen kurak evreler diğer indisler ve trend analizlerinin sonuçları ile desteklenmektedir. 1960-1961, 1970-1971 yılları SPI ve akım trend analizlerinde de kurak bir dönem olarak saptanmıştır. 1974-1976, 1991, 2014 yılları akım trend analizi, 1986 SPI ile aynı kurak dönemleri işaret etmektedir. Burada dikkat çeken bir başka nokta ise 1998-2001 ve 2008 yılları neredeyse bütün indis ve trend analizlerinde (SPI, PHDI, NDVI, yağış trend, akım trend) doğrulanmaktadır. Bu tarihlerde havzanın üç kuraklık türünü (meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik) de birlikte yaşadığı sonucuna varılabilir.



Proje kapsamında yapılan indis analiz sonuçları aynı zamanda korelasyon sabiti (R) açısından birbiri ile karşılaştırılmıştır. Burda yapılan karşılaştırmalarda 1, 3, 6, 9, 12, 18 ve 24 aylık SPI, SRI, sNDVI sonuçları ile scPDSI sonuçları kullanılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda tarımsal kuraklık için SPI-scPDSI-sNDVI ve hidrolojik kuraklık için ise SPI-SRI-PHDI üçlü gruplar olacak şekilde kullanılmıştır. Burada önemli olan nokta ise indislerin hesaplar için kullandıkları verilerin farklı olması nedeni ile birbirleri arasındaki korelasyon ilişkisinin zaman boyutunun da olabileceği algısıdır. Bu nedenle bu ilişkiler çapraz korelasyonlar (cross-correlations) ile zaman boyutu da düşünülerek ortaya konulmuştur. Daha sonra elde edilen sonuçlar ikili gruplar halinde ele alınmış ve farklı dönemler için (1, 3, 6 ...) birbirleri arasındaki korelasyon ilişkisi tarımsal kuraklık için SPI-scPDSI, SPI-sNDVI ve hidrolojik kuraklık için SPI-SRI, SPI-PHDI, SRI-PHDI olarak izlenmiştir. Burdaki amaç farklı veri setleri kullanılarak hesaplanan indisler arasında kuraklık bağlamında benzerliklerinden yola çıkarak bir anlamda kuraklık evrelerinin belirlenebilmesidir. İlgili grafikler incelendiğinde tarımsal kuraklık için korelasyon katsayılarının özellikle SPI-scPDSI karşılaştırmasında 6 ve 9 aylık hesaplamalarda yüksek olduğu görülmektedir. SPI-sNDVI karşılaştırmasında ise korelasyonlar düşük olmakla birlikte en iyi verimin alındığı hesap zamanı 6 aylık olarak göze çarpmaktadır. Burdan tarımsal kuraklık için çıkarılacak sonuçlardan birisi, 6 ve 9 aylık SPI'nin tarımsal kuraklığın aslında bir anlamda göstergesi olabileceği sonucudur. Ancak sNDVI ile SPI arasındaki korelasyon ilişkisi çok düşük ve değişken olduğundan sNDVI'nin böyle bir durumda havza özelinde tarımsal kuraklığı temsil edemeyeceği sonucu çıkarılabilir.

Diğer bir yandan hidrolojik kuraklık için yapılan karşılaştırmalarda indislerin birbirleri ile olan korelasyon ilişkisinin en yüksek olduğu seviyeler genellikle 12 ve 18 aylık hesaplamaları içeren düzeylerdir. Burda 18 aylık hesapların birbirleri ile en yüksek uyumu gösterdiği görülmektedir. Bu bağlamda hidrolojik kuraklık ile ilgili yapılacak değerlendirmelerde Van Gölü Havzası için 18 aylık indis hesapları bir gösterge olabilir.

İlgili karşılaştırmalara ait tüm tablolar 1. Ara Rapor EK 4’te sunulmuştur.



Şekil 4-31. Kuraklık indislerinin çapraz korelasyon sabitlerinin karşılaştırılması



BÖLÜM 5

KURAKLIK HARİTALARI

5.1. Kuraklık Şiddet Haritaları

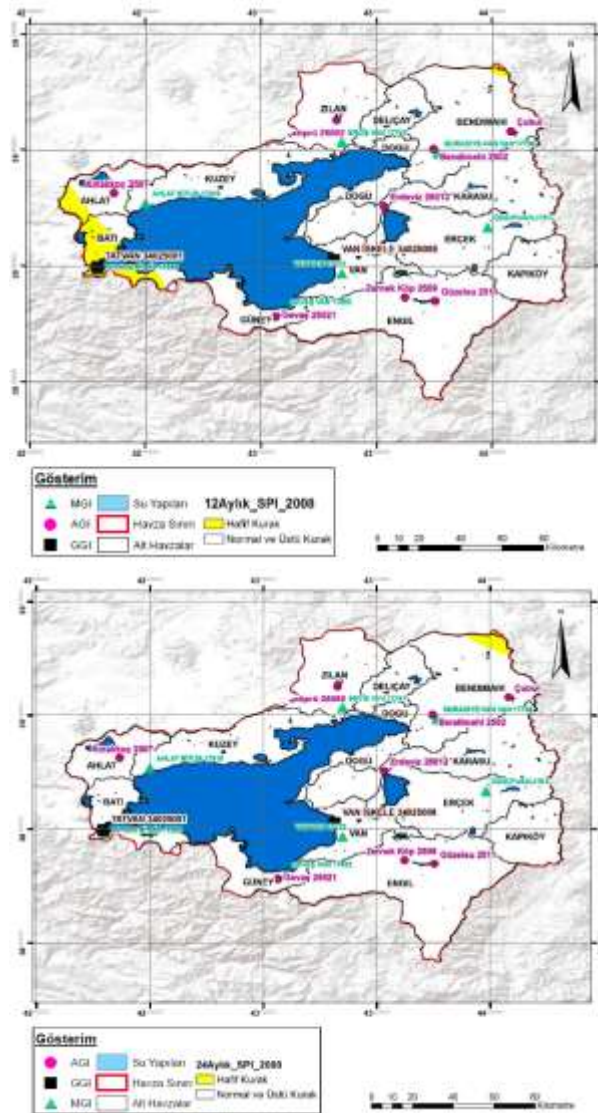
Kuraklık şiddet haritaları istasyona ait hesaplanmış ilgili indisin farklı kuraklık şiddet sonuçlarının en yüksek görüldüğü şiddet sınıfı ve hesaplanan kuraklığın bütün istasyonlar için ortak olarak görüldüğü zaman aralıkları baz alınarak hazırlanmıştır. Burda sözü edilen dönem bütün istasyonlarda ortak olarak gözlenen 2008 kurak dönemleridir. Örnek olarak, meteorolojik kuraklık haritasında kullanılan 1 aylık SPI sonuçlarında 2008 yılı Ahlat istasyonunda sık görülen kuraklık şiddet sınıfları normal ve üstü kuraktır. Bu nedenle ilgili yıllar için bu istasyonun kuraklık şiddet sınıfı normal ve üstü kurak olarak belirlenmiştir. Diğer bir örnekte ise, Gevaş ve Tatvan istasyonunda 1 aylık SPI sonucunda 2008 yılı için baskın olan kuraklık şiddet sınıfı hafif kurak şiddetidir. Bu nedenle bu istasyon için şiddet sınıfı hafif kurak olarak atanmıştır. Diğer kuraklık türlerinde de benzer yöntem uygulanarak kuraklık şiddet haritaları oluşturulmuştur. Bununla birlikte her istasyona ait şiddet sınıfları bulunduktan sonra ters uzaklık ağırlıklı enterpolasyon (inverse distance weighting) yöntemi ile şiddet haritaları oluşturulmuştur. Kuraklık şiddet ve risk haritaları oluşturulurken şiddet sınıfları literatürde yapılan bölümlerin aksine 4 ana başlık altına toplanmıştır. Bu sınıflar; normal ve üstü, hafif, orta ve şiddetli kurak sınıflarıdır.

