

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

**SWAT HİDROLOJİK MODELİ İLE KURAKLIK ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EGEMEN ÇİMEN**

**DENİZLİ, TEMMUZ - 2023**

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



**SWAT HİDROLOJİK MODELİ İLE KURAKLIK ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EGEMEN ÇİMEN**

**DENİZLİ, TEMMUZ - 2023**

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

**EGEMEN ÇİMEN**

# ÖZET

**SWAT HİDROLOJİK MODELİ İLE KURAKLIK ANALİZİ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**EGEMEN ÇİMEN**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. ÜLKER GÜNER BACANLI)**

**DENİZLİ, TEMMUZ - 2023**

Kuraklık iklim değişikliğinin en önemli etkilerinden biridir. Kuraklığın zaman ve mekân sınırlaması bulunmama ile birlikte önlem alınmadığı takdirde gelecekte ürün çeşitliliğini ciddi oranda düşüreceği ve sosyo-ekonomik yaşantıyı olumsuz yönde etkileyeceği öngörülmektedir. Bu çalışma kapsamında Denizli-Çivril-Baklan Ovası SWAT ile hidrolojik olarak modellenmiş ardından DMAP programı ile meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık indeksleri hesaplanıp detaylı kuraklık analizi yapılmıştır. Landsat-8 uydu görüntüleri, CORINE arazi kullanım haritası, FAO toprak haritası ve iklim verileri çalışma sahasına uyarlanarak SWAT modeline girdi olarak kullanılmıştır. 1984-2021 yılları arası çalışma periyodu olarak seçilmiş ve SWAT modeli aracılığıyla potansiyel evapotranspirasyon (PET), toprak nemi, akarsu akışı ve diğer değerler hesaplanmıştır. Meteorolojik kuraklık hesabı için kullanılan indeksler: SPI, RAI, PN, PDSI'dir. Tarımsal kuraklık için ARI ve SMDI indeksleri kullanılmıştır. Hidrolojik kuraklık için ise SWSI indeksi kullanılmıştır. Yıllık ortalama potansiyel evapotranspirasyonun (1208.9 mm), yıllık ortalama yağıştan (525.6 mm) büyük olması iklimin genel olarak kurak olup sulama ihtiyacı gereksiniminin olduğunu göstermektedir. SWAT modeline göre bir yılda ortalama 83 günde su stresi çekildiği saptanmıştır. PDSI kuraklık indeksinde diğer meteorolojik kuraklık indekslerine göre daha uzun periyotlu kuraklıklar görülmüştür. PDSI bu indekslerden yağışın yanında PET verisini kullanmasıyla ayrılmaktadır. Aylık bazda tüm indeksler incelendiğinde 1984-2021 yılları arasında en fazla kurak gün sayısına sahip indeks PDSI (9741 gün), en az kurak gün sayısına sahip indeks SPI (2003 gün) olduğu tespit edilmiştir. Yıllık bazda tüm indeksler incelendiğinde ise en fazla kurak yıla sahip indeks PDSI (31 yıl), en az kurak yıla sahip indeks ise SWSI (4 yıl) olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, bölgedeki kuraklık detaylı analiz edilip gelecekteki çalışmalara ışık tutulması amaçlanmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER: Kuraklık, İklim Değişikliği, SWAT, Meteorolojik Kuraklık, Tarımsal Kuraklık, Hidrolojik Kuraklık, DMAP**

## **ABSTRACT**

### **DROUGHT ANALYSIS WITH SWAT HYDROLOGICAL MODEL**

**MSC THESIS**

**EGEMEN ÇİMEN**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**CIVIL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: PROF. DR. ÜLKER GÜNER BACANLI)**

**DENİZLİ, JULY 2023**

Drought is one of the most significant effects of climate change. Drought has no time or space limits, but it is predicted that if action is not taken, it would drastically limit the variety of products and have a detrimental impact on socio-economic life in the future. The scope of this study, Denizli-Civril-Baklan Plain was modelled hydrologically with SWAT and then meteorological, agricultural, and hydrological drought indices were calculated and detailed drought analysis was performed with DMAP programme. Landsat-8 satellite images, CORINE land use map, FAO soil map and climate data were adapted to the study area and used as input to the SWAT model. The period between 1984-2021 was selected as the study period and potential evapotranspiration (PET), soil moisture, stream flow and other values were calculated by SWAT model. The indices used for meteorological drought calculation are SPI, RAI, PN, PDSI. ARI and SMDI indices were used for agricultural drought, and SWSI index was used for hydrological drought. The fact that the average annual potential evapotranspiration (1208.9 mm) is greater than the average annual precipitation (525.6 mm) indicates that the climate is generally drought and there is a need for irrigation. According to the model, it was determined that water stress was experienced in an average of 83 days in a year. In PDSI drought index, droughts of longer periods were observed compared to other meteorological drought indices. PDSI differs from these indices by using PET data in addition to precipitation. When all indices are analysed on a monthly basis, it is determined that the index with the highest number of dry days between 1984-2021 is PDSI (9741 days) and the index with the lowest number of dry days is SPI (2003 days). When all indices were analysed on annual basis, it was found that the index with the highest number of dry years was PDSI (31 years) and the index with the lowest number of dry years was SWSI (4 years). In this study, it is aimed to analyse the drought in the region in detail and to enlighten future studies.

**KEYWORDS: Drought, Climate Change, SWAT, Meteorological Drought, Agricultural Drought, Hydrological Drought, DMAP**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ .....	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
ÖNSÖZ.....	xiv
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı .....	2
1.2 Literatür Özeti .....	3
1.2.1 SWAT ve Kuraklık Literatür Özeti .....	3
1.2.2 Çivril-Baklan Ovası Literatür Özeti .....	8
<b>2. MATERYAL.....</b>	<b>10</b>
2.1 Çalışma Alanı .....	10
2.2 Giriş Verileri.....	11
2.3 Dijital Yükseklik Modeli (DEM) .....	11
2.4 Arazi Kullanım Haritası .....	12
2.4.1 CORINE Arazi Sınıflandırılması.....	14
2.4.1.1 Yapay Bölgeler.....	14
2.4.1.2 Tarımsal Alanlar.....	16
2.4.1.3 Orman ve Yarı Doğal Alanlar .....	17
2.4.1.4 Sulak Alanlar.....	19
2.4.1.5 Su Yapıları .....	19
2.5 Toprak Verisi.....	20
2.6 İklim Verilerinin Elde Edilmesi .....	21
<b>3. ARCGIS VE ARCSWAT İLE HİDROLOJİK MODELLEME.....</b>	<b>22</b>
3.1 Yazılım Gereksinimleri .....	22
3.1.1 Dijital Yükseklik Modeli (DEM) Verisi Birleştirilmesi ve Koordinatlandırılması .....	22
3.1.2 Çalışma Havzasının Oluşturulması.....	23
3.1.3 CORINE Arazi Kullanım Haritasının ArcSWAT'a Göre Düzenlenmesi .....	23
3.1.4 Toprak Haritasının ArcSWAT'a göre Düzenlenmesi.....	25
3.1.5 ArcSWAT Yardımı ile Eğim Haritası Tanımlanması.....	27
3.1.6 ArcSWAT'a Meteoroloji Verilerin Girilmesi.....	28
3.1.7 Modelin Çalıştırılması .....	29
3.1.8 Kuraklık İzleme ve Tahmin Yazılımı (DMAP) ile Kuraklık İndeksleri Hesaplama.....	30
3.2 Kuraklık İndeksleri.....	31
3.2.1 Meteorolojik Kuraklık İndeksleri .....	31
3.2.1.1 Standart Yağış İndeksi (SPI).....	31
3.2.1.2 Yağış Anormali İndeksi (RAI).....	32
3.2.1.3 Normalin Yüzdesi İndeksi (PN).....	33
3.2.1.4 Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI).....	33
3.2.2 Tarımsal Kuraklık İndeksleri .....	39

3.2.2.1	Tarımsal Yağış İndeksi (ARI).....	39
3.2.2.2	Toprak Nem Eksikliği İndeksi (SMDI) .....	39
3.2.3	Hidrolojik Kuraklık İndeksleri.....	40
3.2.3.1	Yüzey Suyu Temini İndeksi (SWSI).....	40
<b>4.</b>	<b>BULGULAR .....</b>	<b>42</b>
4.1	SWAT Hidrolojik Model Sonuçları .....	42
4.2	Meteorolojik Kuraklık Analizi .....	47
4.2.1	SPI Kuraklık Analizi.....	47
4.2.2	RAI Kuraklık İndeksi.....	58
4.2.3	PN Kuraklık İndeksi .....	62
4.2.4	PDSI Kuraklık İndeksi.....	66
4.3	Tarımsal Kuraklık Analizi.....	71
4.3.1	ARI Kuraklık İndeksi.....	71
4.3.2	SMDI Kuraklık İndeksi .....	75
4.4	Hidrolojik Kuraklık Analizi .....	79
4.4.1	SWSI Kuraklık İndeksi.....	79
<b>5.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>84</b>
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>87</b>
<b>7.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>92</b>

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 1.1: Meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklıkların oluşumu (Köksoy, 2012).....	2
Şekil 2.1:Çivril-Baklan Ovasının uydu görüntüsü (Google Earth, 2023).....	10
Şekil 2.2: Dünya Gezgini (Earth Explorer) ile uydu görüntülerinin elde edilmesi (Earth Explorer, 2023).....	11
Şekil 2.3: Çivril-Baklan Ovası arazi kullanım haritası .....	12
Şekil 2.4: Türkiye’den bir şehir yapısı örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015). 14	
Şekil 2.5: Türkiye’den endüstri birimi örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015). 15	
Şekil 2.6: Kıbrıs’tan bir maden ocağı örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015) .. 15	
Şekil 2.7: Danimarka’dan tarımsal olmayan yeşil alan örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015) .....	15
Şekil 2.8: Macaristan’dan bir ekilebilir alan örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015).....	16
Şekil 2.9: Macaristan’dan sürekli ürünlere örnek (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015).....	16
Şekil 2.10: Yunanistan’dan bir mera örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)....	17
Şekil 2.11: İngiltere’den bir karışık tarımsal alan örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015) .....	17
Şekil 2.12: Slovakya’dan bir orman örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)....	18
Şekil 2.13: Romanya’dan maki örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015).....	18
Şekil 2.14: Romanya’dan az miktarda bitki örtüsü ile kaplı açık alanlar örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015) .....	18
Şekil 2.15: Letonya’dan bir karasal bataklık kesiti (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015).....	19
Şekil 2.16: İspanya’dan denize yakın ıslak alanlar kesiti (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015) .....	19
Şekil 2.17: Fransa’dan karasal/iç su örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)....	20
Şekil 2.18: Kıbrıs’tan deniz suyu örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015).....	20
Şekil 2.19: FAO dünya toprak haritası (FAO, 2023).....	21
Şekil 2.20: NASA’dan iklim verilerinin indirilmesi (NASA, 2023) .....	21
Şekil 3.1: Dem verisi birleştirilmesi .....	22
Şekil 3.2: Havza sınırlarının belirlenmesi .....	23
Şekil 3.3: ArcSWAT arazi kullanım kodları.....	24
Şekil 3.4: ArcSWAT arazi kullanım haritası .....	24
Şekil 3.5: Baklan Ovası arazi kullanım yüzdeleri .....	25
Şekil 3.6: Çivril-Baklan Ovası ArcSWAT toprak haritası.....	26
Şekil 3.7: Baklan Ovası toprak türlerinin dağılımı .....	27
Şekil 3.8: ArcSWAT yardımıyla eğim haritasının tanımlanması .....	27
Şekil 3.9: Çivril-Baklan Ovası eğim dağılımları.....	28
Şekil 3.10: SWAT Hava Veritabanı (Weather Database) programı .....	28
Şekil 3.11: İklim verilerinin ArcSWAT programına girilmesi .....	29
Şekil 3.12: SWAT modelinin çalıştırılması .....	29
Şekil 3.13: DMAP programı ile kuraklık indekslerinin hesaplanması .....	30
Şekil 4.1: Çivril-Baklan Ovasına ait hidrolojik su döngüsü .....	46
Şekil 4.2: 1984-2021 yılları arasında SPI aylık sonuçları grafiği .....	47

Şekil 4.3: 1984-2021 yılları arasında SPI aylık kuraklık şiddet grafiği.....	48
Şekil 4.4: 1984-2021 yılları arasında SPI 3 aylık sonuçları grafiği.....	50
Şekil 4.5: 1984-2021 yılları arasında SPI 3 aylık kuraklık şiddet grafiği.....	51
Şekil 4.6: 1984-2021 yılları arasında SPI 6 aylık sonuçları grafiği.....	52
Şekil 4.7: 1984-2021 yılları arasında SPI 6 aylık kuraklık şiddet grafiği.....	53
Şekil 4.8: 1984-2021 yılları arasında SPI 12 aylık sonuçları grafiği.....	55
Şekil 4.9: 1984-2021 yılları arasında SPI 12 aylık kuraklık şiddet grafiği.....	56
Şekil 4.10: 1984-2021 yılları arasında SPI yıllık sonuçları grafiği.....	57
Şekil 4.11: 1984-2021 yılları arasında SPI yıllık kuraklık şiddet grafiği.....	57
Şekil 4.12: 1984-2021 yılları arasında RAI aylık sonuçları grafiği.....	59
Şekil 4.13: 1984-2021 yılları arasında RAI aylık kuraklık şiddet grafiği.....	60
Şekil 4.14: 1984-2021 yılları arasında RAI yıllık sonuçları grafiği.....	61
Şekil 4.15: 1984-2021 yılları arasında RAI yıllık kuraklık şiddet grafiği.....	62
Şekil 4.16: 1984-2021 yılları arasında PN aylık sonuçları grafiği.....	63
Şekil 4.17: 1984-2021 yılları arasında PN aylık kuraklık şiddet grafiği.....	64
Şekil 4.18: 1984-2021 yılları arasında PN yıllık sonuçları grafiği.....	65
Şekil 4.19: 1984-2021 yılları arasında PN yıllık indeksi kuraklık şiddet grafiği.....	66
Şekil 4.20: 1984-2021 yılları arasında PDSI aylık sonuçları grafiği.....	67
Şekil 4.21: 1984-2021 yılları arasında PDSI aylık indeksi kuraklık şiddet grafiği.....	68
Şekil 4.22: 1984-2021 yılları arasında PDSI yıllık sonuçları grafiği.....	69
Şekil 4.23: 1984-2021 yılları arasında PDSI yıllık kuraklık şiddet grafiği.....	70
Şekil 4.24: 1984-2021 yılları arasında ARI aylık sonuçları grafiği.....	72
Şekil 4.25: 1984-2021 yılları arasında ARI aylık kuraklık şiddet grafiği.....	73
Şekil 4.26: 1984-2021 yılları arasında ARI yıllık sonuçları grafiği.....	74
Şekil 4.27: 1984-2021 yılları arasında ARI yıllık kuraklık şiddet grafiği.....	75
Şekil 4.28: 1984-2021 yılları arasında SMDI aylık sonuçları grafiği.....	76
Şekil 4.29: 1984-2021 yılları arasında SMDI aylık kuraklık şiddet grafiği.....	77
Şekil 4.30: 1984-2021 yılları arasında SMDI yıllık sonuçları grafiği.....	78
Şekil 4.31: 1984-2021 yılları arasında SMDI yıllık kuraklık şiddet grafiği.....	78
Şekil 4.32: 1984-2021 yılları arasında SWSI aylık sonuçları grafiği.....	80
Şekil 4.33: 1984-2021 yılları arasında SWSI aylık kuraklık şiddet grafiği.....	81
Şekil 4.34: 1984-2021 yılları arasında SWSI yıllık sonuçları grafiği.....	82
Şekil 4.35: 1984-2021 yılları arasında SWSI yıllık kuraklık şiddet grafiği.....	83

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 2.1: CORİNE arazi kullanım haritasına göre kodlar (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015) .....	13
Tablo 3.1: Çivril-Baklan Ovası arazi kullanım tiplerinin dağılımı .....	25
Tablo 3.2: Toprak tiplerinin renklere göre dağılımı .....	26
Tablo 3.3: Çivril-Baklan Ovası toprak tiplerinin alansal dağılımı.....	26
Tablo 3.4: SPI kuraklık indeksi kategorileri (Jang, 2018) .....	31
Tablo 3.5: RAI kuraklık indeksi kategorileri (Lima ve diğ. 2016) .....	32
Tablo 3.6: PN kuraklık indeksi şiddet kategorileri (Jokar ve Masoudi, 2018) ...	33
Tablo 3.7: PDSI kuraklık şiddet kategorileri (Burholder, 2015) .....	38
Tablo 3.8: ARI kuraklık indeksi şiddet kategorileri (Sayari, 2013).....	39
Tablo 3.9: SMDI kuraklık indeks şiddet kategorileri (Prodhan ve diğ., 2021)...	40
Tablo 3.10: SWSI kuraklık indeksi şiddet kategorileri (Garen, 2011) .....	41
Tablo 4.1: Çivril-Baklan Ovası 2021 ocak ayına ait günlük ve aylık SWAT modeli sonuçları .....	42
Tablo 4.2: Çivril-Baklan Ovasının 2021 ocak ayına ait günlük ve aylık SWAT modeli sonuçları .....	43
Tablo 4.3: Çivril-Baklan Ovasına ait ilk 10 adet HRU sonuçları .....	44
Tablo 4.4: Çivril-Baklan Ovasına ait ilk 10 adet HRU sonuçları .....	44
Tablo 4.5: Çivril-Baklan Ovasına ait 1984-2021 yılları arasındaki aylık ortalama değerler.....	45
Tablo 4.6: Çivril-Baklan Ovasına ait su dengesi oranları .....	46
Tablo 4.7: 1984-2021 yılları arasında SPI aylık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ORK: Orta Derece Kurak, NOR: Normal, ON: Orta Derece Nemli, ANM: Aşırı Nemli, SDN: Son Derece Nemli).....	48
Tablo 4.8: 1984-2021 yılları arasında SPI aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	49
Tablo 4.9: 1984-2021 yılları arasında SPI 3 aylık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ORK: Orta Derece Kurak, NOR: Normal, ON: Orta Derece Nemli, ANM: Aşırı Nemli, SDN: Son Derece Nemli) .....	50
Tablo 4.10: 1984-2021 yılları arasında SPI 3 aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	51
Tablo 4.11: 1984-2021 yılları arasında SPI 6 aylık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ORK: Orta Derece Kurak, NOR: Normal, ON: Orta Derece Nemli, ANM: Aşırı Nemli, SDN: Son Derece Nemli) .....	53
Tablo 4.12: 1984-2021 yılları arasında SPI 6 aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	54
Tablo 4.13: 1984-2021 yılları arasında SPI 12 aylık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ORK: Orta Derece Kurak, NOR: Normal, ON: Orta Nemli, ANM: Aşırı Nemli, SDN: Son Derece Nemli).....	55
Tablo 4.14: 1984-2021 yılları arasında SPI 12 aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	56

Tablo 4.15: 1984-2021 yılları arasında SPI yıllık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ORK Orta Derece Kurak, NOR: Normal, ON: Orta Nemli, ANM: Aşırı Nemli, SDN: Son Derece Nemli).....	57
Tablo 4.16: 1984-2021 yılları arasında SPI yıllık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	58
Tablo 4.17: 1984-2021 yılları arasında RAI aylık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, KUR: Kurak, NEM: Nemli, ANM: Aşırı Nemli, SDN: Son Derece Nemli).....	59
Tablo 4.18: 1984-2021 yılları arasında RAI aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	60
Tablo 4.19: 1984-2021 yılları arasında RAI yıllık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, KUR: Kurak, NEM: Nemli, ANM: Aşırı Nemli, SDN: Son Derece Nemli).....	61
Tablo 4.20: 1984-2021 yılları arasında RAI yıllık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	62
Tablo 4.21: 1984-2021 yılları arasında PN aylık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ODK: Orta Derece Kurak, AZK: Az Kurak, NOR: Normal, Nem: Nemli).....	63
Tablo 4.22: 1984-2021 yılları arasında PN aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	64
Tablo 4.23: 1984-2021 yılları arasında PN yıllık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ODK: Orta Derece Kurak, AZK: Az Kurak, NOR: Normal, Nem: Nemli).....	65
Tablo 4.24: 1984-2021 yılları arasında PN yıllık indeksi kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	66
Tablo 4.25: 1984-2021 yılları arasında PDSI aylık sonuçlarının sınıflandırılması (ÇŞK: Çok Şiddetli Kuraklık, ŞK: Şiddetli Kuraklık, ANK: Anormal Kuraklık, HK: Hafif Kuraklık, NEM: Nemli, ANM: Anormal Nem, ÇN: Çok Nemli).....	67
Tablo 4.26: 1984-2021 yılları arasında PDSI aylık indeksi kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	68
Tablo 4.27: 1984-2021 yılları arasında PDSI yıllık indeksi kuraklık periyotları ve şiddetleri (ÇŞK: Çok Şiddetli Kuraklık, ŞK: Şiddetli Kuraklık, ANK: Anormal Kuraklık, HK: Hafif Kuraklık, NEM: Nemli, ANM: Anormal Nem, ÇN: Çok Nemli).....	69
Tablo 4.28: 1984-2021 yılları arasında PDSI yıllık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	70
Tablo 4.29: 1984-2021 yılları arasında ARI aylık sonuçlarının sınıflandırılması (KUR: Kurak, KD: Kurak Değil).....	72
Tablo 4.30: 1984-2021 yılları arasında ARI aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	73
Tablo 4.31: 1984-2021 yılları arasında ARI yıllık sonuçlarının sınıflandırılması (KUR: Kurak, KD: Kurak Değil).....	74
Tablo 4.32: 1984-2021 yılları arasında ARI yıllık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	75

Tablo 4.33: 1984-2021 yılları arasında SMDI aylık sonuçlarının sınıflandırılması (ÇŞK: Çok Şiddetli Kuraklık, ŞDK: Şiddetli Kuraklık, OKR: Orta Kuraklık, NY: Normale Yakın, NEM: Nemli).....	76
Tablo 4.34: 1984-2021 yılları arasında SMDI aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	77
Tablo 4.35: 1984-2021 yılları arasında SMDI yıllık sonuçlarının sınıflandırılması (ÇŞK: Çok Şiddetli Kuraklık, ŞDK: Şiddetli Kuraklık, OKR: Orta Kuraklık, NY: Normale Yakın, NEM: Nemli).....	78
Tablo 4.36: 1984-2021 yılları arasında SMDI yıllık kuraklık indeksi kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	79
Tablo 4.37: 1984-2021 yılları arasında SWSI aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri (ŞK: Şiddetli Kuraklık, OK: Orta Kuraklık, HK: Hafif Kuraklık, NOR: Normale Yakın, AN: Az Nem, ON: Orta Nemli, ŞN: Şiddetli Nem).....	80
Tablo 4.38: 1984-2021 yılları arasında SWSI aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	81
Tablo 4.39: 1984-2021 yılları arasında SWSI yıllık sonuçlarının sınıflandırılması (ŞK: Şiddetli Kuraklık, OK: Orta Kuraklık, HK: Hafif Kuraklık, NOR: Normale Yakın, AN: Az Nem, ON: Orta Nemli, ŞN: Şiddetli Nem).....	82
Tablo 4.40: 1984-2021 yılları arasında SWSI yıllık kuraklık periyotları ve şiddetleri.....	83

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>SWAT</b>	: Toprak ve Su Değerlendirme Aracı
<b>FAO</b>	: Gıda ve Tarım Örgütü
<b>SPI</b>	: Standart Yağış İndeksi
<b>RAI</b>	: Yağış Anormalilik İndeksi
<b>PN</b>	: Normal İndeks Yüzdesi
<b>PET</b>	: Potansiyel Evapotranspirasyon (mm)
<b>ET</b>	: Gerçek Evapotranspirasyon (mm)
<b>PDSI</b>	: Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi
<b>ARI</b>	: Tarımsal Yağış İndeksi
<b>SMDI</b>	: Toprak Nem Eksikliği İndeksi
<b>SWSI</b>	: Yüzey Suyu Temini İndeksi
<b>DMAP</b>	: Kuraklık İzleme ve Tahmin Yazılımı
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>Orig-Z</b>	: Palmer Anormal Nem İndisi
<b>SC-Z</b>	: Kalibreli Palmer Anormal Nem İndisi
<b>SC-PDSI</b>	: Kalibreli Palmer Şiddet Kuraklık Şiddeti İndisi
<b>RCM</b>	: Bölgesel İklim Modelleri
<b>SRI</b>	: Standardize Edilmiş Akış İndeksi
<b>SPEI</b>	: Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndeksi
<b>HRU</b>	: Hidrolojik Sonuç Birimi
<b>WRF</b>	: Hava Araştırma ve Tahmin Modeli
<b>MODSIM</b>	: Su Dengesi Ağ Modeli
<b>RCP 4.5</b>	: Temsili Konsantrasyon Yolu
<b>IPCC</b>	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
<b>SYİ</b>	: Standart Yağış İndeksi
<b>PE</b>	: Paylaştırılmış Entropi İndeksi
<b>NSE</b>	: Nash-Sutcliffe Verimlilik Katsayısı
<b>SDİ</b>	: Akarsu Kuraklık İndisi
<b>RSR</b>	: Ölçülen Verilerin Standart Sapması
<b>PBIAS</b>	: Yüzde Yanlılığı
<b>MODIS</b>	: Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometre
<b>KSE</b>	: Kar-Su Eşdeğeri
<b>DM</b>	: Dağılım Haritalaması
<b>PT</b>	: Yağışta Güç Dönüşümü
<b>MAHDI</b>	: Meteoroloji - Tarım ve Hidrolojik Kuraklık
<b>Smf</b>	: Sinüslük oranı
<b>DEM</b>	: Dijital Yükseklik Modeli
<b>USGS</b>	: ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu
<b>EE</b>	: Dünya Gezgini (Earth Explorer)
<b>UTM</b>	: Evrensel Enlem Merkatörü
<b>CORINE</b>	: Çevresel Bilginin Koordinasyonu
<b>FAO</b>	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
<b>WGS</b>	: Dünya Jeodezik Sistem
<b>NASA</b>	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
<b>ARI</b>	: Tarımsal Yağış İndeksi
<b>CGCM</b>	: Kanada Global Eşleştirilmiş Model
<b>MERRA-2</b>	: NASA Modern Çağ Retrospektif Analizi Sürüm 2