5.1.1. Meteorolojik Kuraklık Şiddet Haritaları

Meteorolojik kuraklık haritasında şiddet sınıflarına göre havzada yaygın olarak normale ve üstü kurak şiddet sınıfı gözlenmektedir. 1995-2000 yılları arasındaki kurak periyotta havzanın baskın bir şekilde normal ve üstü kurak olduğu; 2008 yılı için ise yine aynı durumun geçerli olması ile birlikte havzanın kuzey ve batı bölümlerini özellikle Van Gölü'ne yakın bölgelerinde ise hafif kurak şiddet sınıflarında olduğu görülmektedir. Bununla birlikte meteorolojik kuraklık

5.1.2. Hidrolojik Kuraklık Şiddet Haritaları

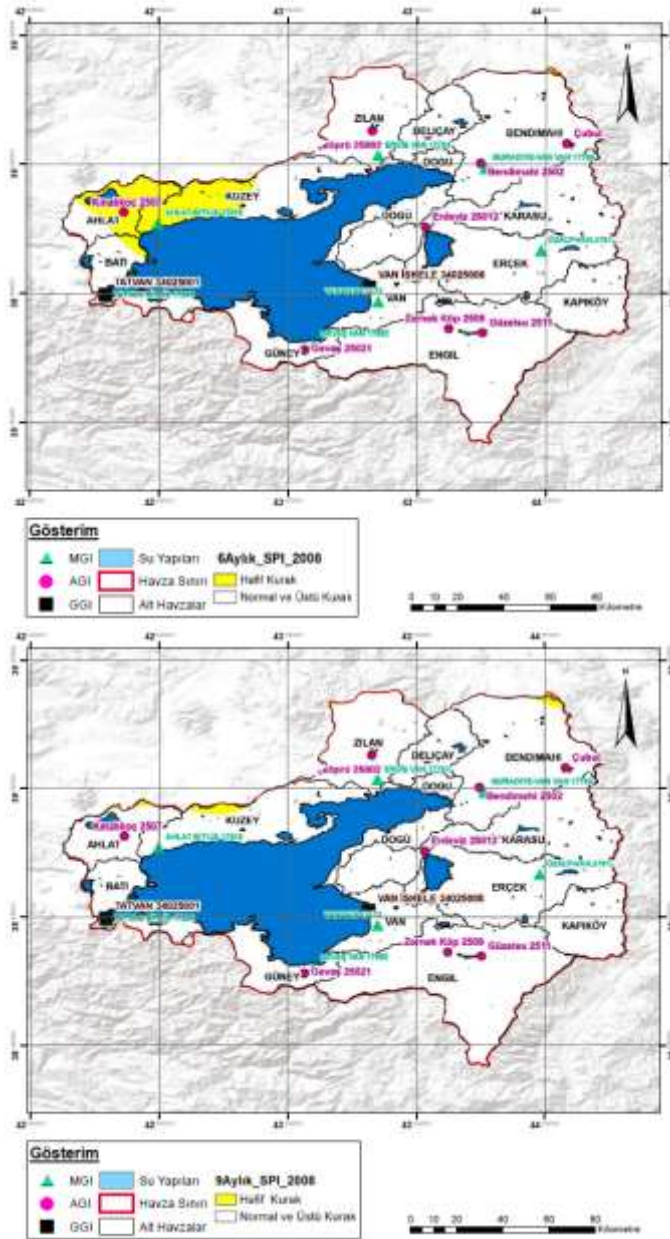
Havza hidrolojik kuraklık açısından çoğunlukla normal ve üstü ile hafif kurak şiddet sınıflarından oluşmaktadır. İndis sonuçları haritalar üzerinde incelendiğinde bölgede hâkim olan kuraklık şiddetinin hafif kurak olduğu ancak Ahlat, Kuzey, Batı, Doğu, Van alt havzaları ile Güney alt havzasının doğusu ve Engil alt havzasının batısı bölgelerinde normal ve üstü kurak sınıfının baskın olduğu görülmektedir.



Şekil 5-2. Hidrolojik kuraklık şiddet sınıfları (12 ve 24 Aylık SPI) 2008

5.1.3. Tarımsal Kuraklık Şiddet Haritaları

Havzanın genelinde hafif kurak şiddet sınıfı egemen olmakla birlikte Zilan ve Güney alt havzalarında normal ve üstü kurak şiddet sınıfı; Kuzey, Ahlat, Van, Erçek, Kapıköy ve Karasu alt havzalarının ise yer yer orta kurak şiddetini barındırdığı görülmektedir.



Şekil 5-3. Tarımsal kuraklık şiddet sınıfları (6 ve 9 Aylık SPI) 2008



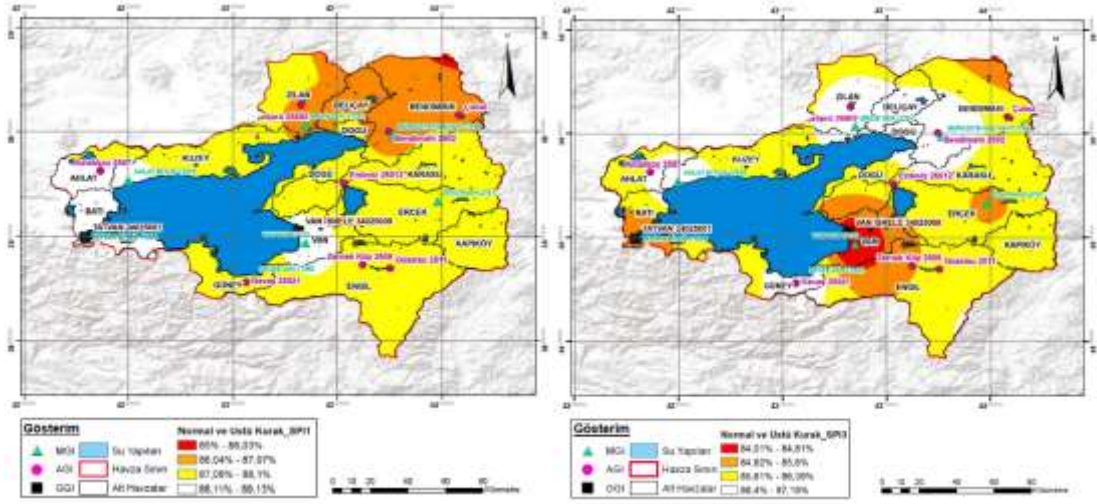
5.2. Kuraklık Risk Haritaları

Kuraklık risk haritaları, raporun 4.5 bölümü kuraklık risk analizi başlığında hesaplanan farklı kuraklık şiddetlerinin oluşma yüzdeleri baz alınarak hazırlanmıştır. Her bir kuraklık çeşidi ve bu kuraklık çeşitlerine ait sınıfların havza üzerindeki yüzdesel dağılımları ve yaşanma sıklıkları gözlenmiştir.

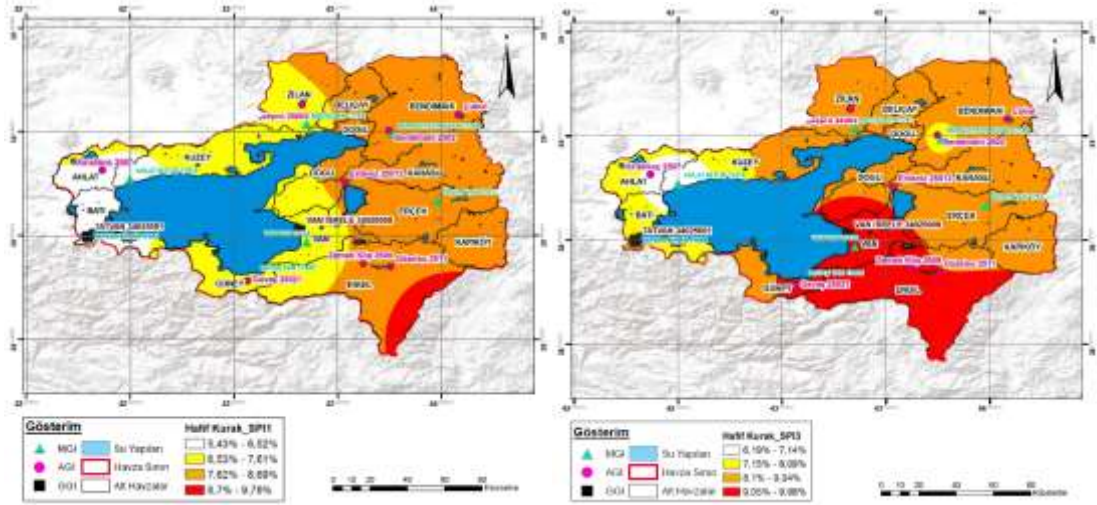
Bununla birlikte her istasyona ait şiddet sınıflarına ait olasılıklar bulunduktan sonra ters uzaklık ağırlıklı enterpolasyon (inverse distance weighting) yöntemi ile kuraklık risk haritaları oluşturulmuştur.

5.2.1. Meteorolojik Kuraklık Risk Haritaları

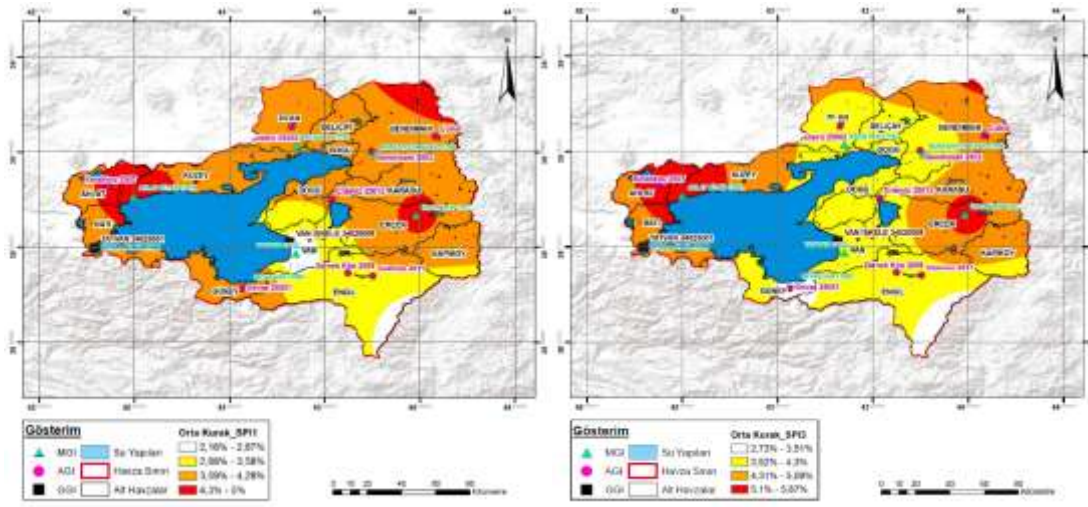
Sonuçlar genelde kuraklık özelinde normale yakın kurak şiddet sınıfında yoğunlaştığı görülmektedir. Sonuçlar görseller üzerinde incelendiğinde normal ve üstü kuraklıklar havza genelinde %85 dolayında yoğunlaşmaktadır. Alt havza bazında ise Van, Karasu'nun batısı ve Batı alt havzalarında bu şiddet sınıfı baz alındığında meteorolojik kuraklık yaşanma riski daha fazladır. Hafif şiddetli kuraklık sınıfı ise havza genelinde %8 dolayında, havzanın batı bölümünde daha az riskli (%8'den az) ve havzanın güneydoğu bölümünde ise risk olarak daha fazladır (%9 üzeri). Alt havzalara bakıldığında ise Kuzey ve Batı alt havzalarının daha az riskli olduğu ancak Güney'in ve Karasu'nun bir bölümü ile Van ve Engil alt havzalarının ise daha yüksek riskli olduğu görülmektedir. Orta şiddetli kuraklık sınıfının ise havza genelinde %4'ten az olduğu; havzanın kuzeybatı ve kuzeydoğu bölümlerinde görece daha baskın olduğu görülmektedir (%5 dolayında). Alt havzalarda ise yüksek risk (%5-6 arasında) teşkil edenler Erçek, Kuzey, Batı ve Ahlat alt havzalarının belirli kısımlarıdır. Diğer bir şiddet sınıfı olan şiddetli kuraklığın ise havza genelinde %2'nin altında olduğu, bu bu şiddet sınıfında ise Van ve Tatvan alt havzalarının görece daha yüksek riskli (%2 dolay) olduğu göze çarpmaktadır. Havzanın doğu bölümünde bu risk oranı ise %1'in altında kalmaktadır.