<b>PN</b>	: Normal Endeksin Yüzdesi İndeksi
<b>WY</b>	: Su Verimi(mm)
<b>PDSI</b>	: Palmer Kuraklık Endeksi
<b>CAFEC</b>	: Mevcut koşullar için iklimsel uygunluk değeri
<b>SMDI</b>	: Toprak Nemi Eksikliği İndeksi
<b>ETDI</b>	: Evapotranspirasyon Açık Endeksi
<b>SY</b>	: Sediment Verimi (metrik ton/ha)
<b>NO3 SURQ</b>	: Yüzey akışında nitrat yüklemesi (kg N/ha)
<b>NO3 LATQ</b>	: Yanal akışta nitrat yüklemesi (kg N/ha)
<b>NO3 PRC</b>	: Toprak altından geçen nitrat süzülmesi (kg N/ha)
<b>NO3 CR</b>	: Havzadaki bitkilerin nitrat alımı (kg N/ha)
<b>N ORG</b>	: Akarsuya organik N yüklemesi (kg N/ha)
<b>P SOL</b>	: Akışa çözümlü P yüklemesi (kg P/ha)
<b>P ORG</b>	: Akarsuya organik P yüklemesi (kg P/ha)
<b>SUB</b>	: Alt Havza
<b>SOL</b>	: Toprak tipi
<b>AR</b>	: Alan (km <sup>2</sup> )
<b>CN</b>	: Nem için SCS akış eğri numarası
<b>AWC</b>	: Kullanılabilir su kapasitesi (mm)
<b>USLE_LS</b>	: USLE denklemi uzunluk eğimi (LS) faktörü
<b>PR</b>	: Yağış (mm)
<b>GWQ</b>	: Akarsu akışına yeraltı suyu akışı katkısını (mm)
<b>SEDth</b>	: Sediment miktarı (metrik ton/ha)
<b>NO3kgh</b>	: Topraktaki nitrat miktarı (kg N/ha)
<b>BIOM</b>	: Ortalama yıllık biyokütle (metrik ton/ha)
<b>YLD</b>	: Ortalama yıllık verim (metrik ton/ha)
<b>RN</b>	: Aylık ortalama yağış (mm)
<b>SF</b>	: Aylık ortalama donan yağmur (mm)
<b>SURFQ</b>	: Havzadaki aylık ortalama yüzey akışı (mm)
<b>SURQ</b>	: Akarsu akışına yüzey akışı katkısı (mm)
<b>SY</b>	: Ortalama ay boyunca tortu verimi (metrik ton/ha)
<b>SSWI</b>	: Standartlaştırılmış Toprak Su İndeksi
<b>CCSM3-RCM</b>	: Topluluk İklim Sistemi Modeli
<b>IDVI</b>	: Entegre Kuraklık Hassasiyet Endeksi
<b>CCSM</b>	: Hassasiyeti Düşük Küresel İklim Modeli
<b>ECHAM</b>	: Hassasiyeti Yüksek Küresel İklim Modeli
<b>MIROC</b>	: Hassasiyeti Orta Küresel İklim Modeli
<b>SWAT-CUP</b>	: SWAT Kalibrasyon ve Belirsizlik Programı
<b>BMP</b>	: Yönetim Uygulaması Senaryosu
<b>SUFİ_2</b>	: Sıralı Belirsizlik Uyarlaması Versiyonu 2
<b>IPSL-CM5</b>	: IPSL modelinin beşinci versiyonu
<b>SSI</b>	: Standartlaştırılmış Toprak Nemi İndeksi
<b>SDI</b>	: Standartlaştırılmış Akış Kuraklık İndeksi
<b>LATQ</b>	: Akarsu akışına yanal akış katkısını (mm)
<b>PL</b>	: Toprak profilinin altından su sızması (mm)
<b>TILQ</b>	: Akışa drenaj karosu akış katkısı (mm)
<b>SW</b>	: Toprak profilinde depolanan su miktarını (mm)

## SEMBOL LİSTESİ

$P$	: Aşılmama olasılığı (%)
$P_{snow}$	: Kar
$P_{strm}$	: Akarsu akışı
$P_{resv}$	: Depolamaların mevcut tarihsel kayıtları
$P_{fcst}$	: Toplam beklenen akış
$Hc$	: Morfometrik İndislerden Hipsometrik Eğri
$Hi$	: Hipsometrik İntegral
$SI$	: Akarsu uzunluk gradyan indeksi
$Pf$	: Façeta İndeksi
$i$	: Aylık Sıcaklık İndeksi
$t$	: Ortalama aylık sıcaklık (°C)
$I$	: Yıllık Sıcaklık İndeksi
$PE$	: Potansiyel Evapotranspirasyon (mm/ay)
$a$	: Amirik olarak elde edilen katsayı
$PE_{düz}$	: Düzeltilmiş Evapotranspirasyon
$c$	: Enlem Düzeltme Katsayısı
$L_s$	: Üst tabakadaki buharlaşma kaybı
$L_u$	: Alt tabakadaki kayıp
$S_s$	: Ay başındaki üst toprak tabakasında kullanılabilir su miktarı
$S_u$	: Ay başındaki alt toprak tabakasında kullanılabilir su tutarı
$a_j$	: Evapotranspirasyon Katsayısı
$\overline{ET}_j$	: j ayı için ortalama evapotranspirasyon
$\overline{PE}_j$	: j ayı için potansiyel evapotranspirasyon
$\beta_j$	: Yeniden Dolum Katsayısı
$\overline{R}_j$	: Ortalama toprak su dolumu
$\overline{PR}_j$	: Ortalama potansiyel toprak su dolumu
$c_j$	: Yüzey Akışı Katsayısı
$\overline{RO}_j$	: Ortalama akış
$\overline{PRO}_j$	: Ortalama potansiyel akış
$d_j$	: Kaybedilen Nem Katsayısı
$\overline{L}_j$	: Ortalama topraktan kaybolan su miktarı
$\overline{PL}_j$	: Topraktaki su miktarının potansiyel kaybının ortalaması
$\widehat{ET}_j$	: ETj CAFEC değeri
$D$	: Çıkış değerleri
$Z$	: Nem Olağandışılık Anormali İndeksleri
$K_j$	: Ağırlık Faktörü
$D_j$	: D'nin mutlak değerinin ortalaması
$T_j$	: Nem eksikliği ile nem fazlalığı oranının ölçümü
$X_j$	: j'inci ay için PDSI değeridir
$Z_j$	: Olağan dışı nem indisinin birikmiş değeri
$SD_{i,j}$	: Toprak su açığı(%)
$SW_{i,j}$	: Toprak profilinde bulunan aylık toprak suyu (mm)
$MSW_j$	: Uzun vadeli medyan kullanılabilir toprak suyu

**$maxSW_j$** : Toprak profilinde maksimum kullanılabilir toprak suyu

**$K_c$**  : Kendall Dağılım Fonksiyonu

**$X_{i,j}$**  : i yılının j ayındaki yağış (mm)

**$X_j^{ort}$**  : j ayındaki ortalama yağış (mm)

**$\sigma_j$**  : j ayındaki yağışın standart sapması

**$N$**  : Aylık/yıllık yağış (mm)

**$\bar{N}$**  : Tarihsel serinin ortalama aylık/yıllık yağışı (mm)

**$\bar{M}$**  : Serinin en düşük on aylık mevsimsel yağış ortalamasını (mm)

**$\bar{X}$**  : Serinin en düşük on aylık mevsimsel yağış ortalamasını (mm)

**$P_i$**  : Her yıldaki toplam yağış

**$\bar{P}$**  : Periyottaki ortalama yağış

**PR** : Potansiyel yeniden dolun parametresi

**PL** : Potansiyel kayıp parametresi

**PRO** : Potansiyel yüzey akışı parametresi

**$\widehat{P}_j$**  : CAFEC yağışı hesaplanış değeri



## ÖNSÖZ

Bu çalışma, Ege bölgesinde Denizli ilinde yer alan Çal, Çivril ve Baklan ilçelerinin her üçünü de sınırlayan Çivril-Baklan ovasında kuraklık boyutunun belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Yüksek lisans projesi olarak hazırlanan bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı bünyesinde gerçekleştirilmiştir.

Bu tezin hazırlanmasında bana ışık tutan, cesaretlendiren, azmimi kuvvetlendiren, bilgi ve birikimlerini esirgemeyen, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum danışman hocam sayın Prof. Dr. Ülker GÜNER BACANLI'ya en içten teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında her zaman destek veren tüm bölüm hocalarıma,  
Beni anlayıp dinleyen çalışma esnasında problemlerimi beraber çözdüğüm değerli arkadaşlarıma,

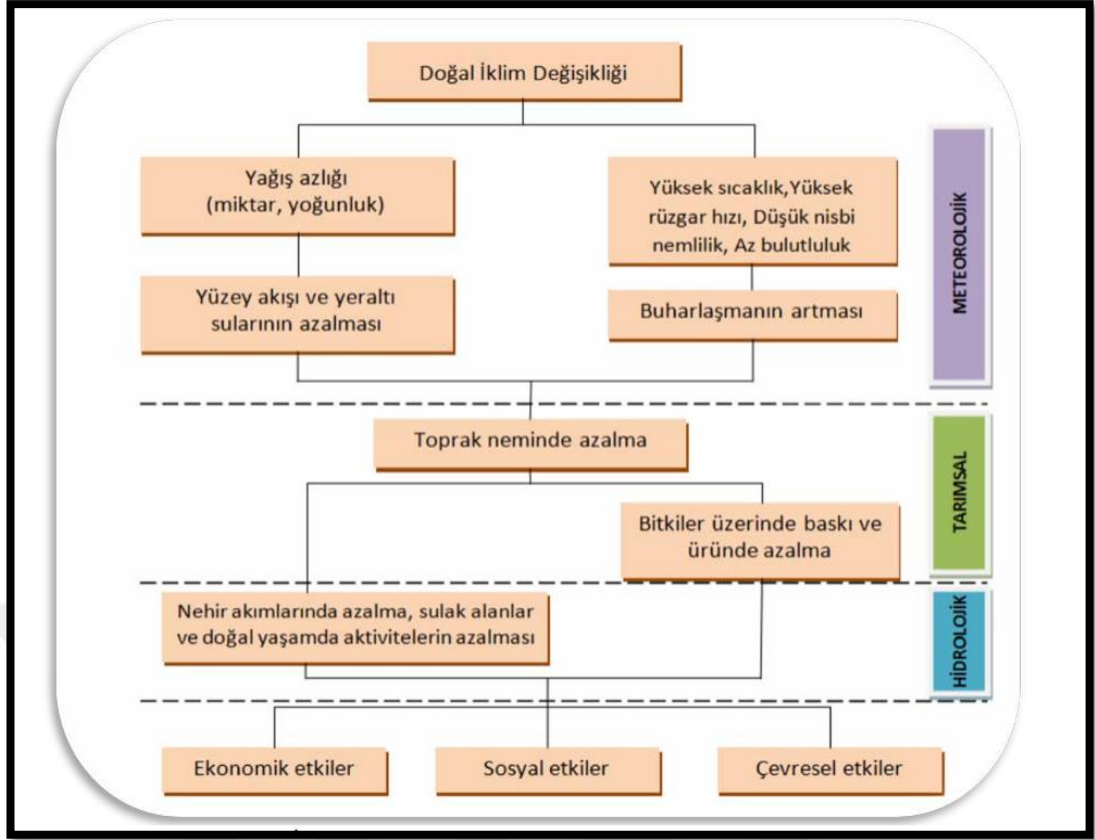
Tüm hayatım boyunca yanımda olan, aldığım kararları destekleyen, moral veren annem Güler ÇİMEN'e, babam Mehmet Ali ÇİMEN'e, ablam Esen ÇİMEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

# 1. GİRİŞ

Kuraklık zaman ve mekân ayırt etmeksizin gerçekleşebilen doğal bir iklim olayıdır. Çoğunlukla kuraklık uzun dönemi kapsayıp yavaş gelişmektedir. Kuraklıktan etkilenen alanlar genellikle diğer afetlere göre daha geniştir. Kuraklığın nitelikleri frekans, şiddet, süre ve etki alanıdır. Kuraklık zaman belirsizliği, katlanarak çoğalması, çok kaynağı aynı anda etkilemesi ve çok yüksek maliyet sebebiyle önemlilik arz etmektedir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2023).

Kuraklığın meteorolojik kuraklık, tarımsal kuraklık, hidrolojik kuraklık olmak üzere üç belirgin tipi vardır (Wilhite ve Glantz, 1987). Şekil 1.1. de meteorolojik tarımsal ve hidrolojik kuraklıkların oluşumu verilmiştir (Köksoy, 2012). Meteorolojik kuraklık, yağışın eşik değerlere göre azalmasını ifade etmektedir. Meteorolojik kuraklık atmosferik koşulların bölgelere göre farklılık göstermesinden dolayı diğerlerine göre daha bölgeseldir. Tarımsal kuraklık, bitkinin gelişimini sürdürebilmesi için yeterli nemin bulunmaması durumunda ortaya çıkmaktadır. Tarımsal kuraklık ürün çeşitliliğini etkileyebilmektedir. Hidrolojik kuraklık ise uzun periyotlu yağış yetersizliğinde yeryüzü ve yeraltı sularının azalmasıyla ortaya çıkmaktadır. Hidrolojik kuraklık, meteorolojik kuraklığın uzun vadeli etkilerini yansıtmaktadır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2023).

Meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklıkların ekonomik etkileriyle ürünlerin arz-talep dengesinin değişiminin insan yaşamını etkilemesine sosyoekonomik kuraklık denir. Sosyoekonomik kuraklık yer ve zamana bağlı olarak ortaya çıkmasıyla diğer kuraklık tiplerinden ayrılmaktadır (Çakmak, 2023).



Şekil 1.1: Meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklıkların oluşumu (Köksoy, 2012).

## 1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Kuraklık iklim değişikliğinin sonuçlarından biridir. Kuraklığı şiddetine göre sınıflandırabilmek için kuraklık indeksleri geliştirilmiştir.

Bu çalışmada; 1984-2021 yılları arasında Denizli ilinde bulunan Çivril-Baklan Ovası kuraklık analizi yapılmıştır. Çivril-Baklan ovası öncelikle Arc-SWAT programı ile hidrolojik olarak modellenmiştir. Hidrolojik modelin çıktıları da kullanılarak Kuraklık İzleme ve Tahmin (DMAP) yazılımı ile kuraklık indeksleri hesaplanmıştır. Hesaplanan indeksler kuraklığın şiddeti hakkında bilgi vermektedir.

Modelimizde kullanılan meteorolojik indeksler: Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI), Yağış Anormali İndeksi (RAI), Ortalama Yağışın Yüzdesi İndeksi (PN), Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI)'dir. Modelimizde kullanılan tarımsal indeksler: Tarımsal Yağış İndeksi (ARI), Toprak Nem Eksikliği İndeksi (SMDI)'dir.

Modelimizde kullanılan hidrolojik kuraklık indeksi: Yüzey Suyu Kaynağı İndeksi (SWSI)'dir.

Çivril-Baklan ovasında SWAT hidrolojik modeli ve DMAP yazılımı kullanılarak kuraklık indeksleri aylık ve yıllık olarak hesaplanmıştır. Kuraklık indeksleri yardımıyla ovadaki kuraklığın durumu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan kuraklık indeksleri karşılaştırılmıştır.

## 1.2 Literatür Özeti

### 1.2.1 SWAT ve Kuraklık Literatür Özeti

Abbaspour ve diğ. (2009) iklim değişikliğinin gelecekteki iklim üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla SWAT yardımıyla hidrolojik modelleme yapmışlardır. Kalibrasyon için günlük veriler ve 1980-2002 yıl aralığı kullanılmıştır. Gelecek iklim senaryoları 2010-2040 ve 2070-2100 dönemleri için yapılmıştır. İran genelinde 37 iklim istasyonu belirlenmiştir. Farklı senaryolar için Kanada Global Eşleştirilmiş Model (CGCM 3.1) kullanılmıştır. Gelecek senaryolarda ülkenin sulak bölgeleri daha fazla yağış alırken, kurak bölgeler daha az yağış alacaktır sonucuna varılmıştır.

Srivastava ve diğ. (2010) ABD'nin Alabama eyaletinde kış aylarında akarsulardaki su çekilmesinin sulamaya olan etkilerini araştırmışlardır. Kışın yüksek akış dönemlerinde akarsulardan sürdürülebilir bir şekilde çekilebilecek su miktarını tahmin etmek amacıyla SWAT modeli kullanılmıştır. Kalibrasyon yüzey akışı, taban akışı ve toplam akış için yapılmıştır. Çekilebilecek su miktarında yıldan yıla anlamlı farklar olmasına rağmen, 16 yıllık ortalama baz alındığında birinci, ikinci ve üçüncü derece akarsuların drenaj alanlarının yaklaşık %11.6, %10.3 ve %10.6'sını sulayabildiğini göstermiştir.

Işıldar (2010) Aydın, Uşak, Denizli ve Afyonkarahisar illerinde 1963-2007 yıllarında tarımsal üretim bölgeleri için iklim parametre verimini araştırmışlardır. Yapılan çalışma sırasında Palmer Anormal Nem İndisi (Orig-Z), Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI), Kalibreli Palmer Anormal Nem İndisi (SC-Z), Kalibreli Palmer

Şiddet Kuraklık Şiddeti İndisi (SC-PDSI) ve Standardize Yağış İndisi (SPI) kullanılmıştır. Aydın bölgesi için SC-PDSI mısır verim modeli ile orijinal mısır verimi korelasyonu 0,42512 R<sup>2</sup> değeriyle en yüksek çıkmıştır. Denizli, Afyonkarahisar ve Uşak bölgeleri için PDSI mısır verim modelinin orijinal mısır verimi ile korelasyonu en yüksek çıkmıştır.

Wang D ve diğ. (2011) Merkez İllinois (ABD), kuraklık üzerindeki etkinin meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik açıdan benzerlik seviyesini sorgulayarak iklim değişikliğinin kuraklık üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bölgesel iklim modelleri (RCM), bölgesel iklim değişikliği projeksiyonları ile kuraklık sıklığını, yoğunluğunu ve süresini ve meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik sistemlere etkisini değerlendirmek için kullanılmıştır. Standartlaştırılmış Toprak Su İndeksi (SSWI) ile tarımsal kuraklık, Standardize Edilmiş Akış İndeksi (SRI) ile hidrolojik kuraklık analiz edilmiştir. SSWI'nın, yoğun kuraklıklarda iklim değişikliğine SPI veya SRI'dan daha hassas olduğu saptanmıştır. Yoğunluk, sıklık ve süre açısından iklim değişikliğinin kuraklık üzerindeki etkisi, özellikle Topluluk İklim Sistemi Modeli (CCSM3-RCM) için meteorolojik kuraklıktan tarımsal kuraklığa ve hidrolojik kuraklığa doğru büyümüştür.

Bacanlı ve diğ. (2012) Adana, Antalya, Burdur, Hatay/Antakya, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin ve Osmaniye istasyonlarının her biri için 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) değerlerinin frekans analizlerini yapmışlardır. Aylık (1, 3, 6 ve 12 aylık) frekans değerleri arasında kurak ve sulak dönemlerin dağılımları belirlenmiştir. Dağılımlar kıyaslanmıştır. Akdeniz bölgesinde tüm kısımlar hafif kuraklık ve normal kuraklık arasında çıkmıştır. Normale yakın ve normal kuraklıklarda Mersin maksimum değeri almıştır. Adana hem kurak hem sulak durumlarda en az değeri almıştır.

Jain ve diğ. (2015) Orta Hindistan'daki Bundelkhand bölgesinde bulunan Ken Nehri havzasında mekânsal ve zamansal ölçeklerde kuraklık hassasiyetinin değerlendirilmesi amacıyla bir metot önermişlerdir. Faktörler çeşitli alt sınıflara ayrılmış ve ArcGIS ile haritalar hazırlanmıştır. Hidrolojik Sonuç Birimini (HRU) ve toprak nemini sınırlamak için SWAT modeli kullanılmıştır. İklimsel faktör olarak aylık yağış miktarı, hidrolojik faktör olarak Toprak Nem Eksikliği İndeksi kullanılmıştır. HRU düzeyindeki haritalar kuraklığa karşı hassasiyetin mekânsal

dağılımını temsil etmektedir. Entegre Kuraklık Hassasiyet Endeksi (IDVI) değeri yükseldikçe kuraklığa karşı hassasiyetin arttığı anlaşılmıştır.

Vu ve diğ. (2015) Vietnam'ın önemli hidroelektrik santrallerinin bulunduğu nehir havzasında kuraklık analizi yapmışlardır. Çalışmada 3 küresel iklim modeli kullanmışlardır. Meteorolojik kuraklık Standardize Yağış İndeksi (SPI) kullanılarak değerlendirilmiştir. Hidrolojik kuraklık hem yarı dağıtılmış hidroloji modeli SWAT hem de Standardize Edilmiş Akış İndeksi (SRI) ile değerlendirilmiştir. SWAT modelinin kalibrasyonu 1980-2005 yılları arasında yapılmış ve doğrulanmıştır. SRI indeksi SWAT yardımıyla hesaplanmıştır. Çalışma bölgesi SPI ve SRI analiz edilerek meteorolojik ve hidrolojik kuraklık açısından tarihi kayıtlarla karşılaştırılmıştır. Gelecek akış simülasyonları için iklim modeli simülasyonları WRF/CCSM (Hassasiyeti Düşük), WRF/ECHAM (Hassasiyeti Yüksek) ve WRF/MIROC (Hassasiyeti Orta) kullanılmıştır. SWAT modeli ile yapılan simülasyonda gelecekte hidrolojik akışın %38 - %48 oranında artacağı tahmin edilmiştir.

Ahn ve diğ. (2016) Güney Kore'nin Geum Nehri havzasında bir su dengesi ağ modeli (MODSIM) ve SWAT içeren karma bir modelleme uygulanmıştır. Tarımsal su kıtlığı en yüksek oranı %38.2 olarak tahmin edilmiştir. RCP 4.5 (Temsili Konsantrasyon Yolu) senaryosu altında 2040'lar ve 2080'ler altında öngörülen kıtlık oranı başlangıç dönemindeki (1982-2011) %25.6'dan ve RCP tarihsel dönemindeki (1985-2005) %30.1'den daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Özcan (2016) Mogan Gölü havzasında çeşitli tarımsal yönetim uygulamalarının tortu, toplam azot, toplam fosfor yükleri üzerindeki tesirlerini SWAT kullanılarak analiz etmişlerdir. Modelde Yavrucak izleme istasyonundan alınan 2007-2010 yılları arasındaki aylık veriler kullanılarak dere akışı, tortu, azot ve fosfor için SWAT-CUP ile kalibrasyon yapılmıştır. 11 farklı tarımsal en iyi yönetim uygulaması (BMP) senaryosu kalibrasyonu ve validasyonu sağlanmış modele uygulanmıştır. Kirlenici yükün düşürülmesi yönünden en verimli senaryo gübrede %30 düşüş, toprak işlemez ve teraslamanın birleştirildiği senaryo olarak belirlenmiştir.

Bacanlı ve diğ. (2017) Kuzey Ege Bölgesinde uzun süreli yağış verileri olan 29 istasyon verileriyle Standart Yağış İndeksi (SYİ) ve Paylaştırılmış Entropi (PE) kuraklık indekslerini kıyaslamışlardır. PE metodu ve SYİ yönteminin benzerliğinin

yalnızca 3 aylık SYİ değerleri için gözlemlenebilmiştir. PE metodunun uzun süreli döngüsel kuraklık hesaplamalarında güvenilirliği olmadığı belirlenmiştir.

Bacanlı ve diğ. (2017) Ege Bölgesinde bulunan 25 adet istasyonunun aylık buharlaşma verileri kullanılarak Man-Kendall ve Sen Testi yöntemleriyle aylık ve mevsimlik buharlaşmanın trend analizi yapmışlardır. Man-Kendall ve Sen Testi sonuçlarına göre yaz aylarında mevsimlik buharlaşmada %12 azalış, %24 artış eğilimi belirlenmiştir. Kuşadası, Bornova, Gediz ve Boldavin istasyonlarında eğilim artış yönündedir. Muğla, Manisa, Aydın, Tavşanlı ve İzmir istasyonlarında eğilimin azalış yönünde olduğu tespit edilmiştir.

Sarı (2018) Aşığı Seyhan Havzası üzerindeki 9495 ha'lık alanda günlük akım ve nitrat değerleri kullanılarak arazi kullanımının ve tarımsal faaliyetlerinin etkisini tespit etmişlerdir. 2009-2010 yılı akış ve nitrat verileri Sıralı Belirsizlik Uyarlaması Versiyonu 2 (SUFİ\_2) yaklaşımı kullanılarak SWAT\_CUP ile kalibrasyon ve doğrulama yapılmıştır. Seyhan Havzası (Bebeli, Yemişli, Karagöçer ve Baharlı) dört alt havzaya bölünmüştür. Bunlardan elde edilen parametreler, 2017 yılı için kullanılmıştır. SWAT ile başarılı şekilde modellenmiştir.

Özfidaner ve diğ. (2018) Akarsu Kuraklık İndisi (SDİ) yöntemine göre Seyhan havzasındaki aylık ortalama akışlar kullanılarak 3, 6, 9, 12 aylık dönemlerde kuraklık analizi yapmışlardır. SDİ değerleri incelendiğinde iki istasyonda da 9-12 aylık dönemde benzer sonuçlar elde edilmiştir. 3 ve 6 aylık dönemler analiz edildiğinde sonuçlar 2000 yılından sonra daha önemli hale gelmiştir.

Aktaş ve diğ. (2018) Eğirdir, Senirkent ve Yalvaç istasyonlarının 1975-2015 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verileri ile Da Martonne yöntemi kullanılarak kuraklık analizi yapmışlardır. Çalışma alanının step nemli arası iklim tipine sahip olduğu belirlenmiştir.

Bacanlı ve Kargı (2019) Bursa, İznik, Keleş, Mustafakemalpaşa ve Uludağ istasyonları 1969-2015 yılları arasında Standart Yağış İndisi (SYİ) yöntemiyle 1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık periyotlar için analiz yapmışlardır. Yağış verilerine eğilimin tespit edilmesi amacıyla lineer regresyon analizi yapılmıştır. Yıllık ve aylık yağış verilerinde anlamlı bir eğilim saptanmamıştır. Aralık ayında İznik, Keleş, Uludağ istasyonlarında

azalma eğilimi, Ekim ayında ise Bursa istasyonu azalma eğilimi göstermiştir. SYİ sonuçlarına göre istasyonların kurak, normal veya sulak periyot oranları birbirine benzerdir. Kısa periyotlarda (3-6 ay) normal veya hafif kuraklıklara yoğun rastlanırken, uzun süreli periyotlarda (12-24-48 ay) şiddetli ve çok şiddetli kuraklık tespit edilmiştir.

Özdemir ve Güngör (2019) Filyos Çayı havzasının hidrolojik analizi için SWAT modelini kullanmışlardır. İlk aşamada hidrolojik bir model oluşturulmuştur. SWAT-CUP otomatik kalibrasyon programı kullanılarak 1988-1993 yılları arasındaki dönemde kalibre edilmiştir. 1988-2000 arasındaki dönemde doğrulama yapılmıştır. 1979-2013 döneminde su veriminde %35, sızma miktarında %41 ve yeraltı suyu miktarında %34 oranlarında ciddi azalmalar görülmüştür. SWAT kalibrasyon dönemi için aylık Nash-Sutcliffe Modeli Verimlilik Katsayısı (NSE), Ölçülen Verilerin Standart Sapması (RSR) ve Yüzde Yanlılığı (PBIAS) değerleri sırasıyla 0.67, 0.57 ve -14.3 validasyon dönemi için 0.72, 0.52, -18.9 olarak tespit edilmiştir. Bu verileri Morisia ve diğ. (2007) tarafından geliştirilen performans kriter tablosu ile karşılaştırıldığında SWAT'ın oldukça iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Peker (2020) Fırat havzasının dağlık iki memba alt havzası çalışma alanı olarak seçilerek ArcSWAT ile hidrolojik modelleme yapmışlardır. Modelleme çalışmasında; akım ölçümleri, arazi kar ölçümleri, orta çözünürlüklü görüntüleme spektrometresi (MODIS) ve kar kaplı alan (KKA) uydu ürünlerinden yararlanılmıştır. İlk olarak modele ait kar çıktıları, uydu görüntüleri ile kalibre edilmiş ardından istasyonlara ait noktasal ölçümlerle de doğrulanmıştır. İkinci aşamada akım çıktılarının otomatik kalibrasyonu SWAT Kalibrasyon ve Belirsiz Programı (SWAT-CUP) ile gerçekleştirilerek Nash-Sutcliffe Modeli Verimlilik Katsayısı (NSE)'ye göre ortalama günlük 0.7'nin, aylık 0.8'in üzerinde kalibrasyon ve validasyon değerleri elde edilmiştir. Oluşturulan hidrolojik modeller, farklı iklim senaryolarına (RCP 4.5 ve RCP 8.5) göre üretilmiş iki periyottaki (2041-2070 ve 2071-2099) projeksiyonlar için çalıştırılarak, iklim değişikliğinin kar erimelerine ve akımlara etkisi incelenmiştir. Sonuçlarda, her iki havzada kar-su eşdeğeri (KSE) pik değerlerinde %30-%39'a varan azalma ve kar sezonunda 37-43 günlük daralma görülmüştür. İklim değişikliği sebebiyle oluşan sıcaklık artışı karın yeryüzünde olağandan daha geç birikip erken

erimeye başlamasına sebep olmaktadır. Akımlarda ise hacim olarak kar çıktıklarına kıyasla daha düşük ölçüde %3-%4 civarında azalma gözlenmiştir.

Askar ve Başbüyük (2020) Seyhan havzasından gelen akarsu akımını SWAT modeline simüle etmişlerdir. Hidrolojik modelleme için IPSL-CM5 modeli verileri ile beş Bayes düzeltme yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. En iyi performans Dağılım Haritalaması (DM) ve Yağışta Güç Dönüşümü (PT) daha ileri analizler için kullanılmıştır. Sonuç olarak, Seyhan havzasının ortalama akarsu akımının 2045-2080 yılları arasında RCP4.5 senaryosuna göre normal değerinin %65'i kadar, RCP8.5 senaryosuna göre normal değerinin %85'i kadar düşebileceği öngörülmüştür.

Liang ve diğ. (2021) SWAT ve deneysel Kendall dağılım fonksiyonunu ( $K_C$ ) birleştiren karma bir yöntem Çin'in iç havzasındaki Jinta Nehrinde kullanmışlardır. Meteorolojik kuraklık için SPEI (Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi), tarımsal kuraklık için SSI (Standartlaştırılmış Toprak Nemi İndeksi), hidrolojik kuraklık için SDI (Standartlaştırılmış Akış Kuraklık İndeksi) kullanılmıştır.  $K_C$  yardımıyla tarımsal ve hidrolojik kuraklığı harmanlayan çok değişkenli kapsamlı bir meteoroloji-tarım hidroloji kuraklık endeksi (MAHDI) oluşturulmuştur. Havzada kuraklık derecesi kuzeyde yüksek, güneyde ise düşük olduğunu saptamışlardır. MAHDI'nin şiddetli kuraklıkları analiz etme yeteneği, hafif ve orta dereceli kuraklıklara göre daha güçlüdür. Kuraklık koşulları ilkbahar ve yaz aylarında anlamsız şiddet artışı eğilimleri gösterirken, sonbaharda ise anlamsız düzeyde şiddet düşüşü eğilimleri göstermiştir.

### 1.2.2 Çivril-Baklan Ovası Literatür Özeti

Ceylan ve Biricik (1998) Çivril-Baklan havzasını yapısal unsurları; iklim, jeomorfolojik ve hidrolojik özellikleri bakımından incelemişlerdir. İnceleme sahası, benzer özellikler dikkate alınarak bölgelere ayrılmıştır. Bu bölgelerdeki su kaynakları, suların kalitesi, kullanım alanları ve hidrolojik planlamaya değinilmiştir.

Aksever ve Eroğlu (2016) Çivril-Baklan Ovasında yeraltı suyuna iklim değişikliğinin etkisini araştırmışlardır. Yeraltı suyu seviyesi ile yağış ve sıcaklık arasındaki bağlantı irdelenmiştir. Yağışlı dönemlerde yeraltı suyu seviyesinin arttığı

gözelemlenmiştir. Yeraltı suyu seviye değişimini etkileyen en önemli parametre yağış miktarı değişimi olarak bulunmuştur.

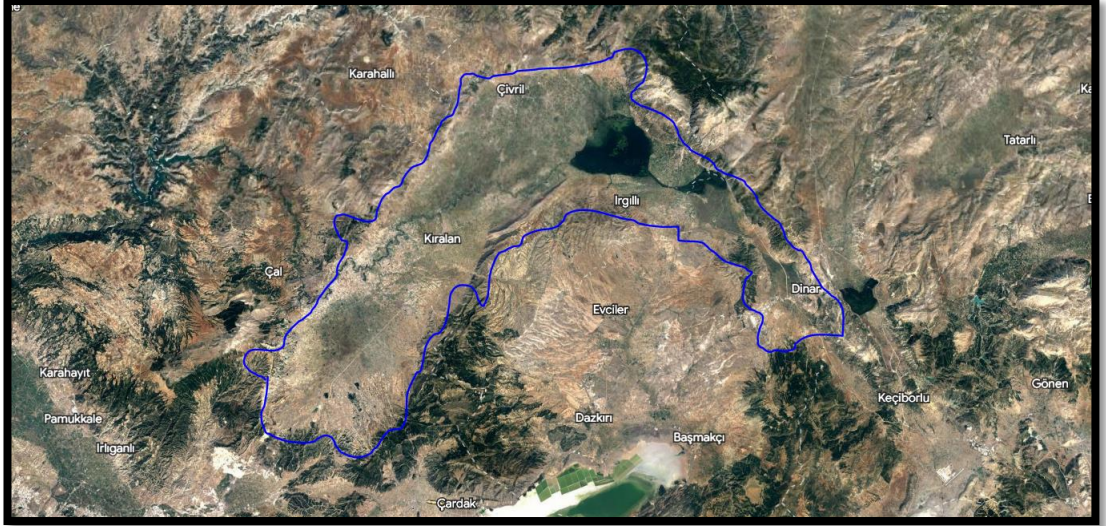
Ege ve diğ. (2019) Büyük Menderes Grabeninin Baklan-Dinar bölümü içerisinde yer alan oldukça genç oluşuma sahip Özdemirci Havzası'nın jeomorfolojik özelliklerini morfometrik analizlerle anlamaya çalışmışlardır. Özdemirci Havzası'nın jeomorfolojik özellikleri kantitatif verilerle analiz edilmiştir. Morfometrik indislerlerden hipsometrik eğri (Hc), hipsometrik integral (Hi), akarsu uzunluk gradyan indeksi (SI), vadi genişliği, üçgen yüzey façeta indeksi (Pf), dağ önu sinüslük oranı (Smf) hesaplanmıştır ve jeomorfolojik gelişim ortaya konmuştur.



## 2. MATERYAL

### 2.1 Çalışma Alanı

Çivril-Baklan Ovası Türkiye'nin Ege bölgesinde Denizli ilinin kuzeydoğusunda yer alan yaklaşık 400 km<sup>2</sup> alana ve 820 metre yüksekliğe sahip tektonik bir ovadır (Şekil 2.1.). Çivril ovasının merkezinde Işıklı Gölü vardır. Ova Çivril ilçe merkezi civarında Güneybatı-Kuzeydoğu doğrultusunda iken Işıklı Gölü çevresinde Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultusundadır. Ovanın yeraltı su seviyesi 2-4 metre civarındadır. Ova güçlü bir akifer özelliği göstermektedir. Ovanın yüzeyinde Kufi Çayı'nın taşıdığı kil, silt, çakıl ve kum içeren Kvarterner alüvyonlar vardır. Çivril-Baklan ovası sınırları içinde Işıklı Gölü bulunmaktadır. Kuzeyden Sandıklı Ovasından gelen Kufi Çayı ve Güneydoğu yönünden gelen Dinar Suyu gölü beslerler. Büyük Menderes nehri ana kaynağını Işıklı Gölünden alır. Çevrede Işıklı, Gümüşsuyu ve Yuva gibi güçlü kaynaklar vardır. Ovanın hakim iklimi Akdeniz ve İç Anadolu Karasal iklimi arasında geçiş iklimidir (Vikipedi, 2023). Çivril-Baklan Ovasının uydu görüntüsü Şekil 2.1'de gösterilmektedir.



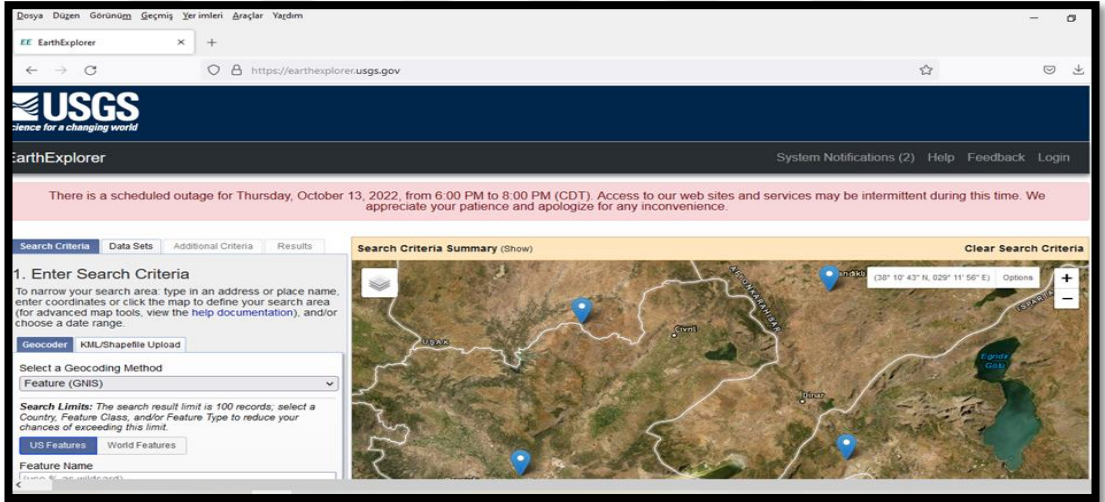
Şekil 2.1:Çivril-Baklan Ovasının uydu görüntüsü (Google Earth, 2023)

## 2.2 Giriş Verileri

SWAT modeli için dijital yükseklik modeli (DEM), toprak verisi, arazi kullanım verileri, iklim verileri (yağış, sıcaklık, bağıl nem, güneş radyasyonu) gerekmektedir.

## 2.3 Dijital Yükseklik Modeli (DEM)

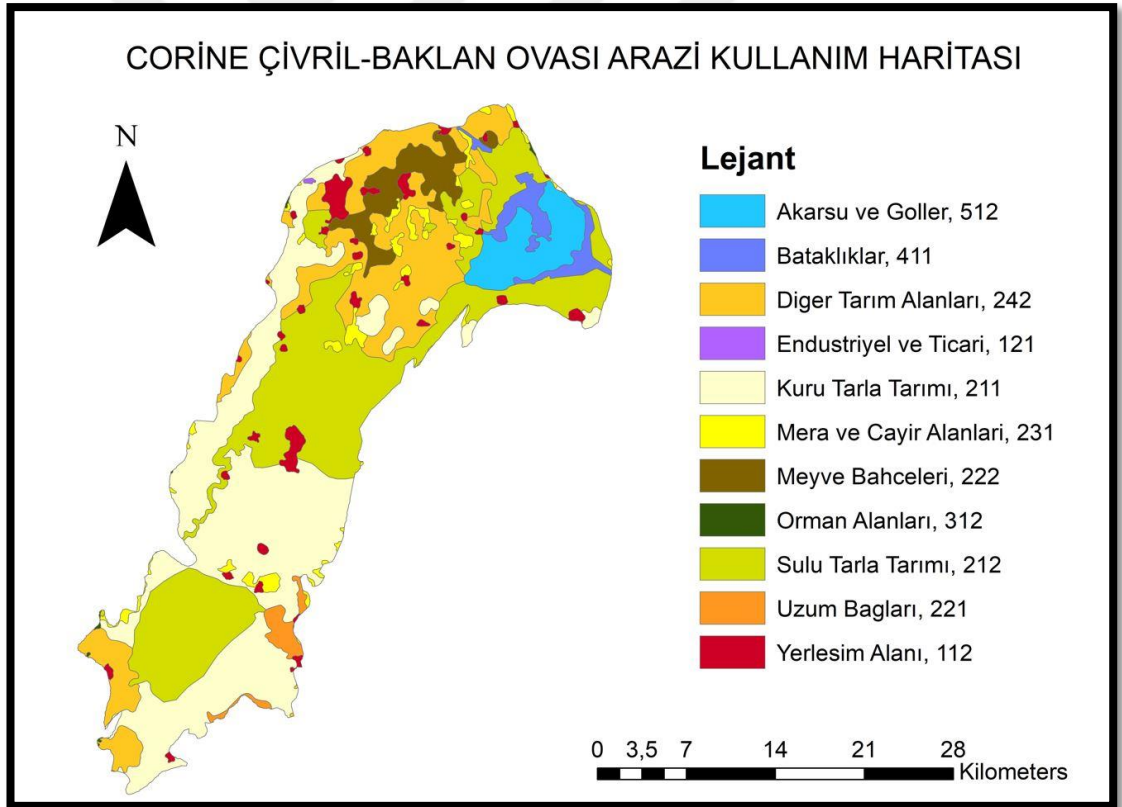
Dijital yükseklik modeli (DEM) araziye ait yükseklik verilerinin birleştirilmesiyle arazi yüzeyini 3 boyutlu olarak tanımlayan topografik dijital gösterimdir (CBS Akademi, 2023). Bu çalışma kapsamında DEM verileri 30 metre çözünürlükte Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS) tarafından geliştirilen Dünya Gezini (Earth Explorer) aracılığıyla indirilmiştir (Şekil 2.2). İndirilen haritalar ArcGIS programının “merge” komutuyla birleştirilip Evrensel Enlem Merkatörü (UTM) bandında koordinatlandırılmıştır.



Şekil 2.2: Dünya Gezini (Earth Explorer) ile uydu görüntülerinin elde edilmesi (Earth Explorer, 2022)

## 2.4 Arazi Kullanım Haritası

SWAT hidrolojik modellemesi için arazi kullanım haritasına gereksinim duyulmaktadır. Arazi kullanım haritası olarak Çevresel Bilginin Koordinasyonu (CORINE) kullanılmıştır. CORINE, Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen arazi kullanımını sınıflandırması kullanılarak ve uydu görüntülerinin bilgisayar ile yorumlanmasıyla üretilen arazi kullanım verisidir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015). Projenin amacı Avrupa Çevre Ajansına üye olan ülkelerde doğal kaynakların yönetiminin sağlanması ve arazideki çevresel dönüşümlerin belirlenmesi amacıyla bir veri tabanı oluşturulmasıdır. CORINE yardımıyla elde edilen Baklan-Çivril Ovası arazi kullanım haritası Şekil 2.3'te verilmiştir. Baklan-Çivril Ovası ArcGIS programında arazi kullanım haritası oluşturulurken Tablo 2.1'deki her birinin farklı kodu olan sınıflandırmalardan yararlanılmıştır.



Şekil 2.3: Çivril-Baklan Ovası arazi kullanım haritası

**Tablo 2.1:** CORİNE arazi kullanım haritasına göre kodlar (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

111. Sürekli Şehir Yapısı	<b>YERLEŞİM ALANLARI</b>	222. Meyve Bahçeleri	-	332.Çıplak Kayalıklar	-----
112. Kesikli Şehir Yapısı		223. Zeytin Bahçeleri	-	333. Seyrek Bitki Alanları	<b>MERA VE ÇAYIR ALANLARI</b>
121. Endüstriyel veya Ticari Alanlar	----	231. Meralar	<b>MERA VE ÇAYIR ALANLARI</b>	334. Yanmış Alanlar	<b>ORMAN ALANLARI</b>
122. Karayolu ve Demiryolu ile İlgili Alanlar	<b>ULAŞIM ALANLARI</b>	241. Sürekli Ürünler ile Birlikte Bulunan Senelik Ürünler	<b>DİĞER TARIM ALANLARI</b>	335. Buzullar ve Kahçı Kar	<b>ÇIPLAK KAYALIKLAR</b>
123. Limanlar		242. Karışık Tarım Alanları		411. Bataklıklar	<b>BATAKLIKLAR</b>
124. Hava Alanları		243. Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarımsal Araziler		412. Turbalıklar	
131. Maden Çıkarım Sahaları	<b>ENDÜSTRİYEL VE TİCARİ ALANLAR</b>	244. Orman Tarım Arazileri	<b>ORMAN ALANLARI</b>	421. Tuz Bataklığı	-
132. Boşaltım Sahaları		311. Geniş Yapraklı Ormanlar		422. Tuzlalar	
133. İnşaat Sahaları	<b>YERLEŞİM ALANLARI</b>	312. İğne Yapraklı Ormanlar	<b>ORMAN ALANLARI</b>	423. Gel-Git Olayı ile Oluşan Düzlükler	-
141. Yeşil Şehir Alanları		313. Karışık Ormanlar		511. Su Yolları	<b>AKARSU VE GÖLLER</b>
142. Spor ve Eğlence Alanları		321. Doğal Çayırliklar		512. Su Kütleleri	
211. Sulanmayan Ekilebilir Araziler	-	322. Fundalıklar	<b>MERA VE ÇAYIR</b>	521. Kıyı Lagünleri	-
212. Sürekli Sulanan Araziler	<b>SULU TARIMA UYGUN</b>	323. Sklerofil Bitki Örtüsü	<b>ORMAN ALANLARI</b>	522. Haliçler	-
213. Çeltik Tarlaları		324. Bitki Değişim Alanları		523. Deniz ve Okyanuslar	<b>DENİZ</b>
221. Üzüm Bağları	-	331. Sahil, Kumsal ve Kumluk	<b>KUMULLAR</b>	-	-

## 2.4.1 CORINE Arazi Sınıflandırılması

CORINE arazi örtüsü sınıfları yapay bölgeler, tarımsal alanlar, orman ve yarı doğal alanlar olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. CORINE arazi sınıflandırılması ile ilgili detaylı bilgiler ve arazi sınıfları Tarım ve Orman Bakanlığı, (2015) aracılığıyla elde edilmiştir.

### 2.4.1.1 Yapay Bölgeler

Yapay bölgeler; şehir yapısını, endüstri, ticaret ve ulaşım birimlerini, maden ocağı boşaltım ve inşaat sahalarını, yapay tarımsal olmayan yeşil alanları kapsamaktadır.

Şehir yapıları, ağırlıklı olarak idari/kamu halk tarafından kullanılan konutları ve binalar tarafından kullanılan alanları içermektedir. Şehir yapısının sürekli ve kesikli olmak üzere iki çeşidi vardır. Kesikli şehir yapısında sürekli şehir yapısından farklı olarak uydu görüntüsüne bakıldığında müstakil binalardan oluşmasına dikkat edilmektedir. Şekil 2.4'te şehir yapısına Türkiye'den bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 2.4: Türkiye'den bir şehir yapısı örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

Endüstri, ticaret ve ulaşım birimleri; genellikle imalatın endüstriyel faaliyetlerini, ticari ve finansal etkinlikleri, karayolu ve demiryolu ağları için ulaşım altyapılarını, havalimanlarını, nehir ve deniz limanları vb. kullanılan alanları kapsamaktadır. Şekil 2.5'te endüstri birimine Türkiye'den bir örnek gösterilmektedir.



**Şekil 2.5:** Türkiye’den endüstri birimi örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

Maden ocağı, boşaltım ve inşaat sahaları; özellikle maden çıkarma faaliyetlerini, inşaat alanlarını, atık boşaltım sahalarını vb. arazileri kapsamaktadır. Şekil 2.6’da maden ocağına Kıbrıs’tan bir örnek gösterilmektedir.



**Şekil 2.6:** Kıbrıs’tan bir maden ocağı örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

Yapay, tarımsal olmayan yeşil alanlar; sosyal faaliyet ve dinlenme amacıyla kullanılan parkları, spor ve eğlence tesislerini kapsamaktadır. Şekil 2.7’de tarımsal olmayan yeşil alana Danimarka’dan bir örnek gösterilmektedir.



**Şekil 2.7:** Danimarka’dan tarımsal olmayan yeşil alan örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

#### 2.4.1.2 Tarımsal Alanlar

Tarımsal alanlar; ekilebilir alanları, sürekli ürünleri, meralar, karışık tarımsal alanları kapsamaktadır.

Ekilebilir alanlar, hasat yapılan bölgeleri ve nadas arazileri kapsamaktadır. Sulanmayan ekilebilir alanlar, sürekli sulanan ekilebilir alanlar ve pirinç tarlaları olarak üçe ayrılmaktadır. Şekil 2.8’de ekilebilir alanlara Macaristan’dan bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 2.8: Macaristan’dan bir ekilebilir alan örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

Sürekli ürünler dönüşümlü olarak değil daimî olarak ekilen ürünlerdir. Üzüm bağları, meyve bahçeleri, zeytinlikler, kestane-ceviz bahçeleri, çilek, kafeste büyütülen meyve ağaçları vb. bu kapsama girmektedir. Şekil 2.9’da sürekli ürünlere Macaristan’dan örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.9: Macaristan’dan sürekli ürünlere örnek (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

Meralar minimum 5 yıl boyunca yem üretimi amaçlı kullanılan arazilerdir. Doğal ve ekili otsu bitkiler, gelişmemiş ve az gelişmiş çayırlar, mekanik hasat yapılmış çayırlar bu kapsama girmektedir. Şekil 2.10’da meralara Yunanistan’dan bir örnek gösterilmiştir.