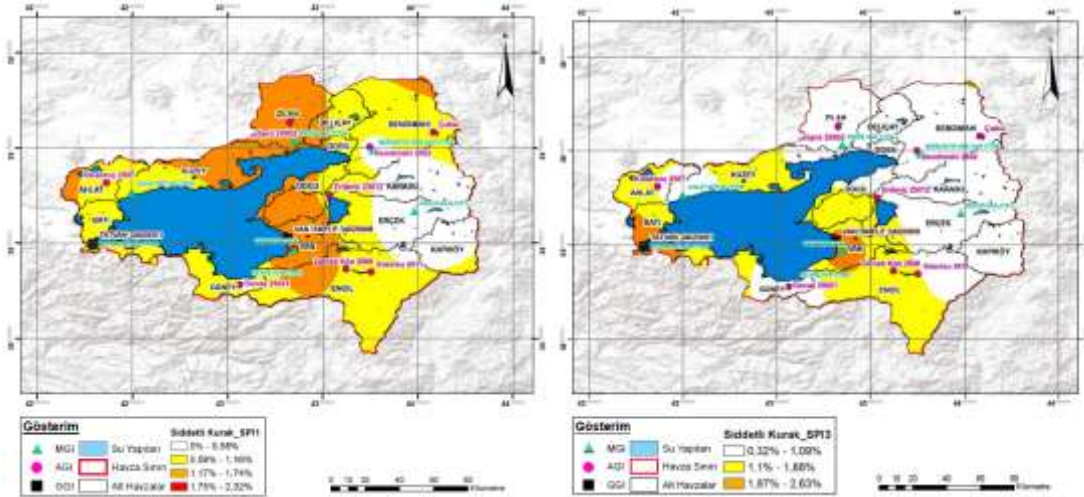
Şekil 5-4. Meteorolojik kuraklık risk haritası (1 ve 3 Aylık SPI, normal ve üstü kurak)



Şekil 5-5. Meteorolojik kuraklık risk haritası (1 ve 3 Aylık SPI, hafif kurak)



Şekil 5-6. Meteorolojik kuraklık risk haritası (1 ve 3 Aylık SPI, orta şiddetli kurak)

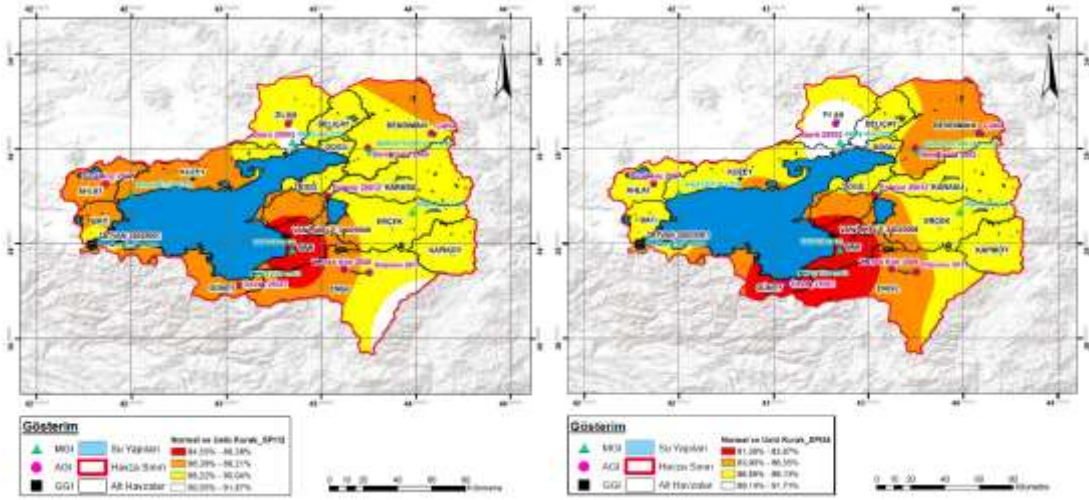


Şekil 5-7. Meteorolojik kuraklık risk haritası (1 ve 3 Aylık SPI, şiddetli kurak)