**Şekil 2.10:** Yunanistan'dan bir mera örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

Karışık tarımsal alanlar; sürekli ürünlerle aynı bölgedeki senelik ürünleri, senelik olarak orman ağaçlarının altında yapılan ekimleri, ekinler ve meraların doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunduğu peyzaj alanlarını kapsamaktadır. Şekil 2.11'de karışık tarımsal alanlara İngiltere'den bir örnek gösterilmiştir.



**Şekil 2.11:** İngiltere'den bir karışık tarımsal alan örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı,2015)

### **2.4.1.3 Orman ve Yarı Doğal Alanlar**

Orman ve yarı doğal alanlar; ormanları, maki ve otsu bitkileri, bitki örtüsü ile kaplı olmayan veya az miktarda bitki örtüsü ile kaplı açık alanları kapsamaktadır.

Ormanlar; geniş yapraklı, iğne yapraklı ve karışık ormanlar ile kereste ve endüstri için kullanılan ağaçlık alanları kapsamaktadır. Şekil 2.12'de ormanlara Slovakya'dan bir örnek gösterilmiştir.



**Şekil 2.12:** Slovakya'dan bir orman örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

Maki ve otsu bitkiler; doğal çayırlikları, fundalıkları, sklerofil bitki örtüsünü, tundraları, ılıman iklimde yapraklarını döken iğne yapraklı ağaçları, bodur çalılar, tundraları, alpler tipi otlaklar ve nemli otlakları kapsamaktadır. Şekil 2.13'de makilere Romanya'dan bir örnek gösterilmiştir.



**Şekil 2.13:** Romanya'dan maki örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

Bitki örtüsü ile kaplı olmayan veya az miktarda bitki örtüsü ile kaplı açık alanlar; sahiller, kumsallar, kumluklar, çıplak kayalıklar, seyrek bitki alanları, yanmış alanlar, buzul ve kalıcı kar alanlarını kapsar. Şekil 2.14'te bitki örtüsü ile kaplı açık alanlara Romanya'dan bir örnek gösterilmiştir.



**Şekil 2.14:** Romanya'dan az miktarda bitki örtüsü ile kaplı açık alanlar örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

#### 2.4.1.4 Sulak Alanlar

Sulak alanlar yıl boyunca genellikle suya doygun, kış mevsiminde çoğunlukla su altında kalmış arazilerdir. Sazlıklar, turbalıklar vb. bu kapsama girer. Şekil 2.15’de karasal bataklıklara Letonya’ dan bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.15: Letonya’ dan bir karasal bataklık kesiti (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

Denize yakın ıslak alanlar; tuz bataklığı, tuzlalar, gelgit olayı ile oluşan düzlükleri kapsamaktadır. Şekil 2.16’da denize yakın ıslak alanlara İspanya’ dan bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.16: İspanya’ dan denize yakın ıslak alanlar kesiti (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

#### 2.4.1.5 Su Yapıları

Su yapıları iç sular ve deniz sularını kapsamaktadır.

İç sular; nehirleri, dere ile beslenen gölleri, göletleri, havuzları, su yollarını ve su kütlelerini kapsamaktadır. Şekil 2.17’de karasal/iç sulara Fransa’ dan bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.17: Fransa'dan karasal/iç su örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

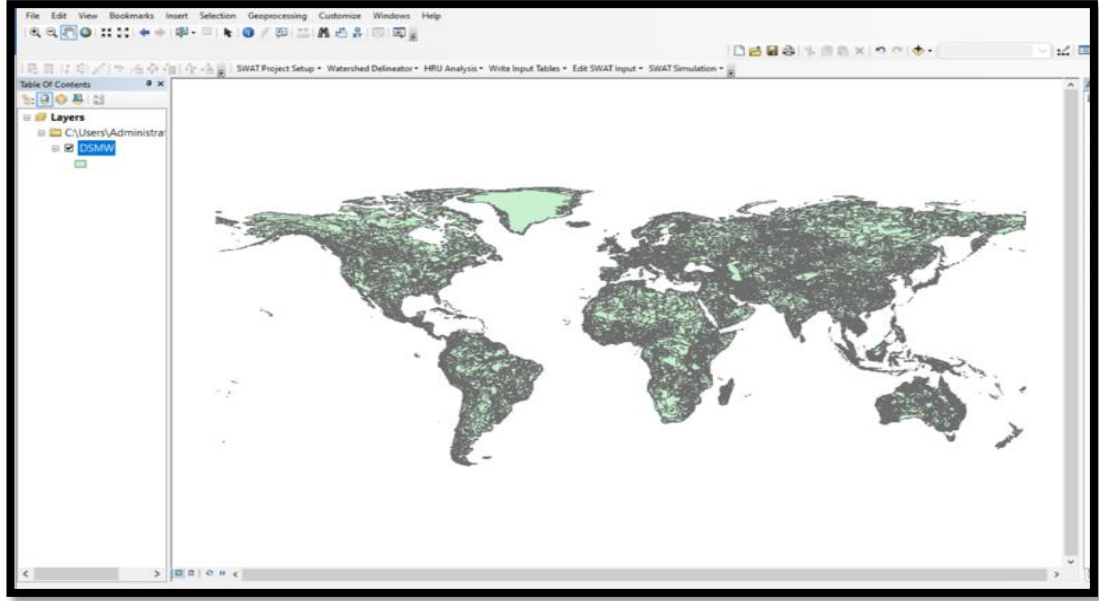
Deniz suları; okyanus ve kıt sahanlığı suları, koylar, körfezler, kıyı lagünleri, nehir ağızları, deltalar vb. bu kapsama girer. Şekil 2.17'de deniz suyuna Kıbrıs'tan bir örnek gösterilmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015).



Şekil 2.18: Kıbrıs'tan deniz suyu örneği (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2015)

## 2.5 Toprak Verisi

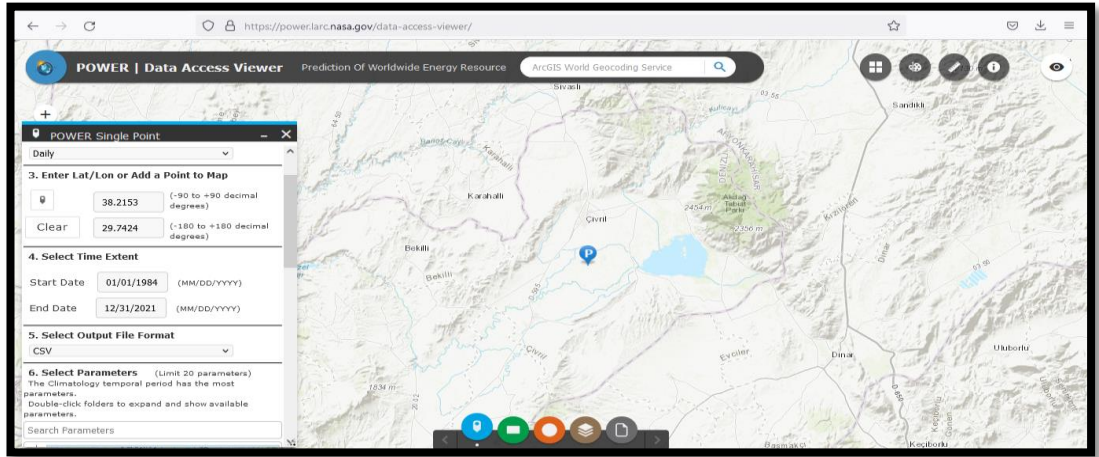
Toprak haritası Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından hazırlanan dünya toprak haritasından ArcGIS clip komutu kullanılarak Çivril-Baklan ovası sınırlarına göre uyarlanmıştır. Şekil 2.19'da Dünya Toprak Haritası sunulmaktadır.



Şekil 2.19: FAO dünya toprak haritası (FAO, 2023)

## 2.6 İklim Verilerinin Elde Edilmesi

İklim verileri NASA'dan elde edilmiştir. NASA Modern Çağ Retrospektif Analizi Sürüm 2 (MERRA-2) sistemini kullanarak veri sağlamaktadır (Şekil 2.20). SWAT hidrolojik modeli için iklimsel girdi verileri: Yağış (mm/gün), sıcaklık (celcius/gün), rüzgar hızı (m/s/gün), güneş radyasyonu (MJ/m<sup>2</sup>/gün) ve bağıl nem (%)'dir. İklim verilerinin indirilmesi için koordinat olarak 38.2153 enlemi ve 29.7424 boylamı alınmıştır. 1984-2021 tarihleri arasında günlük veriler elde edilip SWAT'a girdi olarak kullanılmıştır.



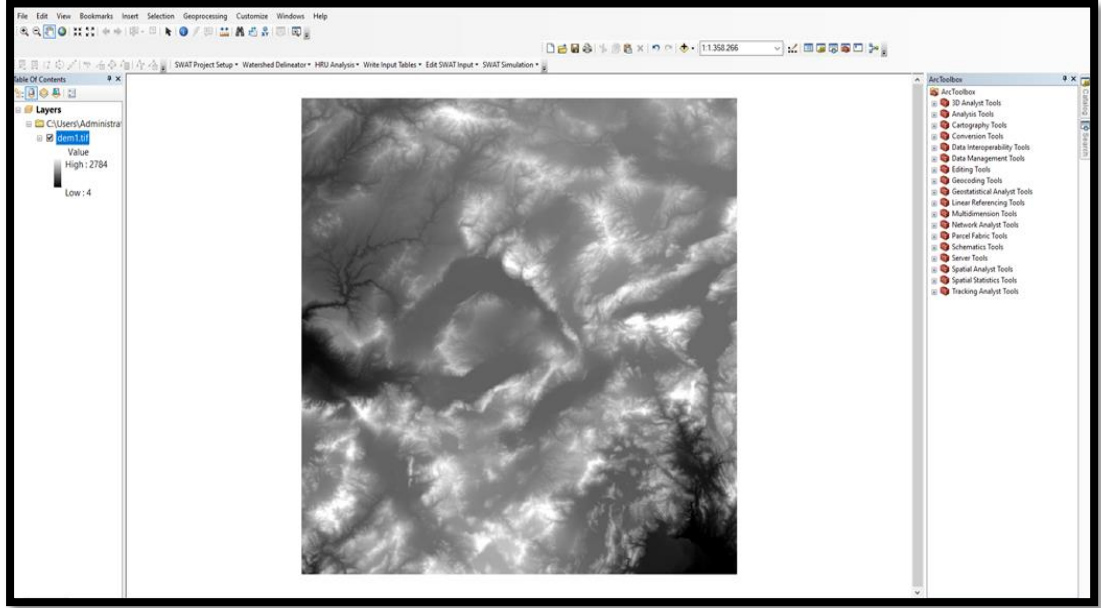
Şekil 2.20: NASA'dan iklim verilerinin indirilmesi (NASA, 2023)

## 3. ARCGIS VE ARCSWAT İLE HİDROLOJİK MODELLEME

### 3.1 Yazılım Gereksinimleri

#### 3.1.1 Dijital Yükseklik Modeli (DEM) Verisi Birleştirilmesi ve Koordinatlandırılması

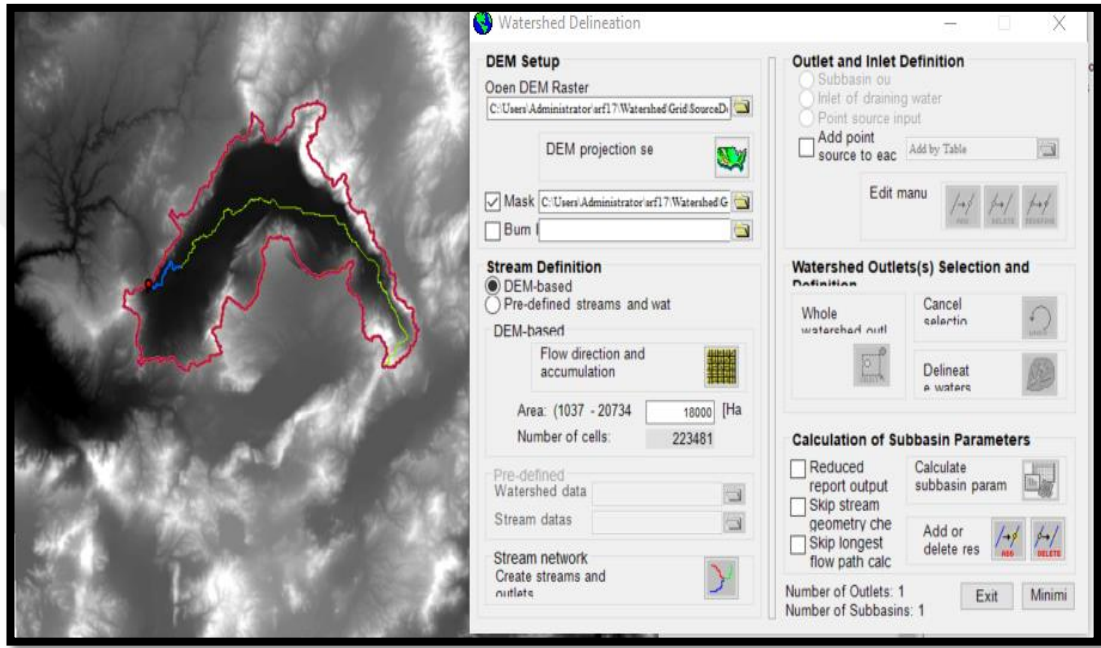
Dünya Gezini'nden indirilen parça raster veri setini birleştirmek amacıyla mosaic komutu kullanılmıştır. Birleştirilen raster veri setine Evrensel Enine Mercator Koordinat Sistemi (UTM), Dünya Jeodezik Sistem (WGS) 1984 Kuzey Yarımküre Bölge 35N koordinat ataması yapılmıştır. Birleştirilmiş DEM verisi Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1: Dem verisi birleştirilmesi

### 3.1.2 Çalışma Havzasının Oluşturulması

ArcSWAT Otomatik Havza Tanımlama eklentisi ile otomatik havza tanımlaması yapılmıştır. Öncelikle bu eklentiyle akışlar oluşturulmuştur. Akarsuyun döküldüğü kısma çıkış(outlet) tanımlanmıştır. Otomatik Havza Tanımlama eklentisi sayesinde ArcGIS programında havza sınırları otomatik olarak oluşturulmuştur. Şekil 3.2’de Çivril-Baklan Ovası Havzası sınırları gösterilmektedir.



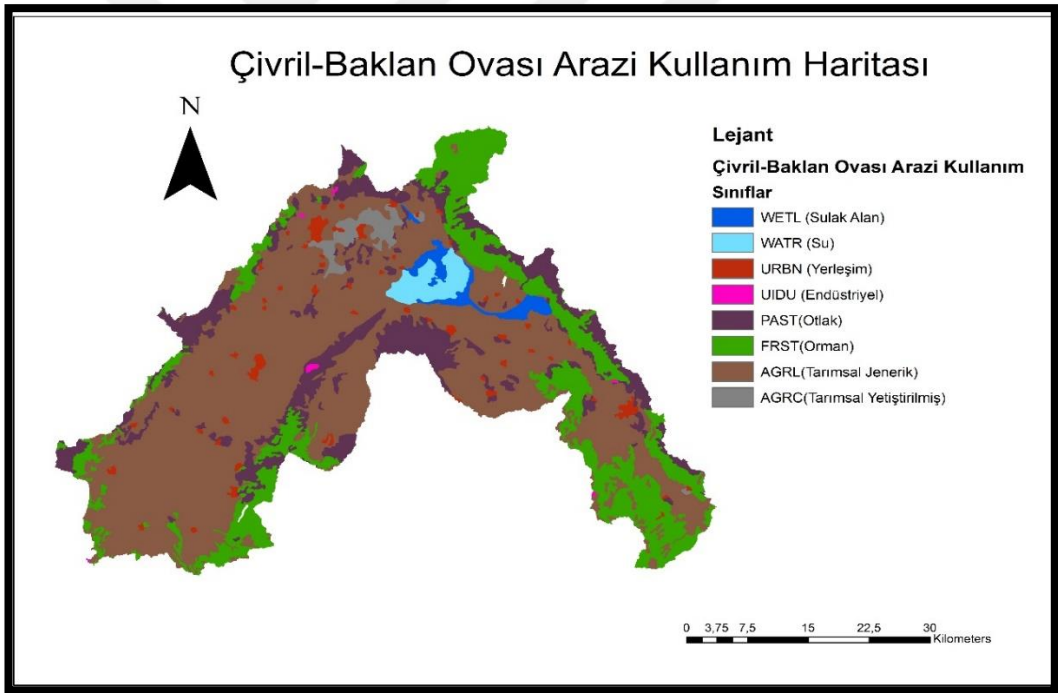
Şekil 3.2: Havza sınırlarının belirlenmesi

### 3.1.3 CORINE Arazi Kullanım Haritasının ArcSWAT’a Göre Düzenlenmesi

Avrupa Çevre Ajansı tarafından hazırlanan CORINE arazi kullanım haritası, Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırması (USGS) sınıflandırmasını kullanan SWAT’a göre yeniden düzenlenip entegre edilmiştir. Şekil 3.3’te ArcSWAT programının arazi kullanım haritası kodları, Şekil 3.4’te Çivril-Baklan Ovası arazi kullanım haritası, Tablo 3.1’de Çivril-Baklan Ovası arazi kullanım tipleri ve oransal dağılımları, Şekil 3.5’te Çivril-Baklan Ovası arazi kullanım oranlarının dairesel grafikte gösterimi sunulmaktadır.

OBJECTID	ICNUM	CPNM	IDC	CROPNAME	BIO_E	HVSTI	BLAI	FRGRW1	LAIMX1	FRGRW2	LAIMX2
1	1	AGRL	4	Agricultural Land-Generic	33.5	0.45	3	0.15	0.05	0.5	0.9
2	2	AGRR	4	Agricultural Land-Row Crops	39	0.5	3	0.15	0.05	0.5	0.9
3	3	AGRC	5	Agricultural Land-Close-grown	30	0.4	4	0.05	0.05	0.45	0.9
4	4	ORCD	7	Orchard	15	0.1	4	0.1	0.15	0.5	0.7
5	5	HAY	6	Hay	35	0.9	4	0.05	0.05	0.49	0.9
6	6	FRST	7	Forest-Mixed	15	0.76	5	0.05	0.05	0.4	0.9
7	7	FRSD	7	Forest-Deciduous	15	0.76	5	0.05	0.05	0.4	0.9
8	8	FRSE	7	Forest-Evergreen	15	0.76	5	0.15	0.7	0.25	0.9
9	9	WETL	6	Wetlands-Mixed	47	0.9	6	0.1	0.2	0.2	0.9
10	10	WETF	7	Wetlands-Forested	15	0.76	5	0.05	0.05	0.4	0.9
11	11	WETN	6	Wetlands-Non-Forested	47	0.9	6	0.1	0.2	0.2	0.9
12	12	PAST	6	Pasture	35	0.9	4	0.05	0.05	0.49	0.9
13	13	SPAS	6	Summer Pasture	35	0.9	4	0.05	0.05	0.49	0.9
14	14	WPAS	6	Winter Pasture	30	0.9	4	0.15	0.01	0.5	0.9
15	15	RNGE	6	Range-Grasses	34	0.9	2.5	0.05	0.1	0.25	0
16	16	RNGB	6	Range-Brush	34	0.9	2	0.05	0.1	0.25	0
17	17	SWRN	6	Southwestern US (Arid) Range	34	0.9	1.5	0.05	0.1	0.25	0
18	18	WATR	6	Water	0	0	0	0	0	0	0
19	19	CORN	4	Corn	39	0.5	6	0.15	0.05	0.5	0.9
20	20	CSIL	4	Corn Silage	39	0.9	4	0.15	0.05	0.5	0.9
21	21	SCRN	4	Sweet Corn	39	0.5	2.5	0.15	0.05	0.5	0.9
22	22	EGAM	6	Eastern Gamagrass	21	0.9	2.5	0.05	0.18	0.25	0
23	23	GRSG	4	Grain Sorghum	33.5	0.45	3	0.15	0.05	0.5	0.9
24	24	SGHY	4	Sorghum Hay	33.5	0.9	4	0.15	0.05	0.5	0.9
25	25	JHGR	6	Johnsongrass	35	0.9	2.5	0.15	0.05	0.57	0.9

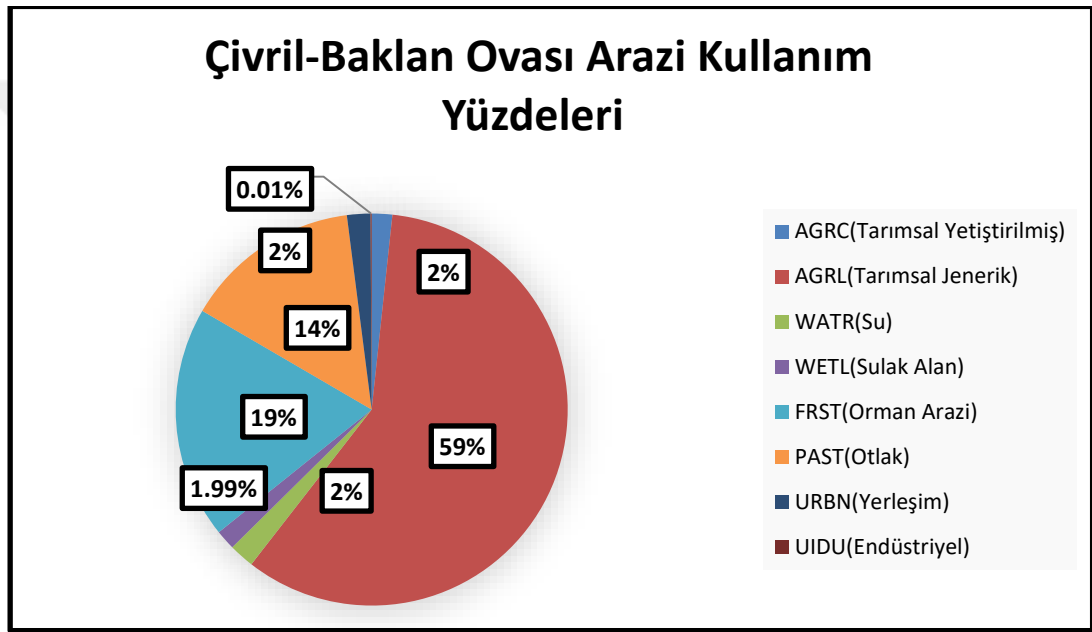
Şekil 3.3: ArcSWAT arazi kullanım kodları



Şekil 3.4: ArcSWAT arazi kullanım haritası

**Tablo 3.1:** Çivril-Baklan Ovası arazi kullanım tiplerinin dağılımı

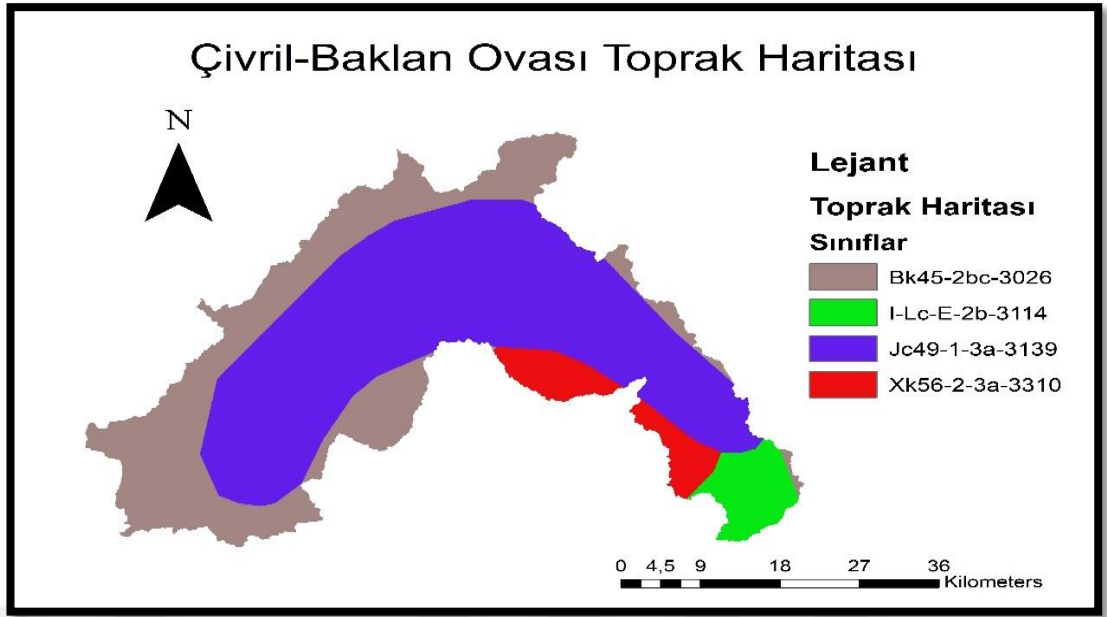
Arazi Kullanım Tipi	Alan (km <sup>2</sup> )	Yüzde
AGRC(Tarımsal Yetiştirilmiş)	35	%2
AGRL(Tarımsal Jenerik)	1219	%59
WATR(Su)	43	%2
WETL(Sulak Alan)	34	%1.99
FRST(Orman Arazi)	397	%19
PAST(Otlak)	302	%14
URBN(Yerleşim)	40	%2
UIDU(Endüstriyel)	2	%0.01
<b>TOPLAM</b>	<b>2072</b>	<b>%100</b>



**Şekil 3.5:** Baklan Ovası arazi kullanım yüzdeleri

### 3.1.4 Toprak Haritasının ArcSWAT'a göre Düzenlenmesi

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'dan elde edilen Dünya Toprak Haritası “clip” komutu ile çalışma sahasına göre düzenlenmiştir. ArcSWAT programı FAO toprak kodlarını kullanarak toprak tipini yeniden düzenlemeye ihtiyaç duymadan otomatik olarak tanımlayabilmektedir. Şekil 3.6'da Çivril-Baklan Ovası toprak haritası, Tablo 3.2'de toprak tiplerinin renklere göre dağılımı, Tablo 3.3'de Çivril-Baklan ovası toprak tiplerinin alansal olarak dağılımları, Şekil 3.7'de Çivril-Baklan ovası toprak tiplerinin alansal olarak dağılımlarının dairesel grafikte gösterimi sunulmuştur.