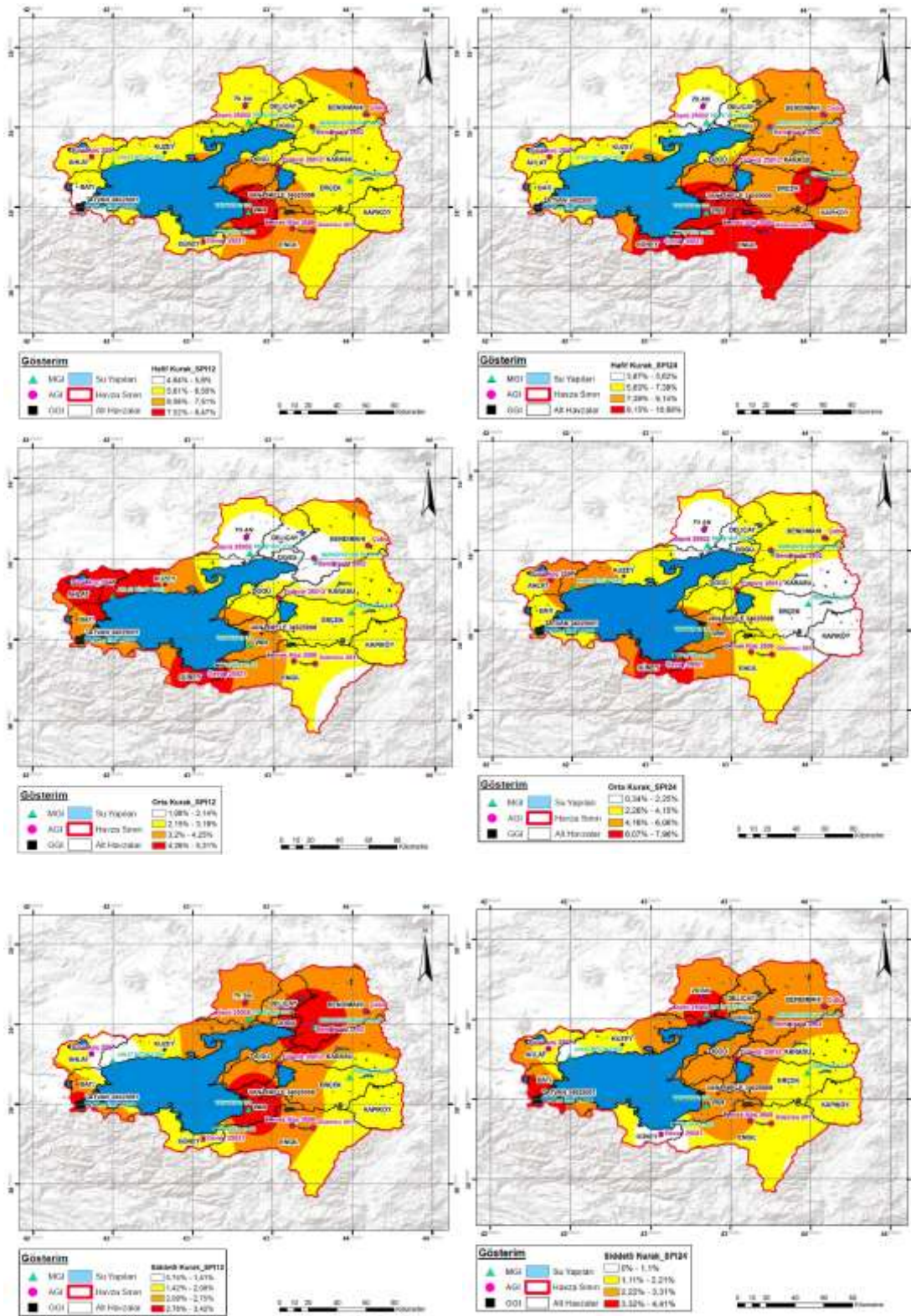
5.2.2. Hidrolojik Kuraklık Risk Haritaları

Hidrolojik kuraklık haritaları incelendiğinde kuraklık durumları için SRI hesapları kullanılarak yapılan olasılık değerlendirmesine göre normal ve üzeri sınıf için yoğun olarak görülen kuraklık risk yüzdeleri %70 ve üzeridir. Alt havza bazında ise Zilan, Ahlat ve Batı alt havzalarında bu şiddet sınıfı baz alındığında hidrolojik kuraklık yaşanma riski daha fazladır. Hafif şiddetli kuraklık sınıfı ise havza genelinde %10 ve

altı dolayında, havzanın doğu bölümünde Çubuklu akım gözlem istasyonu yakınında risk olarak daha fazladır (%10-14 üzeri). Alt havza olarak ise riskli yerler Bendimahı alt havzasının doğusu olarak söylenebilir. Orta şiddetli kuraklık sınıfının ise havza genelinde %6'ten az olduğu; havzanın doğu bölümünde görece daha baskın olduğu görülmektedir (%5-9 dolayında). Alt havzalarda ise yüksek risk (%5-9 arasında) teşkil edenler Bendimahı, Doğu, Karasu, Van'ın doğusu, Erçek, Engilin doğusu ve Kapıköy alt havzalarıdır. Diğer bir şiddet sınıfı olan şiddetli kuraklığın ise havza genelinde %3'nin altında olduğu, bu şiddet sınıfında alt havza bazında Güney, Deliçay ve Engil alt havzalarının bölümleri şeklinde görece yüksek risk taşıdıkları söylenebilir (%4-5 arası). Bendimahı alt havzasının doğusu, Karasu ve Doğu alt havzalarının Erdeviz akım gözlem istasyonuna yakın yerleri, Ahlat ve Batı alt havzalarının ise risk oranı %1'in altındadır.



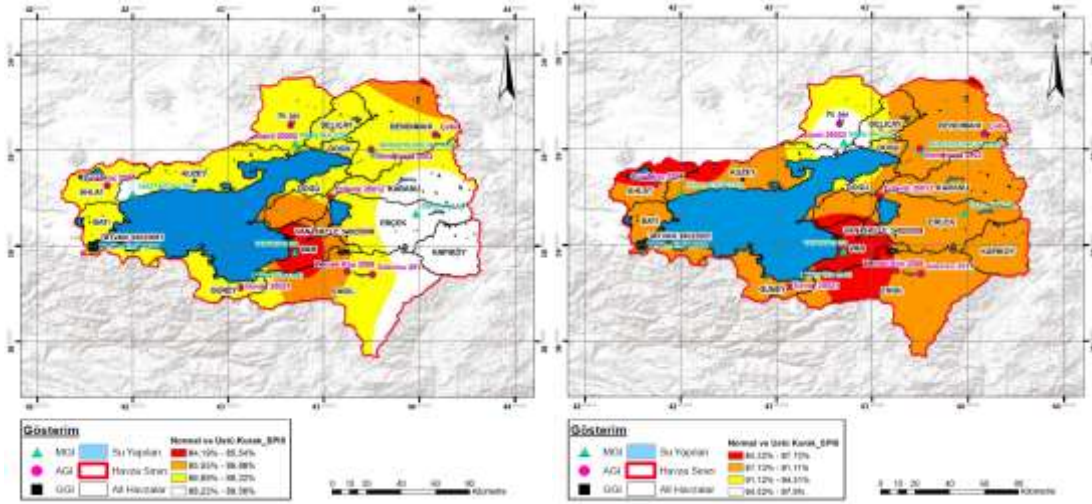
Şekil 5-8. Hidrolojik kuraklık risk haritası (12 ve 24 Aylık SPI, normal ve üstü kurak)



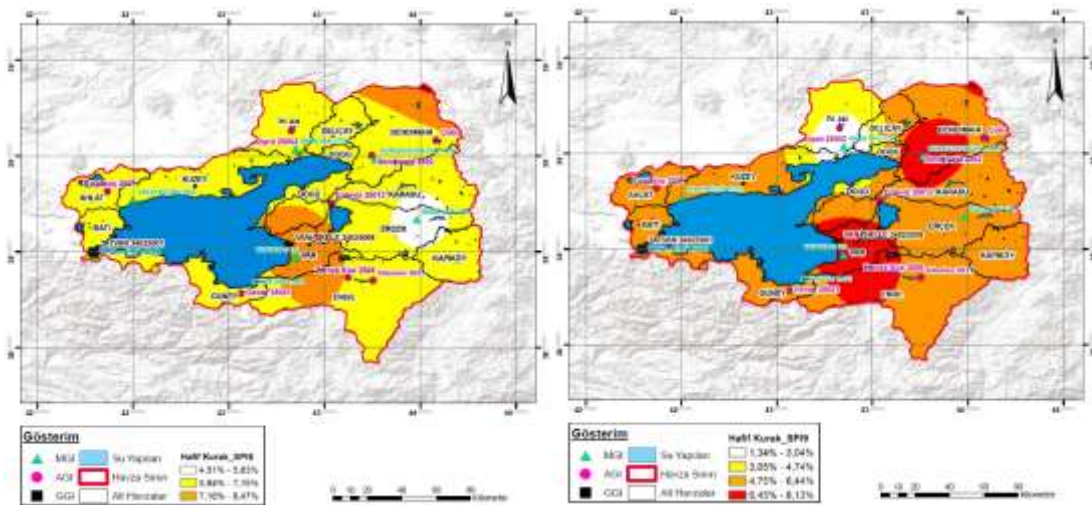
Şekil 5-9. Hidrolojik kuraklık risk haritası (12 ve 24 Aylık SPI, hafif-orta-şiddetli kurak)

5.2.3. Tarımsal Kuraklık Risk Haritaları

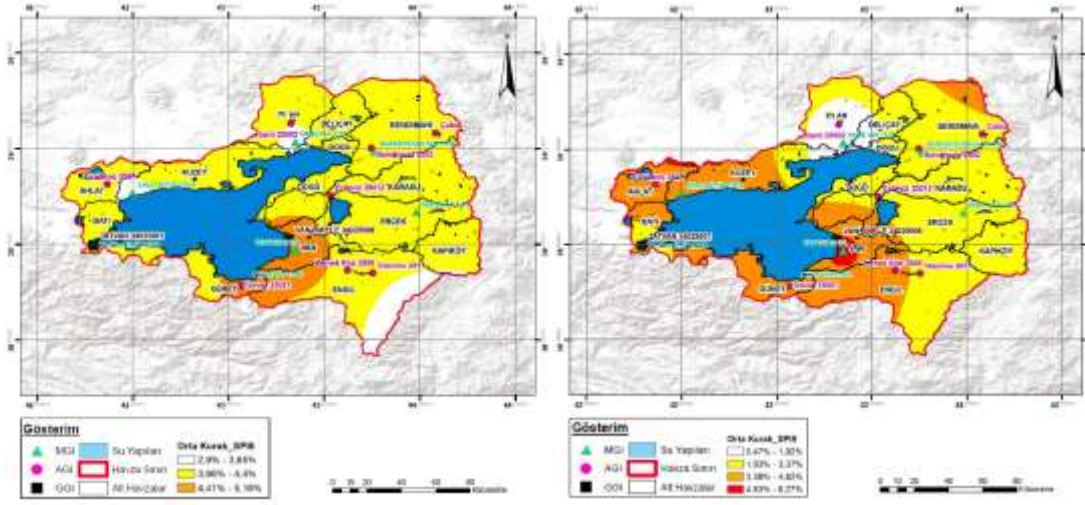
Havzanın tarımsal kuraklık risk alanlarının belirlenebilmesi adına yapılan çalışmada sNDVI sonuçlarının kullanıma uygun olmadığı görülmüş ancak sonuçlar harita üzerinde paylaşılmıştır. Tarımsal kuraklık açısından riskli yerlerin sNDVI sonuçlarının kullanılarak kestirilmesi olanaklı değildir. Bununla birlikte bir genelleştirme yapılacak olur ise havza genelinde Normal ve üstü kuraklık şiddet sınıfının yaşanma yüzdesi %80 - %90 arasındadır.



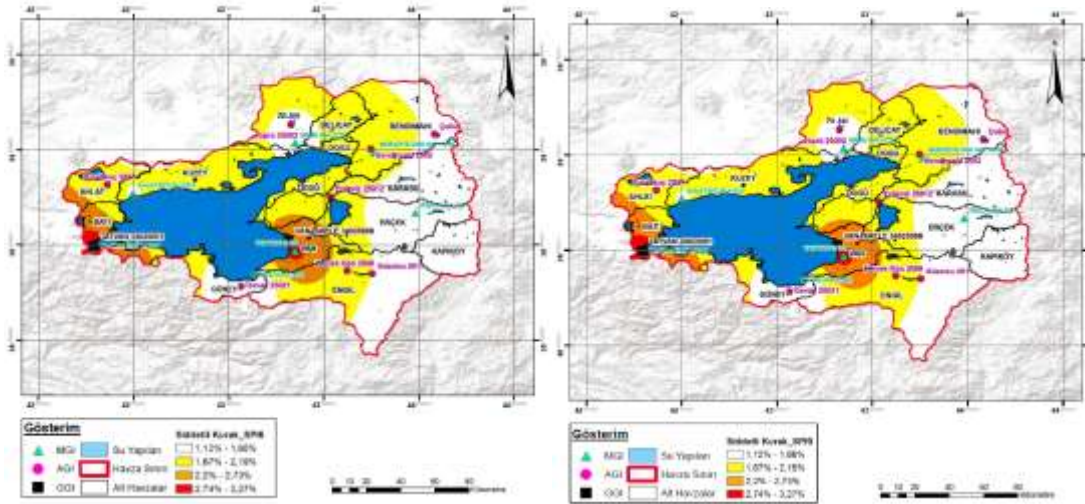
Şekil 5-10. Tarımsal kuraklık risk haritası (6 ve 9 Aylık SPI, normal ve üstü kurak)



Şekil 5-11. Tarımsal kuraklık risk haritası (6 ve 9 Aylık SPI, hafif kurak)