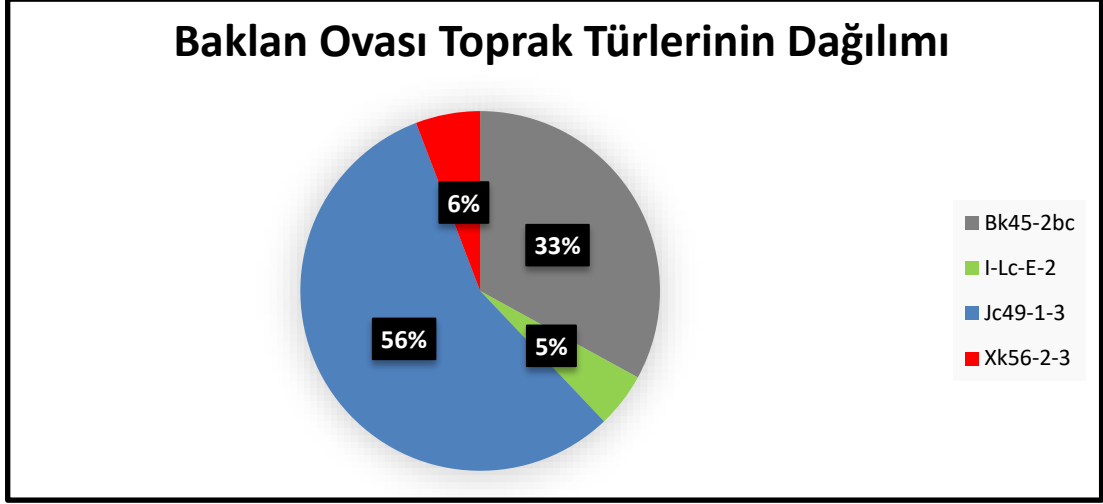
**Şekil 3.6:** Çivril-Baklan Ovası ArcSWAT toprak haritası

**Tablo 3.2:** Toprak tiplerinin renklere göre dağılımı

Renk	Toprak Kodu	Toprak Tipi
	Bk45-2bc-3026	Kalsik Kambisol
	I-Lc-E-2b-3114	Litosol, Kromik Luvisol
	Jc49-1-3a-3139	Kalkarik Fluvisol
	Xk56-2-3a-3310	Kalsik Xeresol

**Tablo 3.3:** Çivril-Baklan Ovası toprak tiplerinin alansal dağılımı

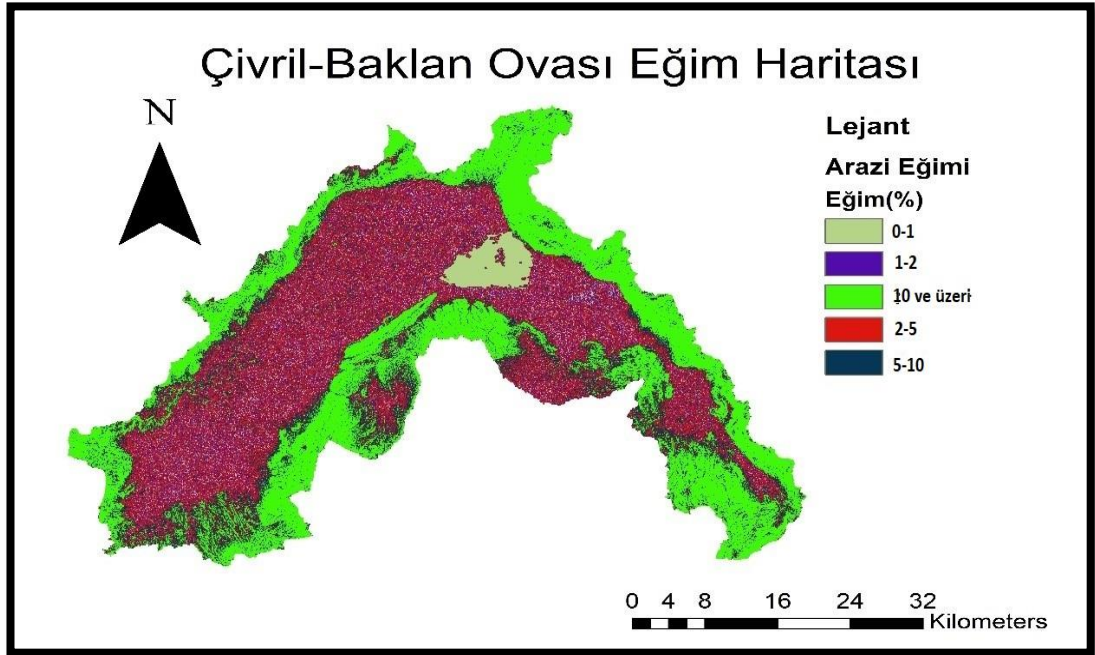
Toprak Tipi	Alan(km <sup>2</sup> )	Yüzde
Bk45-2bc	684	%33
I-Lc-E-2	102	%5
Jc49-1-3	1166	%56
Xk56-2-3	120	%6
<b>Toplam</b>	<b>2072</b>	<b>%100</b>



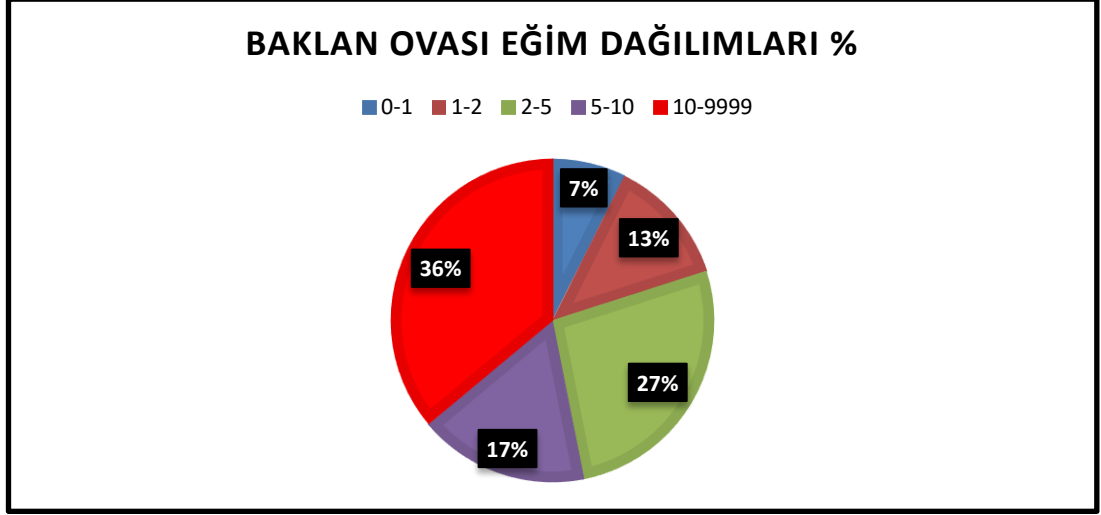
Şekil 3.7: Baklan Ovası toprak türlerinin dağılımı

### 3.1.5 ArcSWAT Yardımı ile Eğim Haritası Tanımlanması

ArcSWAT programı yardımıyla çoklu eğim tanımlaması yapılmıştır. Çalışma bölgesi eğim sınıflandırması bakımından %0-1, %1-2, %2-5, %5-10, %10 ve üzeri olmak üzere 5 sınıfa bölünmüştür. Çivril-Baklan Ovası eğim haritası Şekil 3.8’de, eğim dağılımları dairesel grafik olarak Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



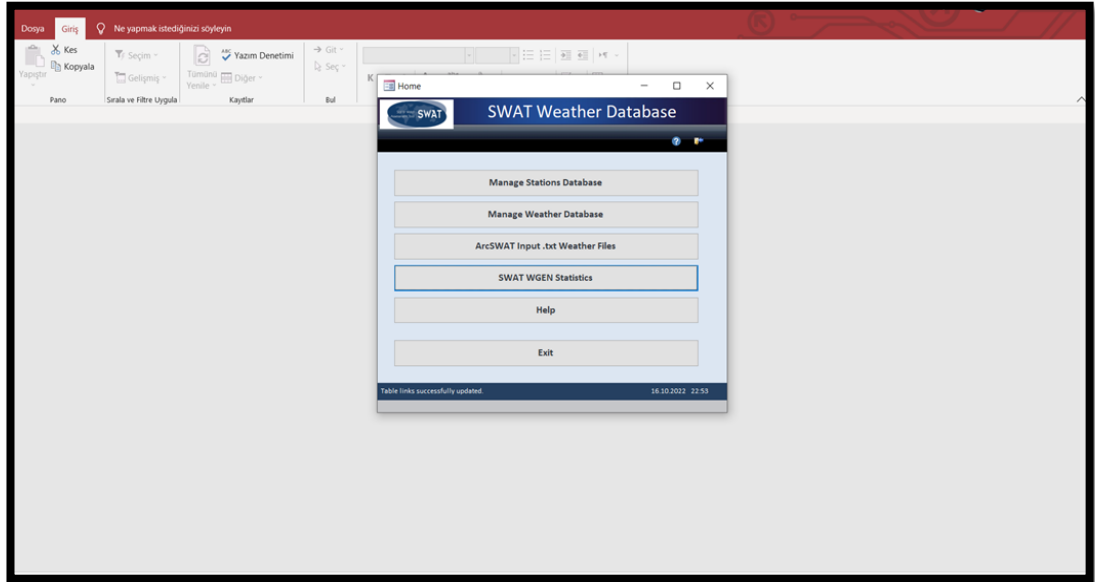
Şekil 3.8: ArcSWAT yardımıyla eğim haritasının tanımlanması



Şekil 3.9: Çivril-Baklan Ovası eğitim dağılımları

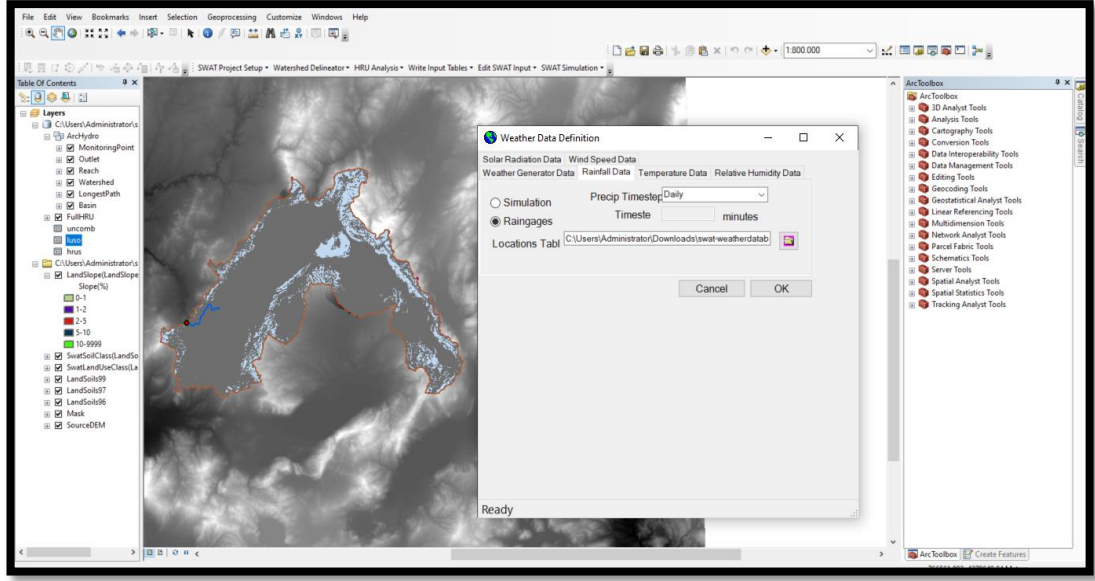
### 3.1.6 ArcSWAT'a Meteoroloji Verilerin Girilmesi

NASA'dan elde edilen iklim verilerinin ArcSWAT'ın okuyabileceği formata dönüştürmek için SWAT Hava Veritabanı (Weather Database) programından yararlanılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: SWAT Hava Veritabanı (Weather Database) programı

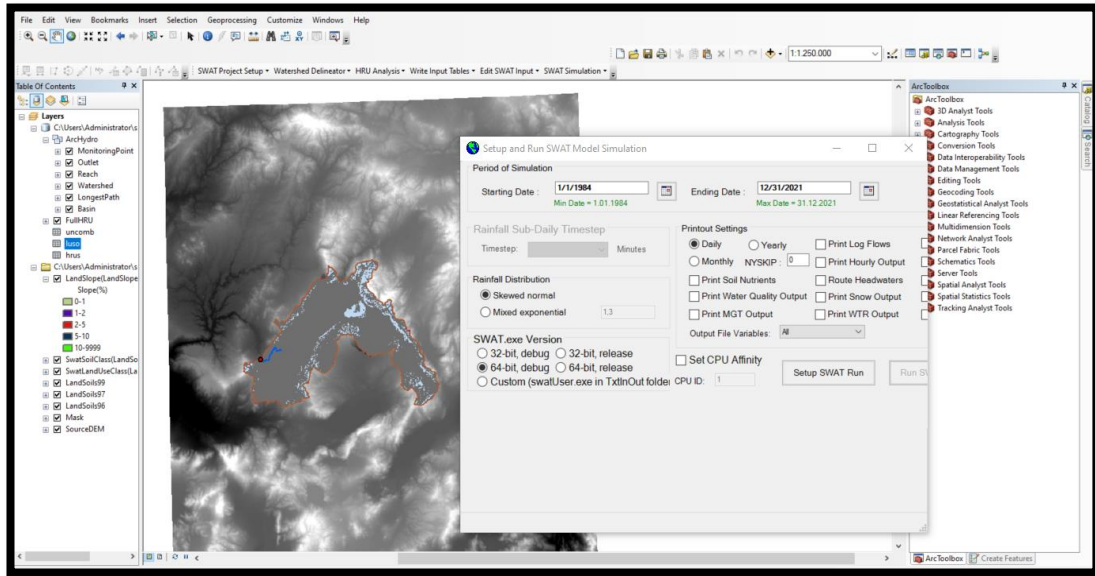
Verilerin, SWAT Hava Veritabanı (Weather Database) programı ile gerekli format dönüşümü yapıldıktan sonra iklim verileri ArcSWAT'a girilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: İklim verilerinin ArcSWAT programına girilmesi

### 3.1.7 Modelin Çalıştırılması

Tüm verilerin girişinin yapılmasının ardından 1/1/1984 ile 31/12/2021 tarihleri arasında günlük formatta program çalıştırılmıştır (Şekil 3.12).

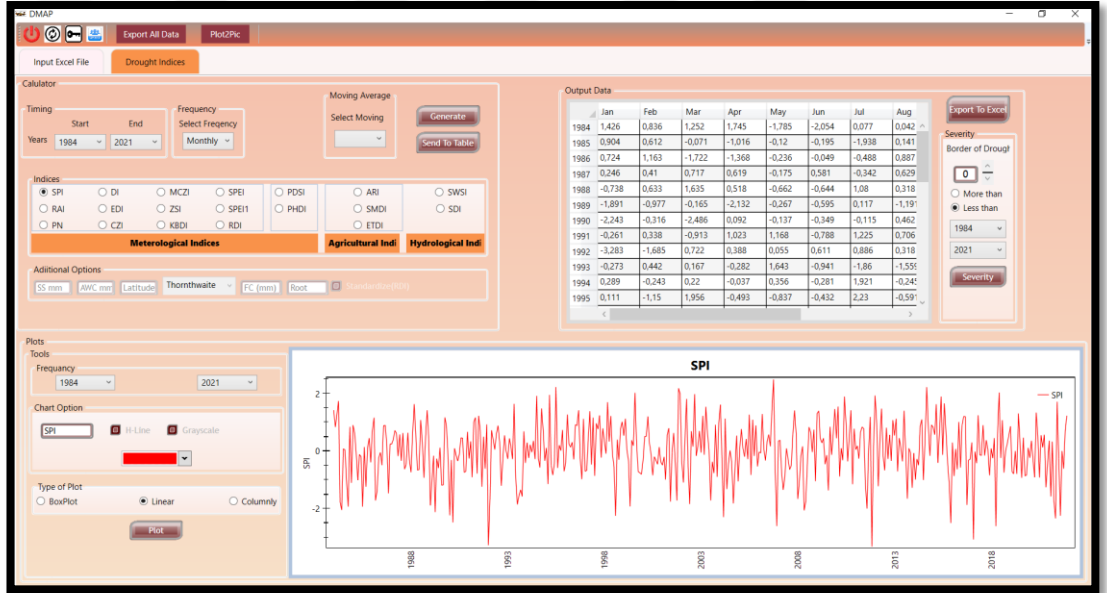


Şekil 3.12: SWAT modelinin çalıştırılması

### 3.1.8 Kuraklık İzleme ve Tahmin Yazılımı (DMAP) ile Kuraklık İndeksleri Hesaplama

Kuraklık İzleme ve Tahmin Yazılımı (DMAP) gelişmiş bir kuraklık analiz yazılımıdır. SWAT hidrolojik model sonuçları ve iklim verileri aracılığıyla DMAP yazılımı kullanılarak kuraklık indeksleri hesaplanmıştır (Şekil 3.13).

DMAP yazılımı kuraklık indekslerinin hesaplanabilmesi için yağış, potansiyel evapotranspirasyon, akarsu akışı, toprak nemi, ortalama sıcaklık girdilerine ihtiyaç duymaktadır. Bu girdilerden yağış ve ortalama sıcaklık NASA'dan elde edilen iklim verilerinden karşılanmıştır. Potansiyel evapotranspirasyon, akarsu akışı ve toprak nemi SWAT hidrolojik modeli sonuçlarından elde edilmiştir.



Şekil 3.13: DMAP programı ile kuraklık indekslerinin hesaplanması

## 3.2 Kuraklık İndeksleri

Çivril-Baklan Ovası kuraklık analizinde; meteorolojik kuraklık için yalnızca yağışın kullanıldığı SPI, RAI, PN indeksleri ve yağışın yanında potansiyel evapotranspirasyonu (PET) kullanan PDSI indeksi kullanılmıştır. Tarımsal kuraklık için yağış ile PET değerini kullanan ARI ve toprak nemini kullanan SMDI kuraklık indeksleri hesaplanmıştır. Hidrolojik kuraklık için akarsu akışını kullanan SWSI kuraklık indeksi hesaplanmıştır.

### 3.2.1 Meteorolojik Kuraklık İndeksleri

#### 3.2.1.1 Standart Yağış İndeksi (SPI)

SPI kuraklık indeksi Mckee ve diğerleri tarafından ortaya konmuştur. SPI hesabında veri setinin bir zaman sınırlaması yoktur fakat 30 yıl ve üzeri setlerde daha verimli sonuç vermektedir. SPI kuraklık indeksi sadece yağış girdisini kullanması bakımından dezavantajlıdır. Fakat çok çeşitli periyotlarda hesaplanabilmesi bakımından avantajlıdır. 3 ay ve daha kısa periyotlarda hesaplanan SPI değerleri temel kuraklığı izlemek için, 6 ay ve daha kısa periyotlarda hesaplanan SPI değerleri tarımsal etkilerin izlenmesi için, 12 ay ve daha uzun periyotlarda hesaplanan SPI değerleri hidrolojik etkileri izlemek için kullanılır (Svoboda ve Fuchs, 2016). SPI kuraklık indeksinin sınıflandırılması Tablo 3.4'te, hesaplanmasıyla ilgili formülasyon ise denklem (3.1)'de gösterilmektedir.

**Tablo 3.4:** SPI kuraklık indeksi kategorileri (Jang, 2018)

KATEGORİ	SPI
Son Derece Kurak	$SPI \leq -2$
Aşırı Kurak	$-1,99 \leq SPI \leq -1,5$
Orta Derece Kurak	$1,49 \leq SPI \leq -1$
Normal	$-0,99 \leq SPI \leq 0,99$
Orta Derece Nemli	$1 \leq SPI \leq 1,49$
Aşırı Nemli	$1,5 \leq SPI \leq 1,99$
Son Derece Nemli	$SPI \geq 2$

$$SPI_{i,j} = \frac{X_{i,j} - X_j^{ort}}{\sigma_j} \quad (3.1)$$

Denklem (3.1)'e göre;  $X_{i,j}$ : i yılının j ayındaki yağışı (mm),  $X_j^{ort}$ : j ayındaki ortalama yağışı (mm),  $\sigma_j$ : j ayındaki yağışın standart sapmasını göstermektedir. SPI değerleri 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48 ay vb. gibi hesaplanabilir (Bakanoğulları,2020).

### 3.2.1.2 Yağış Anormali İndeksi (RAI)

RAI kuraklık indeksi ile ilgili ilk çalışmalar 1960'ların başında Van Rooy tarafından başlatılmıştır. Zaman ölçeği açısından sınırlaması yoktur. Aylık, mevsimsel ve yıllık olarak hesaplanabilir (Svoboda ve Fuchs, 2016). RAI kuraklık indeksinin sınıflandırılması Tablo 3.5'te, hesaplanış formülü ise denklem (3.2) ve (3.3)'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.5:** RAI kuraklık indeksi kategorileri (Lima ve diğ. 2016)

KATEGORİ	RAI
Son Derece Kurak	$\leq -4$
Aşırı Kurak	$-4 < RAI \leq -2$
Kurak	$-2 < RAI \leq 0$
Nemli	$0 < RAI \leq 2$
Aşırı Nemli	$2 < RAI < 4$
Son Derece Nemli	$\geq 4$

$$RAI = 3 \left[ \frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \right] \text{ Pozitif anormallikler} \quad (3.2)$$

$$RAI = 3 \left[ \frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right] \text{ Negatif anormallikler} \quad (3.3)$$

Denklem (3.2) ve (3.3)'e göre;  $N$ : aylık/yıllık yağışı (mm),  $\bar{N}$ : tarihsel serinin ortalama aylık/yıllık yağışı (mm),  $\bar{M}$ : tarihsel serinin en yüksek on aylık mevsimsel yağış ortalamasını (mm),  $\bar{X}$ : tarihsel serinin en düşük on aylık mevsimsel yağış ortalamasını (mm) temsil etmektedir (Costa ve Rodrigues, 2017).

### 3.2.1.3 Normalin Yüzdesi İndeksi (PN)

PN kuraklık indeksi normal yağış yüzdesi olarak tanımlanmıştır. PN kuraklık indisi aylık, mevsimsel, yıllık veya su yılı olarak hesaplanabilir (Willeke ve diğ., 1994). PN kuraklık indeksinin sınıflandırılması Tablo 3.6’da, hesaplanmasıyla ilgili formülasyon ise denklem (3.4)’te gösterilmiştir.

$$PN = \frac{P_i}{\bar{P}} \times 100 \quad (3.4)$$

Denklem (3.4)’e göre  $P_i$ = her yıldaki toplam yağışı,  $\bar{P}$ = periyottaki ortalama yağışı temsil etmektedir (Jokar ve Masoudi, 2018).

**Tablo 3.6:** PN kuraklık indeksi şiddet kategorileri (Jokar ve Masoudi, 2018)

KATEGORİ	PN
Son Derece Kurak	$\leq 40$
Aşırı Kurak	$40 < PN \leq 55$
Orta Derece Kurak	$55 < PN \leq 70$
Az Kurak	$70 < PN \leq 80$
Normal	$80 < PN \leq 120$
Nemli	$PN \geq 120$

### 3.2.1.4 Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI)

Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI), 1960’lı yıllarda kuraklığı tanımlamaya yarayan ilk girişimlerden biri olma özelliği taşımaktadır. Toprak verilerinin ve toplam su dengesi yöntemlerinin kullanılması, sonuçların doğruluk payını arttırmaktadır (Svoboda and Fuchs, 2016).

PDSI kuraklık indeksi hesaplanması ile ilgili detaylı bilgiler ve formüller için Palmer (1968) ve Güner (1996)’dan yararlanılmıştır. Hesaplamalar yapılırken toprak katmanı dikey olarak ikiye ayrılmıştır. Kullanılabilir suyun 25 mm’sinin üst katmanda tutulduğu kabul edilmiştir. Potansiyel Evapotranspirasyon değerleri Thornthwaite 1948 metodu ile hesaplanmıştır. İlk olarak aylık sıcaklık indisi hesaplanmıştır. Aylık sıcaklık indisi formülü denklem (3.5)’te gösterilmiştir.

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514} \quad (3.5)$$

Denklem (3.5)'e göre;  $i$ : aylık sıcaklık indisini,  $t$ : ortalama aylık sıcaklığı (°C) temsil etmektedir. Her aya ait sıcaklık indisleri toplanarak yıllık sıcaklık indisi bulunur. Yıllık sıcaklık indisi formülü denklem (3.6)'da gösterilmiştir.

$$I = \sum_{k=1}^{12} i \quad k = 1, \dots, 12 \quad (3.6)$$

Denklem (3.6)'ya göre;  $I$ : yıllık sıcaklık indisini,  $i$ : aylık sıcaklık indisini temsil etmektedir. Potansiyel evapotranspirasyon denklem (3.7) formülünden hesaplanmaktadır.

$$PE = 16. \left(\frac{10 \cdot t}{I}\right)^a \quad (3.7)$$

Denklem (3.7)'ye göre;  $PE$ : potansiyel evapotranspirasyon (mm/ay),  $t$ : ortalama sıcaklık (°C),  $I$ : yıllık sıcaklık indisi,  $a$ : katsayı değişkeni olup ampirik olarak elde edilmektedir.

$$a = \left(\frac{6.75}{10^7}\right) \cdot I^3 - \left[\frac{7.71}{10^5}\right] \cdot I^2 + \left[\frac{1.79}{10^2}\right] \cdot I + 0.49239 \quad (3.8)$$

Düzeltilmiş evapotranspirasyon ( $PE_{düz}$ ) bulmak için her aya ait evapotranspirasyon ile enlem düzeltme katsayıları çarpılmaktadır (denklem 3.9). Enlem düzeltme katsayısı  $c$  ortalama güneşlenme sürelerine göre değişmektedir ve Thornthwaite tarafından hazırlanan tablodan alınmıştır.

$$PE_{düz} = PE \times c \quad (3.9)$$

Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksinin hesaplanmasında ilk önce uzun süreli aylık yağış ve sıcaklık verileri ile iklimsel su dengesi bulunmalıdır. Palmer toprağı iki tabakaya ayırmaktadır. Üst tabaka yüzeysel toprak olarak adlandırılır. Üst tabakadaki mevcut nemin 25 mm olduğu kabul edilmektedir. Bu tabakaya yağmur düşmekte ve buharlaşma olayları olmaktadır.  $L_s$ : üst tabakadaki buharlaşma kaybını temsil etmektedir.  $L_s$  potansiyel düzeyde oluştuğu varsayılmıştır. Yüzeysel tabakadaki nem sürekli olarak doymuş olursa veya tümüyle buharlaşırsa alt tabakada herhangi bir etki olmayacaktır. Su gereksiniminin karşılanması için sırayla önce, potansiyel evapotranspirasyon (PE) gerçekleşmesi, sonra toprağın doymuş hale gelmesi sonucunda yüzey akışı oluşmasıdır. Alt tabakadaki mevcut toprak kapasitesi etkili kök derinliğine ve incelenen bölgenin jeomorfolojik özelliklerine bağlıdır.  $L_u$ : alt tabadaki

kaybı temsil etmektedir.  $L_u$  hesaplanan “ $PE$ ” ve toprak sisteminin kullanılabilir su kapasitesi ( $AWC$ ) belirlediği, başlangıçtaki nem içeriğine bağlıdır. Üst toprak tabakasından nem kaybı ( $L_s$ ) ve alt toprak tabakasından nem kaybı ( $L_u$ ) denklem (3.10) ve (3.11)’de verilmiştir.

$PE > P$  ise topraktan evapotranspirasyon ile nem kaybı olur.

$$L_s = \min(S_s, (PE - P)) \quad (3.10)$$

Hangisi daha küçükse ve  $L_u < S_u$  ise

$$L_u = \frac{((PE-P)-L_s)*S_s}{AWC}, L_u < S_u \quad (3.11)$$

Denklem (3.10) ve (3.11)’e göre;  $L_s$  ya da  $PE - P$ : üst toprak tabakasından nem kaybı  $L_u$ : alt tabakadan nem kaybı,  $S_s$ : ay başında üst toprak tabakasındaki kullanılabilir su miktarını,  $S_u$ : ayın başında alt toprak tabakasındaki kullanılabilir su tutarını,  $PE$ : Aya ait potansiyel evapotranspirasyon,  $P$ : Aynı aya ait toplam yağış tutarı,  $AWC$ : Her iki tabakadaki toplam kullanılabilir su tutarını göstermektedir. Akışın, yalnız ve ancak her iki tabakanın birlikte nemlilik kapasitesine ( $AWC$ ) erişmesinden sonra oluşabileceği varsayılmıştır.

Su dengesi için 3 adet parametreye ihtiyaç vardır. Bu parametreler: Potansiyel yeniden dolun ( $PR$ ), potansiyel kayıp ( $PL$ ) ve potansiyel yüzey akışı ( $PRO$ )’dır.  $PR$ : toprağı su tutma kapasitesine getirmek için istenen su miktarıdır.  $PR$ , denklem (3.12) ile hesaplanmaktadır.

$$PR = AWC - (S_s + S_u) \quad (3.12)$$

$PL$ : Hiç yağış olmadığında topraktan evapotranspirasyon yöntemi ile kaybolan nem miktarını temsil etmektedir ve denklem (3.13), (3.14) ve (3.15)’te verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$PL = PL_s + PL_u \quad (3.13)$$

$$PL_s = \min(PE, S_s) \quad (3.14)$$

$$PL_u = \frac{(PE - PL_s) * S_u}{AWC}, PL_u < S_u \quad (3.15)$$

Potansiyel Akış (*PRO*): Potansiyel yağış ve potansiyel dolum arasındaki fark olarak tanımlanmakta ve denklem (3.16)'da verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$PRO = AWC - PR = S_s + S_u \quad (3.16)$$

İklimsel analiz için gerekli katsayıların hesabı için gerekli formüller Denklem (3.17), (3.18), (3.19) ve (3.20)'de sunulmuştur.

Evapotranspirasyon katsayısı için,  $\alpha$

$$\alpha_j = \frac{\overline{ET}_j}{\overline{PE}_j} \quad (3.17)$$

Denklem (3.17) incelendiğinde;  $\overline{ET}_j$ : j ayı için ortalama evapotranspirasyonu,  $\overline{PE}_j$ : j ayı için potansiyel evapotranspirasyonu temsil etmektedir.

Yeniden dolum katsayısı için,  $\beta$

$$\beta_j = \frac{\overline{R}_j}{\overline{PR}_j} \quad (3.18)$$

Denklem (3.18) incelendiğinde;  $\overline{R}_j$ : j ayı için ortalama toprak su dolumunu,  $\overline{PR}_j$ : j ayı için ortalama potansiyel toprak su dolumunu temsil etmektedir.

Yüzey akışı katsayısı için,  $c$

$$c_j = \frac{\overline{RO}_j}{\overline{PRO}_j} \quad (3.19)$$

Denklem (3.19) incelendiğinde  $\overline{RO}_j$ : j ayı için ortalama akışı,  $\overline{PRO}_j$ : j ayı için ortalama potansiyel akışı temsil etmektedir.

Kaybedilen nem katsayısı için,  $d$

$$d_j = \frac{\overline{L}_j}{\overline{PL}_j} \quad (3.20)$$

Denklem (3.20) incelendiğinde  $\bar{L}_j$ : j ayı için ortalama topraktan kaybolan su miktarını,  $\overline{PL}_j$ : j ayı için topraktaki su miktarının potansiyel kaybının ortalamasını temsil etmektedir.

Ortalamalar j ayı için ortalama değerleri kullanılarak hesaplanan katsayıları belirtir. Katsayılar 12 ay için ayrı ayrı hesaplanır. Türetilen katsayılar, ilgili aydaki normal hava için gerekli nem miktarını tanımlamaya yönelik olarak, zaman serilerini yeniden analiz etme amacıyla kullanılmışlardır. Mevcut koşullar için iklimsel uygunluk değeri (CAFEC) hesaplanmıştır ve j ayı için  $ET_j$  CAFEC değeri hesaplanışı denklem (3.21)'de sunulmuştur.

$$\widehat{ET}_j = a_j * PE_j \quad (3.21)$$

Denklem (3.21)'e göre;  $\widehat{ET}_j$ : j ayı için  $ET_j$  CAFEC değerini,  $PE_j$ : j ayı için potansiyel evapotranspirasyonu temsil etmektedir. Bunlara bağlı olarak  $\widehat{P}_j$  CAFEC yağışı hesaplanış değeri denklem (3.22)'de verilmiştir.

$$\widehat{P}_j = (a_j * PE) + (b_j * PR) + (c_j * PRO) - (d_j * PL) \quad (3.22)$$

CAFEC yağışı bölgede kurulu ekonomik etkinlikler için uygun bir düzeyde su kaynaklarını gözetmiş yağış niceliğidir. Her j ayı için gerçek yağış ve CAFEC yağışı arasındaki fark incelenen alan yada istasyonda bu ay için su eksikliği veya fazlalığının göstergesidir.  $D=P - \widehat{P}$  olarak ifade edilir. Bu çıkış değerleri ( $D$ ) nem olağandışılık anormali indislerine ( $Z$ ) dönüştürülmüştür.  $Z$  değeri hesaplanışı Denklem (3.23)'te verilmiştir.

$$Z=K_j * D \quad (3.23)$$

Denklem (3.23)'e göre  $K_j$ =Zaman ve uzayda uyumlu  $D$  çıkışlarının uzaysal değişkenliğini göz önünde tutarak hesaplanan j ayı için ağırlık faktörüdür. Kuraklığın atmosferdeki genişlemesinin hesabını etkilemektedir.  $K_j$  hesaplanış formülü Denklem (3.24)'te sunulmuştur.

$$K_j = \frac{17.67 * \widehat{K}_j}{\sum_{i=1}^{12} \bar{D}_i * \widehat{K}_i} \quad (3.24)$$

Denklem (3.24)'e göre  $D_i$ =i ayı için  $D$ 'nin mutlak değerinin ortalamasıdır.  $\widehat{K}_j$  hesaplanış formülü denklem (3.25)'te,  $T_j$  hesaplanış formülü denklem (3.26)'da verilmiştir.

$$\hat{K}_j = (1,5 * \log(T_j)) + (2,8 * \bar{D}_i^{-1}) + 0,5 \quad (3.25)$$

$$T_j = \frac{(\overline{PE}_j) + \bar{R}_j + \overline{RO}_j}{(\bar{P}_j + \bar{L}_j)} \quad (3.26)$$

Denklem (3.25) ve (3.26)'ya göre  $T_j$  parametresi, ay ve bölge için nem eksikliği ile nem fazlalığı oranının ölçümüdür. Ağırlık faktörünün amacı, farklı aylar için ve farklı alanlar boyunca karşılaştırılabilen  $D$ 'nin normal yağıştan eksikliği ve fazlalığı düzeltilir. Ağırlık faktörü  $K_j$  nemli bölgelerde küçük ve kurak bölgelerde büyük olmaya eğilimlidir.  $X_j$  hesaplanması denklem (3.27)'de verilmiştir.

$$X_j = (0,897 * X_{j-1}) + \left(\frac{Z_j}{3}\right) \quad (3.27)$$

Denklem (3.27)'ye göre  $Z_j$ : En kurak aralık için olağan dışı nem indisinin birikmiş değerini,  $X_j$  j inci ay için PDSI değerini simgeler. PDSI kuraklık indeksi şiddet kategorileri Tablo 3.7'de verilmiştir (Palmer, 1968 ; Güner, 1996)

**Tablo 3.7:** PDSI kuraklık şiddet kategorileri (Burholder, 2015)

<b>Kategori</b>	<b>PDSI</b>
Çok Şiddetli Kurak	$\leq -3$
Şiddetli Kuraklık	$-3 < \text{PDSI} \leq -2$
Anormal Derece Kuraklık	$-2 < \text{PDSI} \leq -1$
Hafif Derece Kuraklık	$-1 < \text{PDSI} \leq 1$
Nemli	$1 < \text{PDSI} \leq 2$
Anormal Nemli	$2 < \text{PDSI} \leq 3$
Çok Nemli	$> 3$

### 3.2.2 Tarımsal Kuraklık İndeksleri

#### 3.2.2.1 Tarımsal Yağış İndeksi (ARI)

Tarımsal Yağış İndeksi, mahsulün su ihtiyacının yüzdesi olarak belli bir olasılık seviyesindeki yağış miktarını temsil etmektedir (Yahaya ve diğ., 2013). ARI kuraklık indeksi şiddet kategorileri Tablo 3.8’de verilmiştir.

$$ARI = \frac{P}{PET} \quad (3.28)$$

Denklem 3.28’e göre;  $P$ : yağışı (mm) ve  $PET$ : potansiyele evapotranspirasyonu (mm) temsil etmektedir (Sayari, 2013).

**Tablo 3.8:** ARI kuraklık indeksi şiddet kategorileri (Sayari, 2013)

Kategori	ARI
Kurak	$\leq 40$
Kurak Değil	$> 40$

#### 3.2.2.2 Toprak Nem Eksikliği İndeksi (SMDI)

2004 yılında Narasimhan ve Srinivasan ABD’deki Teksas Tarımsal Deneş İstasyonunda yapılan araştırmalarda geliştirilmiştir. SWAT modeli ile elde veriler kök bölgesindeki toprak suyunu hesaplamak için kullanılmaktadır. Tam profil ve farklı derinlikleri hesaba katması onu çeşitli mahsul türlerinde uygulanabilir hale getirmiştir (Svoboda ve Fuchs, 2016). SMDI kuraklık indeksinin sınıflandırılması Tablo 3.9’da, hesaplanış formülü ise denklem (3.29), (3.30) ve (3.31)’de gösterilmiştir.

SMDI toprak profilinde mevcut su içeriğini dikkate alır. İlk olarak medyan, maksimum ve minimum değerler toprak nemi zaman serileri kullanılarak her ay için çıkarılmıştır. Ortalama değer yerine; aykırı değerlerden daha az etkilenen medyan kullanılmıştır çünkü aykırı değerlerden daha az etkilenir (Bayissa, 2018).

$$SD_{i,j} = \frac{SW_{i,j} - MSW_j}{MSW_j - minSW_j} \times 100, \text{ eğer } SW_{i,j} \leq MSW_j \quad (3.29)$$

$$SD_{i,j} = \frac{SW_{i,j} - MSW_j}{maxSW_j - minSW_j} \times 100, \text{ eğer } SW_{i,j} \geq MSW_j \quad (3.30)$$

$$SMDI_j = 0.5SMDI_{j-1} + \frac{SD_j}{100} \quad (3.31)$$

Denklem (3.29) ve (3.30)'a göre;  $SD_{i,j}$ : -100(çok kuru durum) ile +100 ( çok ıslak durum) arasında değişen toprak su açığı (%),  $SW_{i,j}$ : toprak profilinde bulunan aylık toprak suyunu (mm),  $MSW_j$ : toprak profilinde uzun vadeli medyan kullanılabilir toprak suyunu (mm),  $maxSW_j$ : toprak profilinde uzun vadeli maksimum kullanılabilir toprak suyunu (mm),  $minSW_j$ : toprak profilinde uzun vadeli minimum kullanılabilir toprak suyunu (mm) temsil etmektedir. Denklem (3.31) yardımıyla herhangi bir ay için SMDI değeri hesaplanabilmektedir. (Bayissa, 2018).

**Tablo 3.9:** SMDI kuraklık indeks şiddet kategorileri (Prodhan ve diğ., 2021)

Kategori	SMDI
Çok Şiddetli Kurak	$\leq -2$
Şiddetli Kuraklık	$-2 < SMDI \leq -1.5$
Orta Derece Kurak	$-1.5 < SMDI \leq -1$
Normale Yakın	$-1 < SMDI \leq 1$
Nemli	$SMDI > 1$

### 3.2.3 Hidrolojik Kuraklık İndeksleri

#### 3.2.3.1 Yüzey Suyu Temini İndeksi (SWSI)

SWSI Kuraklık indeksi ilk olarak 1980'lerin başında Colorado'da geliştirilmiştir. Orijinal formülasyon ve varyasyonlarla birlikte Montana ve Oregon'da da benimsenmiştir. Bu metot 1990'ların başında Colorado İklim Merkezi ile iş birliği içinde NRCS tarafından gözden geçirilmiştir. Garen (1993) tarafından formülasyon

revize edilmiştir. SWSI kuraklık indeksinin sınıflandırılması Tablo 3.10'da, hesaplanmış formülü ise denklem (3.32) ve (3.33)'de gösterilmiştir. (Garen, 2011)

$$SWSI = \frac{aP_{snow} + bP_{prec} + cP_{strm} + dP_{resv} - 50}{12} \quad (3.32)$$

Denklem (3.32)'ye göre aylık zaman serilerinin olasılık dağılımlarına göre bireysel bileşenlerden yeniden ölçeklendirilmiş ağırlık toplamı -4,2 ile +4,2 arasındadır.  $P$ : aşılma olasılığı (%) temsil etmektedir.  $P_{snow}$ : kar,  $P_{prec}$ : yağış,  $P_{strm}$ : akarsu akışı,  $P_{resv}$ : depolamalarının mevcut tarihsel kayıtlarına dayalıdır. Subjektif olarak belirlenen ve bu bileşenin yüzey suyu kaynağına yaklaşık katkısını temsil eden ağırlık katsayıları a, b, c, d bandı ile temsil edilmektedir (Garen 2011).

Kar paketi aralıktan mayısa kadar olan dönemde kullanılır. Haziran-kasım ayları için akış akışı ile değiştirilir. 50 ile çıkarma ağırlıklı aşılma olasılıklarının toplamını sıfır civarında ortalar. 12 ile bölme -4,2'den +4,2'ye kadar uzanan endeks için keyfi ölçek oluşturur ve onu Palmer Endeksine benzer aralıklara getirir (Doesken ve diğ., 1991).

$$SWSI = \frac{P_{fcst+resv} - 50}{12} \quad (3.33)$$

Denklem (3.33) incelendiğinde orijinal formül daha sonra bu şekilde revize edilmiştir,  $P_{fcst}$ : toplam beklenen akışı,  $P_{resv}$ : rezervuardaki akışı temsil etmektedir (Garen, 2011).

**Tablo 3.10:** SWSI kuraklık indeksi şiddet kategorileri (Garen, 2011)

Kategori	SWSI
Şiddetli Kurak	-4,2<SWSI<-3
Orta Kurak	-2,9<SWSI<-2
Hafif Kurak	-1,9<SWSI<-1
Normale Yakın	-0,9<SWSI<1
Az Nemli	1.1<SWSI<2
Orta Nemli	2.1<SWSI<3
Şiddetli Nemli	3.1<SWSI<4.2

## 4. BULGULAR

### 4.1 SWAT Hidrolojik Model Sonuçları

SWAT modeli 1984-2021 yılları arasında çalıştırılmıştır. SWAT modeli sonuç çıktıları günlük, aylık, yıllık olarak hesaplanmıştır. 2021 yılı ocak ayına ait günlük ve aylık sonuçlar Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de verilmiştir. Çivril-Baklan Ovasına ait toplam 117 adet Hidrolojik Sonuç Birimi (HRU) içinden ilk 10 adet HRU sonuçları Tablo 4.3 ve Tablo 4.4’de gösterilmiştir. Tablo 4.5’te Çivril-Baklan Ovasına ait 1984-2021 yılları arasındaki aylık ortalama değerler gösterilmiştir. Tablo 4.6’da Çivril-Baklan Ovasına ait su dengesi oranları verilmiştir. Çivril-Baklan Ovasına ait hidrolojik su döngüsü Şekil 4.1’de, gösterilmektedir.

**Tablo 4.1:** Çivril-Baklan Ovası 2021 ocak ayına ait günlük ve aylık SWAT modeli sonuçları

GÜN	PR (mm)	SURO (mm)	LATO (mm)	GWQ (mm)	PL (mm)	TİLO (mm)	SW (mm)	ET (mm)	PET (mm)
1	0.4	0	0.02	0	0	0	63.52	0.51	0.62
2	0	0	0.02	0	0	0	62.88	0.67	0.95
3	0	0	0.02	0	0	0	62.4	0.51	0.84
4	1	0	0.02	0	0	0	62.49	0.91	1.07
5	10	0.08	0.04	0	0	0	71.68	0.33	0.38
6	0	0	0.03	0	0	0	71.13	0.58	0.72
7	0	0	0.03	0	0	0	70.67	0.49	0.71
8	0.1	0	0.03	0	0	0	70.28	0.51	0.77
9	1.3	0	0.03	0	0	0	71.08	0.47	0.54
10	0.2	0	0.02	0	0	0	70.67	0.63	0.73
11	0.1	0	0.02	0	0	0	70.07	0.72	0.97
12	0.2	0	0.02	0	0	0	69.22	1.07	1.54
13	13.4	0.35	0.05	0	0	0	80.89	0.76	0.86
14	1	0	0.05	0	0	0	81.38	0.5	0.56
15	5.5	0.02	0.06	0	0	0	86.26	0.33	0.37
16	5.6	0.02	0.08	0	0	0	90.88	0.69	0.77
17	2	0	0.07	0	0	0	92.14	0.16	0.31
18	1	0	0.06	0	0	0	92.14	0.02	0.03
19	0	0	0.06	0	0	0	92.02	0.15	0.28
20	0	0	0.05	0	0	0	91.94	0.1	0.2
21	0	0	0.05	0	0	0	92.51	0.96	1.07
22	0	0	0.04	0	0	0	91.87	0.67	0.86
23	0.1	0	0.04	0	0	0	91.41	0.58	0.78
24	0.7	0	0.03	0	0	0	91.69	0.42	0.47
25	2	0	0.04	0	0	0	93.22	0.38	0.42
26	1.3	0	0.04	0	0.01	0	93.82	0.64	0.71
27	19.5	2.63	0.1	0	0.07	0	108.98	0.66	0.73
28	1.4	0	0.09	0	0.05	0	108.88	0.07	0.14
29	0.1	0	0.08	0	0.03	0	108.82	0.07	0.13
30	15.2	0.54	0.09	0	0.15	0	118.01	0.19	0.38
31	0.3	0.1	0.11	0	0.49	0	122.49	1.03	1.14
<b>AYLIK</b>	<b>82.4</b>	<b>3.74</b>	<b>1.47</b>	<b>0</b>	<b>0.81</b>	<b>0</b>	<b>122.49</b>	<b>15.77</b>	<b>20.06</b>

Tablo 4.1 incelendiğinde; PR: yağışı (mm), SURQ: akarsu akışına yüzey akışı katkısını (mm), LATQ: akarsu akışına yanal akış katkısını (mm), GWQ: akarsu akışına yeraltı suyu akışı katkısını (mm), PL: toprak profilinin altından su sızmasını (mm), TİLO: akışa drenaj karosu akış katkısını (mm), SW: toprak profilinde

depolanan su miktarını (mm), ET: gerçek evapotranspirasyonu (mm), PET: potansiyel evapotranspirasyonu (mm) temsil etmektedir.

**Tablo 4.2:** Çivril-Baklan Ovasının 2021 ocak ayına ait günlük ve aylık SWAT modeli sonuçları

GÜN	WY	SY	NO <sub>3</sub> SURQ	NO <sub>3</sub> LATQ	NO <sub>3</sub> PRC	NO <sub>3</sub> CR	N ORG	P SOL	P ORG
1	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.11	0	0	0	0	0	0.01	0	0
6	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0.36	0.03	0.01	0	0	0	0.05	0	0.01
14	0.09	0	0	0	0	0	0.01	0	0
15	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0
27	2.2	0.17	0.02	0	0	0	0.33	0	0.04
28	0.45	0	0	0	0	0	0.05	0	0.01
29	0.18	0	0	0	0	0	0.01	0	0
30	0.58	0.04	0.01	0	0.01	0	0.07	0	0.01
31	0.28	0	0	0	0.04	0	0.02	0	0
<b>AYLIK</b>	<b>5.18</b>	<b>0.24</b>	<b>0.04</b>	<b>0</b>	<b>0.06</b>	<b>0</b>	<b>0.56</b>	<b>0</b>	<b>0.07</b>

Tablo 4.2 incelendiğinde; WY: su verimini (mm), SY: sediment verimini (metrik ton/ha), NO<sub>3</sub> SURQ: yüzey akışında nitrat yüklemesini (kg N/ha), NO<sub>3</sub> LATQ: yanal akışta nitrat yüklemesini (kg N/ha), NO<sub>3</sub> PRC: toprak profilinin altından geçen nitrat süzülmesini (kg N/ha), NO<sub>3</sub> CR: havzadaki bitkilerin nitrat alımını (kg N/ha), N ORG: su havzasındaki akarsuya organik N yüklemesini (kg N/ha), P SOL: su havzasında akışa çözünür P yüklemesini (kg P/ha), P ORG: su havzasında akarsuya organik P yüklemesini (kg P/ha) temsil etmektedir.