Şekil 5-12. Tarımsal kuraklık risk haritası (6 ve 9 Aylık SPI, orta şiddetli kurak)



Şekil 5-13. Tarımsal kuraklık risk haritası (9 Aylık SPI, şiddetli kurak)



BÖLÜM 6

MUKAYESE VE DEĞERLENDİRMELER

- Havza özelinde kullanılacak indisler havzanın veri varlığı, farklı kuraklık türlerinin saptanması ve havzanın coğrafik-topografik durumuna uygun olarak belirlenmiştir. Bunun sonucu olarak havza için yapılacak olan indis analizlerinde uluslararası çalışmalarda da sıklıkla yer verilen farklı zaman aralıklarında PNI, SPI, SRI ve Palmer Indisleri (scPDSI, PHDI, WPLM ve ZIND) kullanılmıştır.
- Yapılan yağış eğilim analizleri ışığında görüldüğü üzere istasyonların bazı periyotlar dışında genel olarak benzer dönmelerde yağış azalmaları gösterdiği açıktır. Bu azalma dönemleri havza ve dolayında bulunan bütün istasyonlar ele alındığında 1962-1966, 1988-1990, 1995-2001 ve 2008 şeklinde geliştirilebilir.
- Havza genelinde sıcaklık trend analizlerine göre 1994'ten günümüze değin sıcaklıklarda artma eğilimi görülmektedir.
- Akım eğrilerinin analizlerine göre havza için bir geliştirme yapılacak olursa 1960-1962, 1970-1971, 1974-1979, 1981-1983, 1989-1991, 1996-2002, 2008 ve 2012-2014 yıllarında akım verilerinde azalma eğilimleri görüldüğü söylenebilir.
- Van Gölü seviyelerinin genel durumunu göze aldığımızda veriler üzerinde yapılan Mann-Kendall testleri her iki istasyonun yıllar içinde gösterdiği eğilimin artış yönünde ortaya koymaktadır.
- NDVI sonuçlarının ortalama değerleri incelendiğinde özellikle 2000, 2001 ve 2012 yıllarına ait ortalama değerlerin hemen hemen bütün MGİ'ler için düşük olduğu görülürken, 2010, 2014 ve 2015 yıllarının ise yüksek olduğu göze çarpmaktadır.
- SPI ve PNI sonuçlarının birbirleri ile çok benzer eğilimler gösterdiği saptanmıştır. Bununla birlikte 6, 9 ve 12 aylık sonuçlar karşılaştırılınca sonuç grafiklerinin neredeyse birbirlerini bire bir örttüğü görülmektedir.



- Tarımsal kuraklık analizleri için kullanılan SPI sonuçları da bütün MGİ'ler boyunca hem 6 hem de 9 aylık olmak üzere WPLM ve scPDSI ile benzer sonuçlar vermektedir. Bu çerçevede yapılan analiz sonuçlarına göre 1991-1995 yağışlı dönem ve 1996-2001, 2008 kurak dönem bütün istasyonlarda gözlenmiştir.
- 1 ve 3 aylık SRI sonuçları PHDI ve 3-6 aylık SPI sonuçları ile karşılaştırılmış ancak anlamlı bir benzerlik bulunamamıştır. Bununla birlikte aynı şekilde 9 ve 12 aylık SRI sonuçlarının, PHDI ve 9-12 aylık SPI sonuçları ile arasındaki bağlantı grafikler üzerinde izlenmiştir. Bu karşılaştırma sonrası özellikle 12 aylık SPI, SRI ve PHDI arasında benzer bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. SRI indisi kullanılarak yapılan analizler sonucunda 1998-2001 ve 2008 yıllarının hidrolojik açıdan kurak olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu sonuç neredeyse bütün indis ve trend analizleri ile de (SPI, PHDI, NDVI, yağış trend, akım trend) doğrulanmaktadır.
- Meteorolojik kuraklık risklerinin değerlendirilmesinde SPI değerlerinden elde edilen olasılıklar kullanılmıştır. Sonuçlar genelde kuraklık özelinde normale yakın kurak şiddet sınıfında yoğunlaştığı görülmektedir. Sonuçlar görseller üzerinde incelendiğinde normal ve üstü kuraklıklar havza genelinde %85 dolayında yoğunlaşmaktadır. Alt havza bazında ise Van, Karasu'nun batısı ve Batı alt havzalarında bu şiddet sınıfı baz alındığında meteorolojik kuraklık yaşanma riski daha fazladır. Hafif şiddetli kuraklık sınıfı ise havza genelinde %8 dolayında, havzanın batı bölümünde daha az riskli (%8'den az) ve havzanın güneydoğu bölümünde ise risk olarak daha fazladır (%9 üzeri). Alt havzalara bakıldığında ise Kuzey ve Batı alt havzalarının daha az riskli olduğu ancak Güney'in ve Karasu'nun bir bölümü ile Van ve Engil alt havzalarının ise daha yüksek riskli olduğu görülmektedir. Orta şiddetli kuraklık sınıfının ise havza genelinde %4'ten az olduğu; havzanın kuzeybatı ve kuzeydoğu bölümlerinde görece daha baskın olduğu görülmektedir (%5 dolayında). Alt havzalarda ise yüksek risk (%5-6 arasında) teşkil edenler Erçek, Kuzey, Batı ve Ahlat alt havzalarının belirli kısımlarıdır. Diğer bir



şiddet sınıfı olan şiddetli kuraklığın ise havza genelinde %2'nin altında olduğu, bu şiddet sınıfında ise Van ve Tatvan alt havzalarının görece daha yüksek riskli (%2 dolayısı) olduğu göze çarpmaktadır. Havzanın doğu bölümünde bu risk oranı ise %1'in altında kalmaktadır.