Hidrolojik Sonuç Birimi (HRU) aynı hidrolojik davranışa sahip olan eğim, arazi kullanımı ve toprak özelliklerinin kombinasyonu ile oluşturulan en küçük mekânsal birimlerdir (Frankenberger ve diğ., 2019). SWAT hidrolojik modeli bulgularından Çivril-Baklan Ovasına ait toplam 117 adet HRU olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 4.3:** Çivril-Baklan Ovasına ait ilk 10 adet HRU sonuçları

HRU	SUB	SOL	AR	CN	AWC	USLE_LS	PR
1	1	Bk45-2bc	1.72E+00	81.88	120	0.26	525.6
2	1	Bk45-2bc	6.67E-01	81.88	120	0.12	525.6
3	1	Bk45-2bc	3.02E+00	81.88	120	1.18	525.6
4	1	Bk45-2bc	4.39E+00	81.88	120	0.54	525.6
5	1	Bk45-2bc	1.67E+00	81.88	120	2.41	525.6
6	1	I-Lc-E-2	3.58E-01	86.22	80	1.31	525.6
7	1	I-Lc-E-2	5.01E-01	86.22	80	3.73	525.6
8	1	I-Lc-E-2	1.60E-01	86.22	80	0.6	525.6
9	1	I-Lc-E-2	2.34E-02	86.22	80	0.24	525.6
10	1	I-Lc-E-2	5.60E-03	86.22	80	0.13	525.6

Tablo 4.3 incelendiğinde; HRU: hidrolojik sonuç birimini, SUB: alt havzayı, SOL: toprak tipini, AR: alanı (km<sup>2</sup>), CN: nem için SCS akış eğri numarasını, AWC: kullanılabilir su kapasitesini (mm), USLE\_LS: USLE denklemi uzunluk eğimi (LS) faktörünü, PR: yağışı (mm) temsil etmektedir.

**Tablo 4.4:** Çivril-Baklan Ovasına ait ilk 10 adet HRU sonuçları

HRU	SUB	GWQ	ET	SEDth	BIOM	SURQ
1	1	26.29	363.62	0.52	0.49	110.04
2	1	26.26	363.64	0.19	0.49	110.04
3	1	26.59	363.41	2.85	0.49	109.99
4	1	26.36	363.57	1.3	0.49	110.03
5	1	28.22	362.31	5.56	0.49	109.72
6	1	41.83	321.11	3.15	0.44	134.45
7	1	49.43	316.58	9.72	0.43	132.96
8	1	41.64	321.24	1.27	0.44	134.49
9	1	41.58	321.28	0.37	0.44	134.5
10	1	41.56	321.29	0.16	0.44	134.5

Tablo 4.4 incelendiğinde, HRU: hidrolojik sonuç birimini SUB: alt havzayı, GWQ: yıllık ortalama akarsu akışına yeraltı suyu katkısını (mm), ET: yıllık ortalama gerçek evapotranspirasyonu (mm), SEDth: yıllık ortalama sediment miktarını (metrik ton/ha), BIOM: yıllık ortalama biyokütleyi (metrik ton/ha), SURQ: yıllık ortalama yüzey akışını (mm) temsil etmektedir.

**Tablo 4.5:** Çivril-Baklan Ovasına ait 1984-2021 yılları arasındaki aylık ortalama değerler

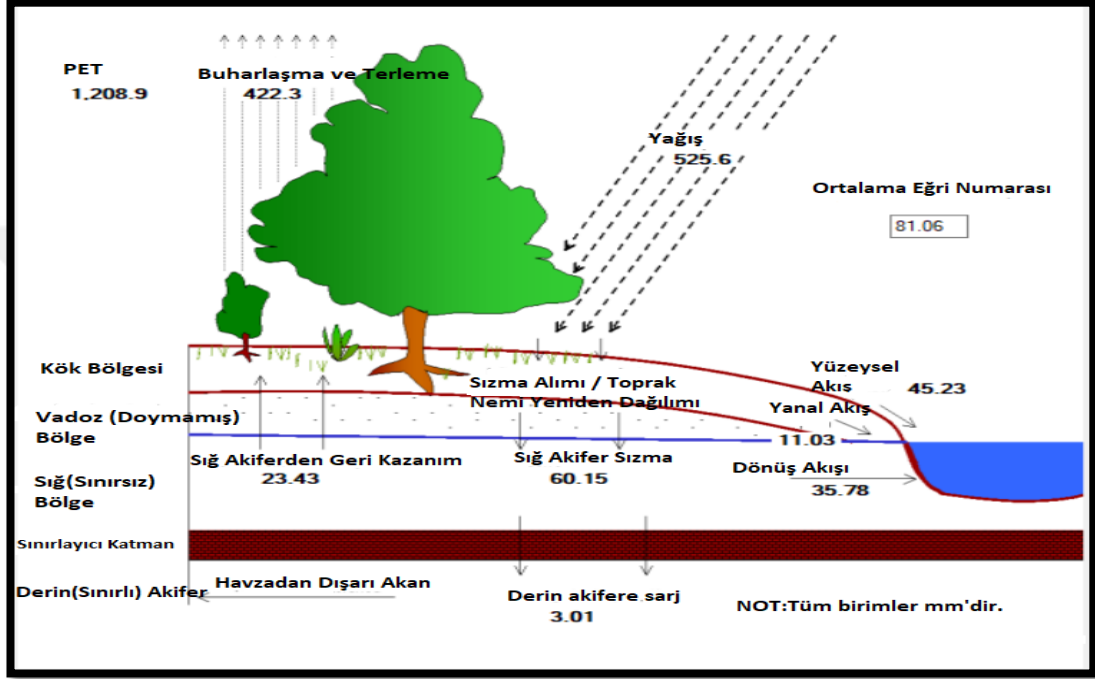
1984-2021 YILLARI ARASINDA ORTALAMA AYLIK HAVZA DEĞERLERİ								
AY	RN	SF	SURF Q	LAT Q	WY	ET	SY	PET
	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(T/HA)	(MM)
1	73.15	16.63	11.18	1.76	14.3	14.07	1.37	20.5
2	58.98	10.4	10.23	1.77	17	22.1	1.55	33.04
3	57.51	4.61	8.51	1.45	20.17	36.77	1.49	64.46
4	50.54	0.44	3.93	1.14	15.58	46.64	0.65	96.7
5	48.96	0	3.12	0.79	11.71	56.05	0.56	139.87
6	30.59	0	1.17	0.51	4.36	63.98	0.14	175.82
7	14.48	0	0.09	0.22	0.66	79.31	0	210.9
8	12.47	0	0.03	0.17	0.44	27.21	0	190.15
9	16.5	0	0.05	0.17	0.4	17.99	0	135.65
10	38.33	0	0.72	0.44	1.24	21.98	0.05	81.3
11	49.64	0.72	0.9	0.83	1.88	20.73	0.06	39.9
12	73.9	8.8	5.21	1.75	7.14	15.23	0.34	20.28

Tablo 4.5 incelendiğinde Çivril-Baklan Ovasında 1984-2021 yılları arasında; RN: aylık ortalama yağışı (mm), SF: aylık ortalama donan yağmuru (mm), SURFQ: aylık ortalama yüzey akışı (mm), LATQ: aylık ortalama yanıl akışı (mm), WY: aylık ortalama su verimini (mm), ET: aylık ortalama gerçek evapotranspirasyonu (mm), SY: aylık ortalama tortu verimini (metrik ton/ha), PET: aylık ortalama potansiyel evapotranspirasyonu (mm) temsil etmektedir.

SWAT modeli sonuçlarından; Çivril-Baklan Ovasında yıllık su stresi çekilen gün sayısı yılda ortalama 83 gün, sıcaklık stresi çekilen gün sayısı ise yılda ortalama 91 gün olduğu tespit edilmiştir. Ovada ortalama yıllık yağış: 525.6 mm, yıllık ortalama kar yağışı: 41.70 mm, yıllık ortalama kar erimesi: 41.63 mm, yıllık ortalama süblimasyon: 0.07 mm, yıllık ortalama yüzey akışı: 45.23 mm, yıllık ortalama yanıl akış: 11.03 mm, yıllık ortalama yeraltı sığ akışı: 35.78 mm, yıllık ortalama yeraltı derin akış: 3.00 mm, yıllık ortalama derin su akışı: 35.78 mm, yıllık ortalama su akışı 60.15 mm, yıllık ortalama su verimi: 95.04 mm, yıllık ortalama sızma: 60.42 mm, yıllık ortalama evapotranspirasyon: 422.3 mm, yıllık ortalama potansiyel evapotranspirasyon: 1208.9 mm, yıllık ortalama toplam sedimentasyon yüklemesi: 6.22 T/HA olarak saptanmıştır.

**Tablo 4.6:** Çivril-Baklan Ovasına ait su dengesi oranları

Akış/Yağış	0.18
Taban akışı/Toplam akış	0.51
Yüzeysel akışı/Toplam akış	0.49
Süzülme/Toplam akış	0.11
Derin sarj/Yağış	0.01
Evapotranspirasyon/Yağış	0.8



**Şekil 4.1:** Çivril-Baklan Ovasına ait hidrolojik su döngüsü

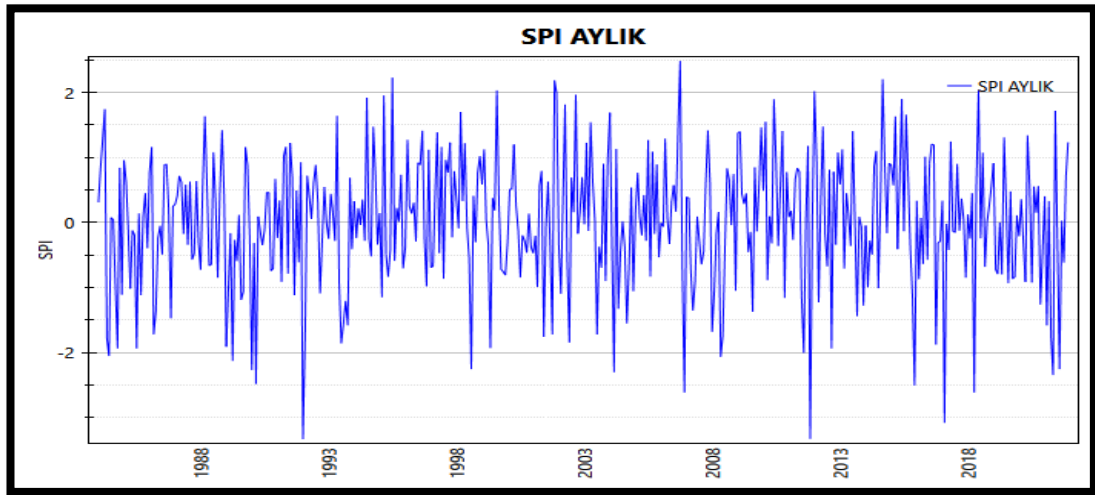
Şekil 4.1 incelendiğinde Çivril-Baklan Ovasında yıllık ortalama yağışın 525.6 mm, yıllık ortalama buharlaşma ve terlemenin 422.3 mm, yıllık ortalama potansiyel evapotranspirasyonun 1208.9 mm, yıllık ortalama yüzeysel akışın 45.23 mm, yıllık ortalama yanal akışın 11.03 mm, yıllık ortalama dönüş akışının 35.78 mm, yıllık ortalama akifere sızma miktarının 60.15 mm, yıllık ortalama sığ akiferden geri kazanım miktarının 23.43 mm, derin akifere sarj miktarının 3.01 mm olduğu tespit edilmiştir.

## 4.2 Meteorolojik Kuraklık Analizi

### 4.2.1 SPI Kuraklık Analizi

Kuraklık analizi 1984-2021 yılları arasında SPI yöntemiyle yapılmıştır. SPI aylık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.2’de, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.7’de, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.3’de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.8’de sunulmaktadır. Tablo 4.8’e göre SPI aylık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen gün sayısı toplamda 2003 gündür. Tablo 4.8’e göre en şiddetli kuraklığın 15 numaralı 01/01/1992 tarihinde başlayan ve 2 ay süren kuraklık periyodu olduğu saptanmıştır. 39 numaralı 1/11/2011 tarihinde başlayan 1 ay periyotlu, 17 numaralı 1/07/1993 tarihinde başlayan 4 ay periyotlu, 52 numaralı 1/04/2021 tarihinde başlayan 2 ay periyotlu, 48 numaralı 1/02/2017 tarihinde başlayan 1 ay periyotlu kuraklıkların şiddetlerinin 15 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu gözlenmiştir.

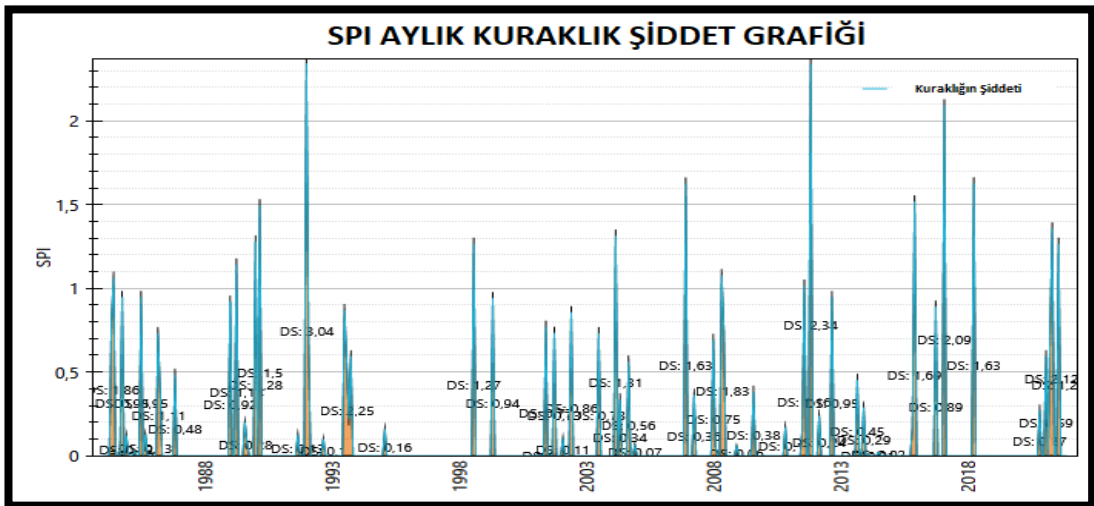
Tablo 4.8’e göre son 5 yıla baktığımızda; 2019 yılı hariç her yılda en az 1 adet kurak ay görülmüştür. 52 numaralı 1/04/2021 tarihinde başlayan 2 ay devam eden kuraklığın şiddetinin maksimum olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.2: 1984-2021 yılları arasında SPI aylık sonuçları grafiği

**Tablo 4.7:** 1984-2021 yılları arasında SPI aylık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ORK: Orta Derece Kurak, NOR: Normal, ON: Orta Derece Nemli, ANM: Aşırın Nemli, SDN: Son Derece Nemli)

Yıl	Oc.	Sub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Evl.	Ek.	Kas.	Ar.
1984	NOR	NOR	ON	ANM	AKR	SDK	NOR	NOR	ORK	AKR	NOR	ORK
1985	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	AKR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR
1986	NOR	ON	AKR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR
1987	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1988	NOR	NOR	ANM	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	ON	NOR
1989	AKR	NOR	NOR	SDK	NOR	NOR	NOR	ORK	ORK	ON	NOR	NOR
1990	SDK	NOR	SDK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1991	NOR	NOR	NOR	ON	ON	NOR	ON	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR
1992	SDK	AKR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR
1993	NOR	NOR	NOR	NOR	ANM	NOR	AKR	AKR	ORK	AKR	NOR	NOR
1994	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	ANM	NOR	NOR	ON	NOR	NOR
1995	NOR	ORK	ANM	NOR	NOR	NOR	SDN	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1996	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	ON
1997	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR
1998	NOR	NOR	ANM	NOR	ON	NOR	NOR	SDK	NOR	NOR	NOR	ON
1999	NOR	ON	NOR	NOR	AKR	NOR	NOR	SDN	NOR	NOR	NOR	NOR
2000	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2001	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	AKR	NOR	NOR	NOR	AKR	SDN	ANM
2002	NOR	ORK	NOR	ANM	NOR	AKR	NOR	NOR	ANM	NOR	NOR	NOR
2003	NOR	ON	NOR	ANM	NOR	NOR	AKR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2004	ANM	NOR	SDK	ON	ORK	NOR	NOR	NOR	AKR	NOR	NOR	ORK
2005	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	ON	NOR	NOR	NOR
2006	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	SDN	NOR	SDK
2007	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR
2008	AKR	ORK	NOR	NOR	SDK	AKR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK
2009	ON	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	ON
2010	NOR	ANM	NOR	NOR	NOR	ANM	NOR	NOR	NOR	ON	ORK	NOR
2011	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	SDK	NOR	ON	SDK	NOR
2012	SDN	NOR	ORK	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	AKR	NOR	NOR	ON
2013	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	ORK	NOR	NOR	ORK
2014	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	ON	ORK	NOR	SDN	NOR	NOR	NOR
2015	NOR	NOR	ANM	NOR	NOR	ANM	NOR	ANM	NOR	NOR	ORK	SDK
2016	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	ON	ON	AKR	NOR	NOR
2017	NOR	SDK	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2018	NOR	NOR	NOR	SDK	NOR	SDN	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR
2019	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2020	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR
2021	NOR	AKR	NOR	AKR	SDK	ANM	NOR	SDK	NOR	NOR	NOR	ON



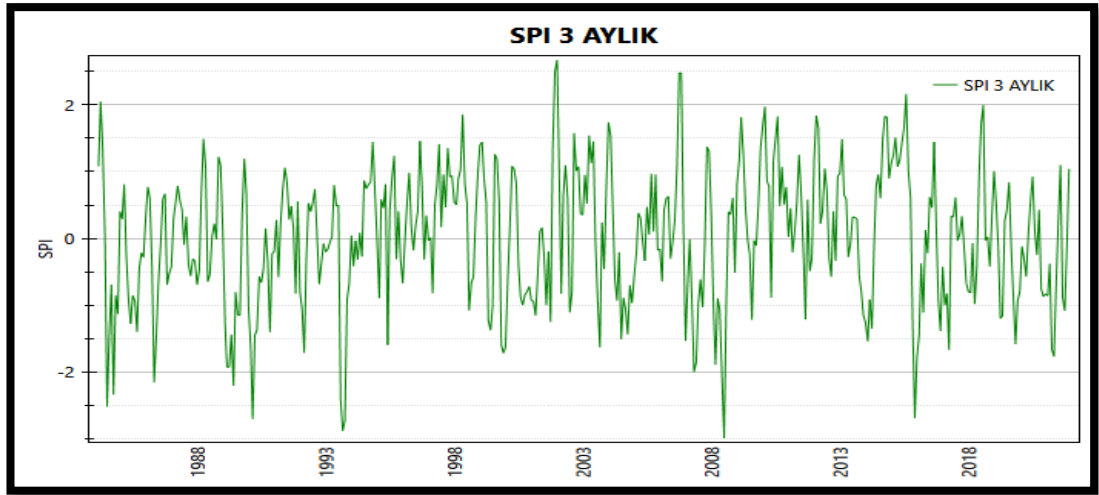
**Şekil 4.3:** 1984-2021 yılları arasında SPI aylık kuraklık şiddet grafiği

**Tablo 4.8:** 1984-2021 yılları arasında SPI aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri

SPI AYLIK											
No	Başlangıç Tarihi	Süre(Gün)	Şiddet	Numara	Başlangıç Tarihi	No	Başlangıç Tarihi	Süre(Gün)	Başlangıç Tarihi	No	Şiddet
1	1.05.1984	61	1.859	19	1.08.1998	31	1.266	37	1.11.2010	30	0.171
2	1.09.1984	61	0.95	20	1.05.1999	31	0.941	38	1.07.2011	62	1.162
3	1.12.1984	31	0.121	21	1.03.2001	31	0.004	39	1.11.2011	30	2.341
4	1.04.1985	30	0.026	22	1.06.2001	30	0.77	40	1.03.2012	31	0.239
5	1.07.1985	31	0.948	23	1.10.2001	31	0.734	41	1.09.2012	30	0.948
6	1.09.1985	30	0.128	24	1.02.2002	28	0.107	42	1.09.2013	30	0.453
7	1.03.1986	61	1.111	25	1.06.2002	30	0.857	43	1.12.2013	31	0.29
8	1.11.1986	30	0.484	26	1.07.2003	31	0.733	44	1.02.2014	28	0.006
9	1.01.1989	31	0.92	27	1.03.2004	31	1.315	45	1.07.2014	31	0.021
10	1.04.1989	30	1.142	28	1.05.2004	31	0.338	46	1.11.2015	61	1.689
11	1.08.1989	61	0.276	29	1.09.2004	30	0.563	47	1.10.2016	31	0.89
12	1.01.1990	31	1.28	30	1.12.2004	31	0.068	48	1.02.2017	28	2.094
13	1.03.1990	31	1.496	31	1.12.2006	31	1.626	49	1.04.2018	30	1.627
14	1.09.1991	30	0.128	32	1.04.2007	30	0.364	50	1.11.2020	30	0.272
15	1.01.1992	60	3.039	33	1.01.2008	60	0.748	51	1.02.2021	28	0.594
16	1.09.1992	30	0.101	34	1.05.2008	61	1.829	52	1.04.2021	61	2.12
17	1.07.1993	123	2.25	35	1.12.2008	31	0.06	53	1.08.2021	31	1.266
18	1.02.1995	28	0.16	36	1.08.2009	31	0.382				

SPI 3 aylık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.4'de, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.9'da, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.5'de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.10'da sunulmaktadır. Tablo 4.10'a göre SPI 3 aylık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen gün sayısı toplamda 2188 gündür. Tablo 4.10'a göre en şiddetli kuraklık periyodunun 1/08/1993 tarihinde başlayan 12 numaralı 3 aylık periyotlu kuraklık olduğu saptanmıştır. 7 numaralı 1/02/1989 yılında başlayan 5 ay periyotlu, 34 numaralı 1/11/2015 yılında başlayan 4 ay periyotlu, 9 numaralı 1/01/1990 yılında başlayan 5 ay periyotlu, 29 numaralı 1/05/2008 yılında başlayan 3 ay periyotlu kuraklıkların şiddetlerinin 12 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu saptanmıştır.