- Hidrolojik kuraklık haritaları incelendiğinde kuraklık durumları için SRI hesapları kullanılarak yapılan olasılık değerlendirmesine göre normal ve üzeri sınıf için yoğun olarak görülen kuraklık risk yüzdeleri %70 ve üzeridir. Alt havza bazında ise Zilan, Ahlat ve Batı alt havzalarında bu şiddet sınıfı baz alındığında hidrolojik kuraklık yaşanma riski daha fazladır. Hafif şiddetli kuraklık sınıfı ise havza genelinde %10 ve altı dolayında, havzanın doğu bölümünde Çubuklu akım gözlem istasyonu yakınında risk olarak daha fazladır (%10-14 üzeri). Alt havza olarak ise riskli yerler Bendimahî alt havzasının doğusu olarak söylenebilir. Orta şiddetli kuraklık sınıfının ise havza genelinde %6'ten az olduğu; havzanın doğu bölümünde görece daha baskın olduğu görülmektedir (%5-9 dolayında). Alt havzalarda ise yüksek risk (%5-9 arasında) teşkil edenler Bendimahî, Doğu, Karasu, Van'ın doğusu, Erçek, Engilin doğusu ve Kapıköy alt havzalarıdır. Diğer bir şiddet sınıfı olan şiddetli kuraklığın ise havza genelinde %3'nin altında olduğu, bu şiddet sınıfında alt havza bazında Güney, Deliçay ve Engil alt havzalarının bölümleri şeklinde görece yüksek risk taşıdıkları söylenebilir (%4-5 arası). Bendimahî alt havzasının doğusu, Karasu ve Doğu alt havzalarının Erdeviz akım gözlem istasyonuna yakın yerleri, Ahlat ve Batı alt havzalarının ise risk oranı %1'in altındadır.
- Havzanın tarımsal kuraklık risk alanlarının belirlenebilmesi adına yapılan çalışmada sNDVI sonuçlarının kullanıma uygun olmadığı görülmüş ancak sonuçlar harita üzerinde paylaşılmıştır. Tarımsal kuraklık açısından riskli yerlerin sNDVI sonuçlarının kullanılarak kestirilmesi olanaklı değildir. Bununla birlikte bir genelleştirme yapılacak olur ise havza genelinde Normal ve üstü kuraklık şiddet sınıfının yaşanma yüzdesi %80 - %90 arasındadır.



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



- Van Gölü Havzasında bütün kuraklık şiddet sınıflar göz önüne alındığında normal ve üzeri kuraklık yaşanma durumunun %80 ve üzeri olduğu görülmektedir. Dolayısı ile Van Gölü Havzası özelinde genel olarak hafif, orta ve şiddetli kuraklık yaşanma riski oldukça düşüktür.



KAYNAKLAR

- Allen et al. (1998). Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998) Crop evapotranspiration —guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Bloomfield, J. P., & Marchant, B. P. (2013). Analysis of groundwater drought building on the standardised precipitation index approach. *Hydrol. Earth Syst. Sci*, 17, 4769–4787.
- Guttman, N.B. (1999). Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, John Wiley & Sons, 35 (2): 311–322. doi:10.1111/j.1752-1688.1999.tb03592.x.
- Desmond Ofori Anim ve diğ. (2013). Evaluation of NDVI Using SPOT-5 Satellite Data for Northern Ghana, *Environmental Management and Sustainable Development*, ISSN 2164-7682
- Hayes, M. J. (2006). Drought indices. <<http://www.drought.unl.edu/whatis/indices.htm>>
- Holben, B. N. (1986). Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 7, 1417± 1434.
- İlgar, R. (2010). Çanakkale’de Kuraklık Durumu ve Eğilimlerinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi ile Belirlenmesi. <<http://e-dergi-marmara.dergipark.gov.tr/download/article-file/3218>>
- ISRIC, International Soil Reference and Information Centre, toprak veri tabanı, <https://soilgrids.org>
- Lajos, B. (2008). Debreceni Egyetem a TÁMOP 4.1.2 pályázat keretein belül, http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0032_talajtan/ch07s05.html
- McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, Anaheim, Calif. 17– 22 January 1993. American Meteorological Society.



- Mekonnen, M. M., Hoekstra A. Y. and Becht R. (2010). Mitigating the Water Footprint of Export Cut Flowers from the Lake Naivasha Basin, Kenya. Doi: 10.1007/s11269-012-0099-9
- NDMC (2006c). Monitoring drought. The Standardized Precipitation Index. Interpretation of SPI Maps. National Climatic Data Center. <<http://www.drought.unl.edu/monitor/interp.htm>>
- NDMC (2011). Vegetation Drought Response Index. National Climatic Data Center. <http://drought.unl.edu/vegdiri/VegDRI_Main.htm>.
- Quiring, S.M. (2009). Monitoring drought: An evaluation of meteorological drought indices. *Geography Compass*, 3(1): 64–88. doi:10.1111/j.1749-8198.2008.00207.x.
- Peters, A. J., Walter-Shea E. A., Vina, L. J. A., Hayes, M. & Svoboda, M. D. (2002). Drought Monitoring with NDVI-Based Standardized Vegetation Index. <http://info.asprs.org/publications/pers/2002journal/january/2002_jan_71-75.pdf>
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium: NASA SP-351 I, 309-317.
- Shen ve diğ. (2015). Regional drought assessment using a distributed hydrological model coupled with Standardized Runoff Index, Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources (IAHS Publ. 368, 2015), 397-402, doi:10.5194/piahs-368-397-2015
- Shukla ve Wood (2008). Use Of A Standardized Runoff İndex For Characterizing Hydrologic Drought, *Geophysical Research Letters*, VOL. 35, L02405, doi:10.1029/2007GL032487
- Steinemann, A.C., Hayes, M.J., and Cavalcanti, L. (2005). Drought indicators and triggers. *Drought and water crises: Science, technology, and management issues*. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 71–92.
- SYGM (2015). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi II. Ara Rapor. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Şahin, Ü., Kurnaz, L. (2014). İklim Değişikliği ve Kuraklık. İstanbul Politikalar Merkezi (İPM).



T.C. TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TAŞKIN VE KURAKLIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI



The GreenLeaf Project, <http://greenleaf.unl.edu/>

Türkeş, M. (2014). Kuraklık Olaylarının İklim Değişikliği ve Çölleşme Açısından Önemi ve Türkiye'deki 2013- 2014(?) Kuraklığının Sinoptik Klimatolojik/Meteorolojik ve Atmosferik Bağlantıları.

USGS (2016). USGS Uydu Görüntüleri Veri Tabanı, <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Uyanık, N., Sarı, M. (2011). Cumhuriyet Döneminde Yaşanan Kuraklık Felaketleri Üzerine Bir Değerlendirme. Uluslararası Tarih ve Sosyal Araştırmalar Dergisi 5, 141-176.

Weier, John and Herring, David (2000). "Measuring Vegetation (NDVI & EVI), <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/>

World Meteorological Organization (WMO) (2009). Lincoln declaration on drought indices. World Meteorological Organization http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/meetings/wies09/documents/Lincoln_Declaration_Drought_Indices.pdf

World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP) (2016). Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva

Zargar, A., R. Sadiq, B. Naser and F.I. Khan (2011). A review of drought indices. Environmental Reviews, 19:333–349