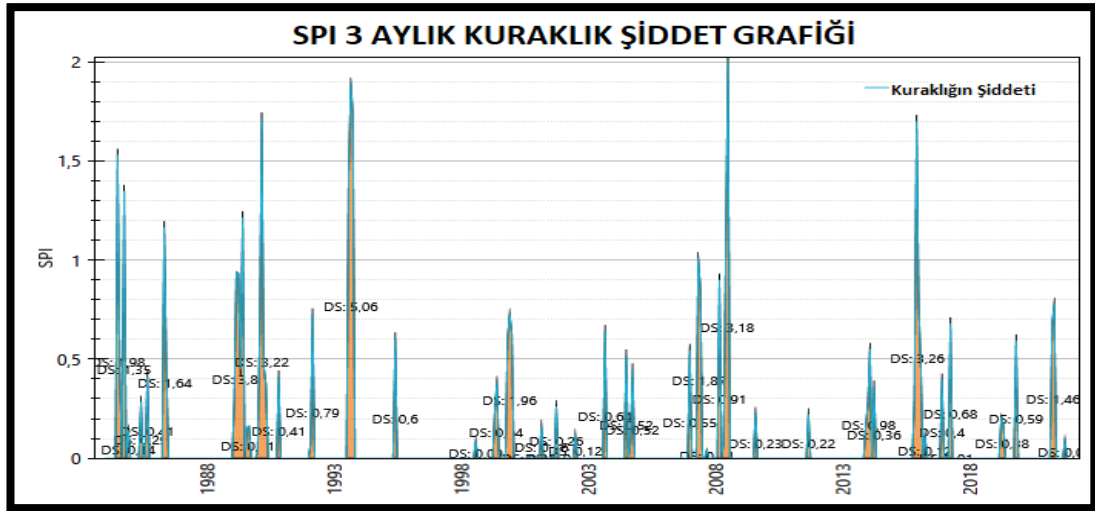
Tablo 4.10'a göre son 5 yıla incelediğimizde; 2018 ve 2020 yılı hariç diğer yıllarda en az 1 adet kurak ay gözlemlenmiştir. 41 numaralı 1/04/2021 tarihinde başlayan ve 2 ay süren kuraklığın şiddetinin maksimum olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.4: 1984-2021 yılları arasında SPI 3 aylık sonuçları grafiği

Tablo 4.9: 1984-2021 yılları arasında SPI 3 aylık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ORK: Orta Derece Kurak, NOR: Normal, ON: Orta Derece Nemli, ANM: Aşırı Nemli, SDN: Son Derece Nemli)

Yıl	Oc.	Sub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Eyl.	Ek.	Kas.	Ar.
1984	-	-	ON	SDN	ON	NOR	SDK	ORK	NOR	SDK	NOR	ORK
1985	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR
1986	NOR	NOR	NOR	NOR	SDK	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1987	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1988	NOR	NOR	NOR	ON	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	ON
1989	NOR	ORK	AKR	AKR	ORK	SDK	NOR	ORK	ORK	NOR	ON	NOR
1990	ORK	AKR	SDK	ORK	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR
1991	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1992	NOR	ORK	AKR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1993	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	SDK	SDK	SDK	NOR	NOR
1994	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	ON	NOR
1995	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	AKR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR
1996	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR
1997	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	ON	ON	NOR	NOR
1998	NOR	NOR	NOR	ON	ANM	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR
1999	ON	ON	NOR	NOR	ORK	ORK	ORK	ON	ON	NOR	AKR	AKR
2000	AKR	NOR	NOR	ON	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2001	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR	ORK	ON	SDN
2002	SDN	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	ORK	NOR	ANM	ON	ON	NOR
2003	NOR	NOR	NOR	ANM	ON	ON	NOR	NOR	AKR	NOR	NOR	NOR
2004	ANM	ANM	NOR	NOR	NOR	NOR	AKR	NOR	ORK	ORK	NOR	NOR
2005	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2006	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	SDN	SDN	NOR
2007	AKR	NOR	NOR	NOR	AKR	AKR	NOR	NOR	ORK	NOR	ON	ON
2008	NOR	NOR	AKR	NOR	ORK	SDK	SDK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2009	NOR	ON	ANM	ON	ORK	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	ON
2010	ANM	ANM	NOR	NOR	NOR	ON	ON	ANM	NOR	ON	NOR	NOR
2011	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR
2012	ON	ANM	ANM	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2013	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK
2014	ORK	AKR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	ANM	ANM	NOR
2015	ON	ON	ANM	ON	ON	ON	ANM	SDN	ON	NOR	ORK	SDK
2016	AKR	ORK	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	ORK
2017	NOR	ORK	NOR	AKR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2018	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ANM	SDN	NOR	NOR	NOR	NOR
2019	ON	NOR	NOR	ORK	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	AKR	NOR
2020	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2021	NOR	NOR	NOR	AKR	AKR	NOR	NOR	ON	NOR	ORK	NOR	ON



Şekil 4.5: 1984-2021 yılları arasında SPI 3 aylık kuraklık şiddet grafiği

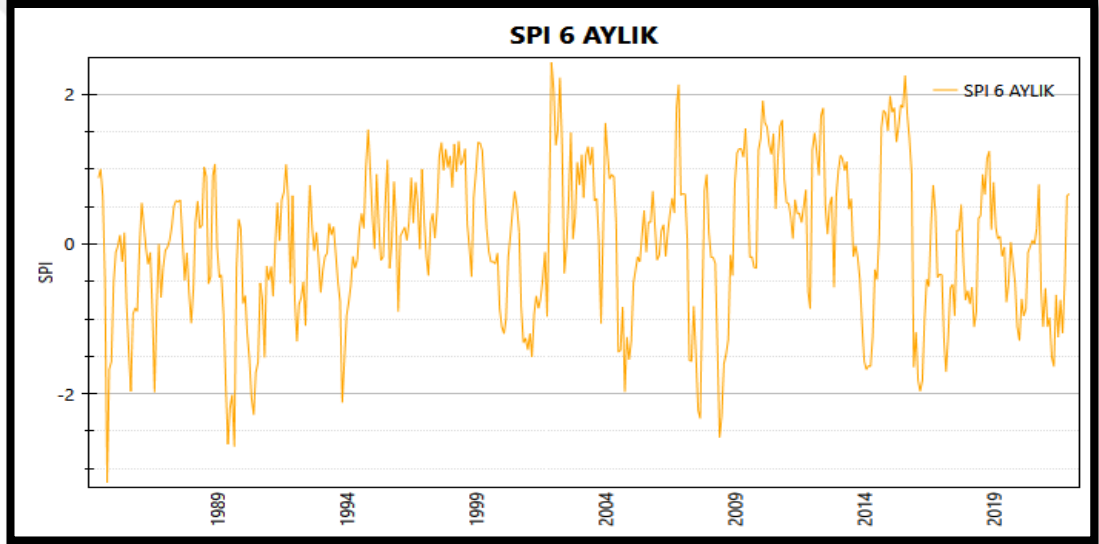
Tablo 4.10: 1984-2021 yılları arasında SPI 3 aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri

SPI 3 AYLIK							
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıç Tarihi	Kuraklık Süresi(Gün)	Kuraklık Şiddeti	Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıç Tarihi	Kuraklık Süresi(Gün)	Kuraklık Şiddeti
1	1.07.1984	62	1.981	22	1.09.2003	30	0.641
2	1.10.1984	31	1.349	23	1.07.2004	31	0.518
3	1.12.1984	31	0.141	24	1.09.2004	61	0.524
4	1.06.1985	30	0.285	25	1.01.2007	31	0.545
5	1.09.1985	30	0.411	26	1.05.2007	61	1.871
6	1.05.1986	61	1.637	27	1.09.2007	30	0.041
7	1.02.1989	150	3.826	28	1.02.2008	60	0.909
8	1.08.1989	61	0.315	29	1.05.2008	92	3.182
9	1.01.1990	151	3.225	30	1.08.2009	31	0.228
10	1.11.1990	30	0.412	31	1.09.2011	30	0.222
11	1.02.1992	60	0.794	32	1.12.2013	90	0.981
12	1.08.1993	92	5.059	33	1.04.2014	30	0.361
13	1.06.1995	30	0.605	34	1.11.2015	121	3.259
14	1.08.1998	31	0.086	35	1.04.2016	30	0.118
15	1.05.1999	92	0.638	36	1.12.2016	31	0.396
16	1.11.1999	92	1.958	37	1.02.2017	28	0.012
17	1.09.2000	30	0.008	38	1.04.2017	30	0.68
18	1.03.2001	31	0.164	39	1.04.2019	61	0.377
19	1.08.2001	31	0.011	40	1.11.2019	30	0.594
20	1.10.2001	31	0.262	41	1.04.2021	61	1.456
21	1.07.2002	31	0.119	42	1.10.2021	31	0.093

SPI 6 aylık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.6'da, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.11'de, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.7'de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.12'de sunulmaktadır. Tablo 4.12'ye göre SPI 6 aylık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen gün sayısı

toplamda 2223 gündür. Tablo 4.12'ye göre en şiddetli kuraklığın 5 numaralı 1/05/1989 tarihinde başlayan 5 ay periyotlu kuraklık olduğu gözlenmiştir. 18 numaralı 1/05/2008 tarihinde başlayan 6 ay periyotlu, 6 numaralı 1/03/1990 tarihinde başlayan 6 ay periyotlu, 20 numaralı 1/12/2015 tarihinde başlayan 6 ay periyotlu, 1 numaralı 1/10/1984 tarihinde başlayan 3 ay periyotlu, 17 numaralı 1/07/2007 yılında başlayan 3 ay periyotlu kuraklıkların şiddetlerinin 5 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu saptanmıştır.

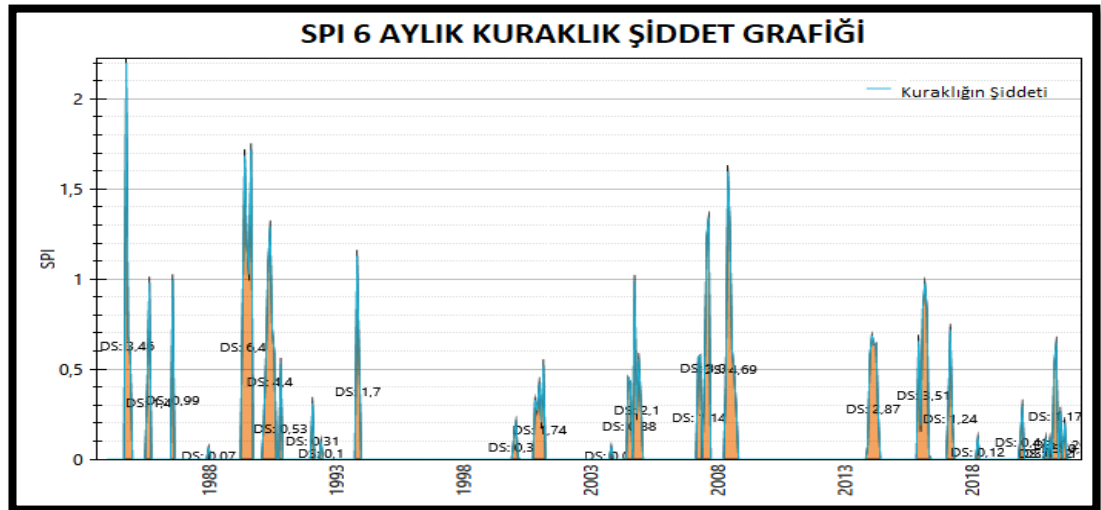
Tablo 4.12'ye göre son 5 yılı incelediğimizde her yılda en az 1 adet kurak ay saptanmıştır. 20 numaralı 1/12/2015 tarihinde başlayan 6 ay periyotlu kuraklığın şiddetinin maksimum olduğu gözlenmiştir.



**Şekil 4.6:** 1984-2021 yılları arasında SPI 6 aylık sonuçları grafiği

**Tablo 4.11:** 1984-2021 yılları arasında SPI 6 aylık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ORK: Orta Derece Kurak, NOR: Normal, ON: Orta Derece Nemli, ANM: Aşırın Nemli, SDN: Son Derece Nemli)

Yıl	Oc.	Sub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Eyl.	Ek.	Kas.	Ar.
1984	-	-	-	-	-	NOR	ON	NOR	NOR	SDK	AKR	AKR
1985	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	AKR	NOR	NOR	NOR
1986	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	AKR	NOR	NOR	NOR	NOR
1987	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1988	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	ON
1989	NOR	NOR	NOR	NOR	AKR	SDK	SDK	SDK	SDK	NOR	NOR	NOR
1990	NOR	NOR	ORK	AKR	SDK	SDK	AKR	AKR	NOR	NOR	AKR	NOR
1991	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR
1992	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1993	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	SDK	AKR
1994	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	ANM	NOR
1995	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR
1996	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON
1997	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	ON	NOR	ON	ON
1998	ON	NOR	ON	NOR	ON	ON	ON	ON	NOR	NOR	NOR	NOR
1999	NOR	ON	ON	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2000	ORK	ORK	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	ORK
2001	ORK	ORK	AKR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	SDN
2002	SDN	ON	ANM	SDN	ON	ON	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	ON
2003	NOR	NOR	NOR	ON	ON	ON	ON	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR
2004	ANM	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	ORK	NOR	AKR	ORK	AKR
2005	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2006	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ANM	SDN	NOR
2007	NOR	NOR	NOR	AKR	AKR	NOR	ORK	SDK	SDK	NOR	NOR	NOR
2008	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	SDK	SDK	AKR	ORK	ORK	NOR	NOR
2009	NOR	ON	ON	ON	ON	ANM	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON
2010	ON	ANM	ANM	ANM	ON	ON	ON	NOR	ON	ANM	ANM	NOR
2011	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2012	ON	ON	ON	NOR	ANM	ANM	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2013	NOR	ON	ON	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK
2014	AKR	AKR	AKR	AKR	ORK	NOR	NOR	NOR	ANM	ANM	ANM	ANM
2015	ANM	ANM	ANM	ON	ANM	ANM	ANM	SDN	ANM	ON	NOR	AKR
2016	ORK	AKR	AKR	AKR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2017	NOR	ORK	AKR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2018	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	ON	NOR
2019	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK
2020	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK
2021	NOR	ORK	NOR	AKR	AKR	NOR	ORK	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR

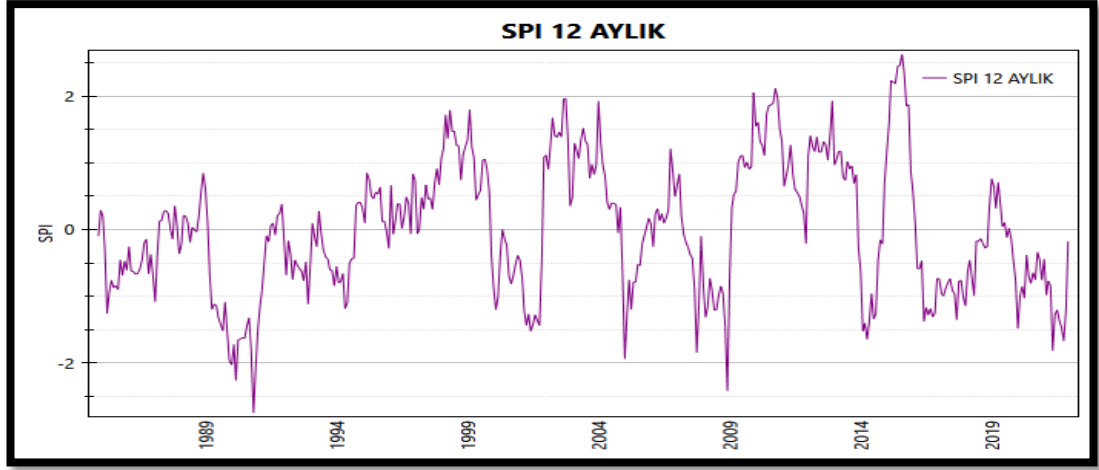


**Şekil 4.7:** 1984-2021 yılları arasında SPI 6 aylık kuraklık şiddet grafiği

**Tablo 4.12:** 1984-2021 yılları arasında SPI 6 aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri

SPI 6 AYLIK							
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıç Tarihi	Kuraklık Şiddeti(Gün)	Kuraklık Şiddeti	Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıç Tarihi	Kuraklık Şiddeti(Gün)	Kuraklık Şiddeti
1	1.10.1984	92	3.461	15	1.10.2004	123	2.103
2	1.08.1985	61	1.396	16	1.04.2007	61	1.142
3	1.08.1986	31	0.993	17	1.07.2007	92	3.035
4	1.01.1988	31	0.068	18	1.05.2008	184	4.687
5	1.05.1989	153	6.457	19	1.12.2013	182	2.866
6	1.03.1990	184	4.404	20	1.12.2015	183	3.509
7	1.11.1990	30	0.529	21	1.02.2017	89	1.243
8	1.02.1992	29	0.312	22	1.04.2018	30	0.119
9	1.06.1992	30	0.102	23	1.12.2019	62	0.414
10	1.11.1993	61	1.696	24	1.12.2020	31	0.117
11	1.01.2000	91	0.333	25	1.02.2021	28	0.115
12	1.11.2000	151	1.743	26	1.04.2021	61	1.166
13	1.11.2003	30	0.073	27	1.07.2021	31	0.257
14	1.07.2004	62	0.881	28	1.09.2021	30	0.2

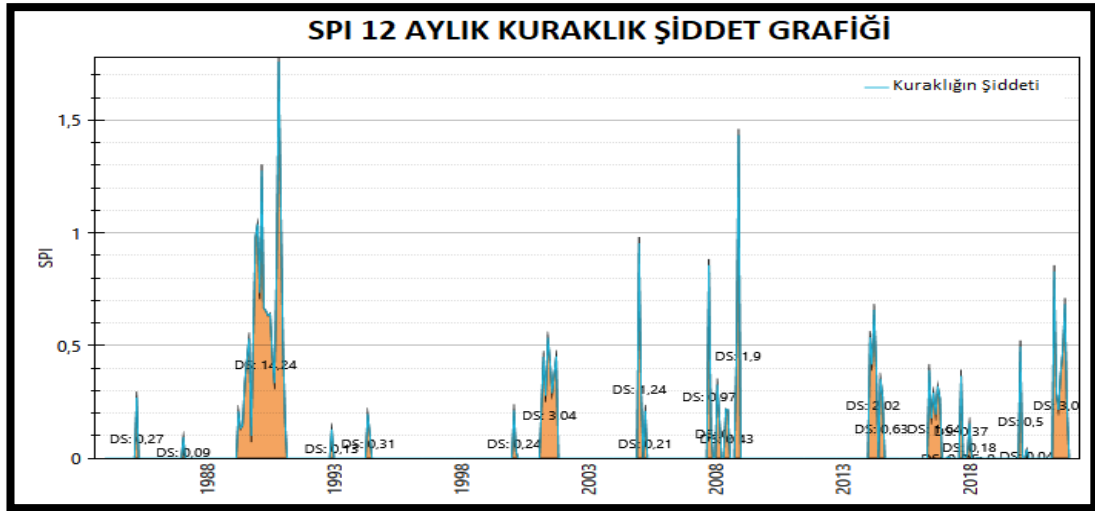
SPI 12 aylık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.8’de, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.13’de, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.9’da, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.14’de sunulmaktadır. Tablo 4.14’e göre SPI 12 aylık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen gün sayısı toplamda 2280 gündür. Tablo 4.14’e göre en şiddetli kuraklığın 3 numaralı 1/04/1989 tarihinde başlayan 23 aylık periyotlu kuraklık olduğu saptanmıştır. 23 numaralı 1/05/2021 tarihinde başlayan 7 aylık periyotlu, 7 numaralı 1/03/2001 yılında başlayan 8 ay periyotlu, 14 numaralı 1/02/2014 tarihinde başlayan 4 ay periyotlu, 13 numaralı 1/11/2008 tarihinde başlayan 2 ay periyotlu kuraklıkların şiddetlerinin 3 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu gözlenmiştir. Tablo 4.14’e göre son 5 yılı incelediğimizde her yılda en az 1 adet kurak ay gözlenmiştir. 23 numaralı 1/05/2021 yılında başlayan 7 ay süreli kuraklığın en şiddetli kuraklık olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.8: 1984-2021 yılları arasında SPI 12 aylık sonuçları grafiği

Tablo 4.13: 1984-2021 yılları arasında SPI 12 aylık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ORK Orta Derece Kurak, NOR: Normal, ON: Orta Nemli, ANM: Aşırı Nemli, SDN: Son Derece Nemli)

Yıl	Oc.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Eyl.	Ek.	Kas.	Ar.
1984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NOR
1985	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1986	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1987	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1988	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1989	NOR	NOR	NOR	ORK	ORK	ORK	ORK	ORK	AKR	ORK	AKR	AKR
1990	SDK	AKR	SDK	AKR	AKR	AKR	AKR	ORK	ORK	AKR	SDK	SDK
1991	AKR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1992	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK
1993	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1994	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1995	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1996	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1997	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
1998	ON	ON	ANM	ON	ANM	ON	ON	ON	ON	NOR	ON	ON
1999	ON	ANM	ON	ON	NOR	NOR	NOR	ON	ON	NOR	NOR	NOR
2000	NOR	ORK	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2001	NOR	NOR	ORK	ORK	ORK	AKR	ORK	ORK	ORK	ORK	NOR	ON
2002	ON	NOR	ON	ANM	ON	ON	ON	ON	ANM	ANM	ON	NOR
2003	NOR	ON	ON	ON	ON	ANM	ON	ON	NOR	NOR	NOR	NOR
2004	ANM	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2005	AKR	ORK	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2006	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR
2007	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	AKR	ORK	NOR
2008	NOR	ORK	ORK	NOR	NOR	ORK	ORK	NOR	NOR	NOR	ORK	SDK
2009	NOR	NOR	NOR	NOR	ON	ON	ON	NOR	ON	NOR	NOR	SDN
2010	ANM	ANM	ON	ON	ON	ANM	ANM	ANM	ANM	SDN	ANM	ANM
2011	ON	NOR	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2012	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ANM
2013	NOR	ON	ON	ON	NOR	NOR	ON	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2014	NOR	AKR	ORK	AKR	ORK	NOR	ORK	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR
2015	ON	ANM	SDN	SDN	SDN	SDN	SDN	SDN	SDN	ANM	ANM	NOR
2016	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	ORK	ORK	ORK	ORK	ORK	NOR
2017	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	ORK
2018	ORK	NOR	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2019	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2020	ORK	NOR	NOR	ORK	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
2021	NOR	NOR	NOR	NOR	AKR	ORK	ORK	ORK	ORK	AKR	ORK	NOR



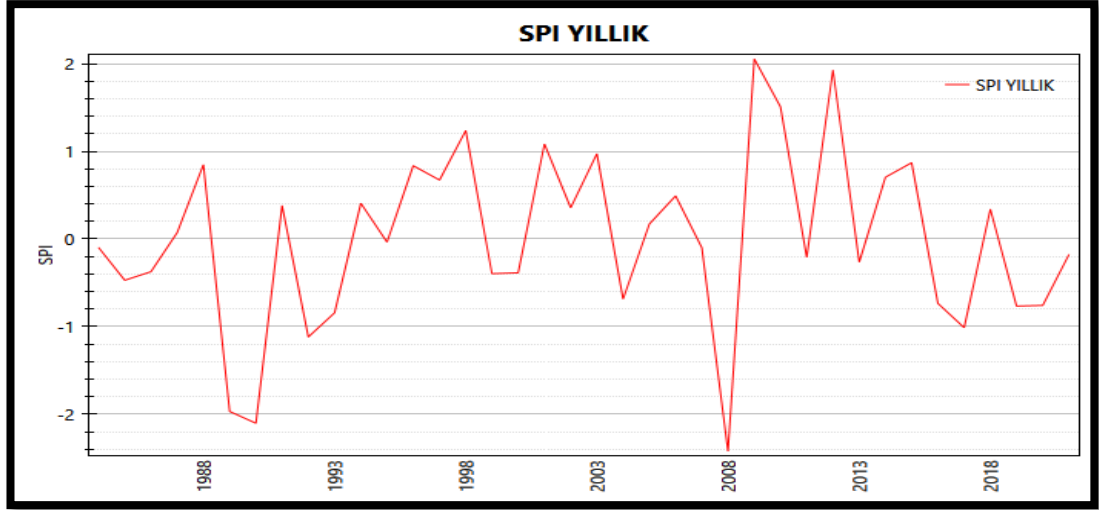
Şekil 4.9: 1984-2021 yılları arasında SPI 12 aylık kuraklık şiddet grafiği

Tablo 4.14: 1984-2021 yılları arasında SPI 12 aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri

SPI 12 AYLIK							
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıcı	Kuraklık Süresi(Gün)	Kuraklık Şiddeti	Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıcı	Kuraklık Süresi(Gün)	Kuraklık Şiddeti
1	1.04.1985	30	0.269	13	1.11.2008	61	1.899
2	1.02.1987	28	0.094	14	1.02.2014	120	2.017
3	1.04.1989	699	14.24	15	1.07.2014	62	0.627
4	1.12.1992	31	0.129	16	1.06.2016	183	1.639
5	1.05.1994	61	0.307	17	1.03.2017	31	0.007
6	1.02.2000	60	0.244	18	1.09.2017	30	0.365
7	1.03.2001	245	3.042	19	1.12.2017	62	0.177
8	1.01.2005	59	1.243	20	1.05.2018	31	0.003
9	1.04.2005	30	0.21	21	1.01.2020	31	0.495
10	1.10.2007	61	0.973	22	1.04.2020	30	0.038
11	1.02.2008	60	0.502	23	1.05.2021	214	3.092
12	1.06.2008	61	0.434				

SPI yıllık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.10'da, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.15'de, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.11'de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.16'da sunulmaktadır. Tablo 4.16'ya göre SPI yıllık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen yıl sayısı toplamda 5 yıldır. Tablo 4.16'ya göre en şiddetli kuraklığın 1 numaralı 1989 yılında başlayan 2 yıl süren kuraklık olduğu gözlenmiştir. 3 numaralı 2008 yılında başlayan ve 1 yıl süren kuraklığın şiddetinin 1 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu saptanmıştır.

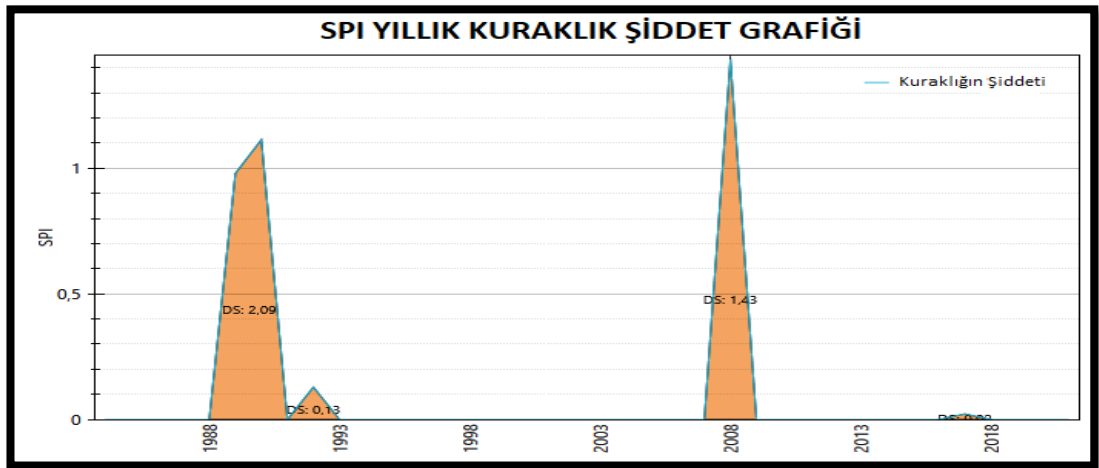
Tablo 4.16'ya göre son 5 yılı incelediğimizde sadece 2017 yılında başlayan ve 1 yıl süren kuraklık saptanmıştır.



Şekil 4.10: 1984-2021 yılları arasında SPI yıllık sonuçları grafiği

**Tablo 4.15:** 1984-2021 yılları arasında SPI yıllık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ORK Orta Derece Kurak, NOR: Normal, ON: Orta Nemli, ANM: Aşırı Nemli, SDN: Son Derece Nemli)

Tarih	SPI Yıllık	Tarih	SPI Yıllık	Tarih	SPI Yıllık	Tarih	SPI Yıllık	Tarih	SPI Yıllık
1984	NOR	1992	ODK	2000	NOR	2008	SDK	2016	NOR
1985	NOR	1993	NOR	2001	ON	2009	SDN	2017	ODK
1986	NOR	1994	NOR	2002	NOR	2010	ANM	2018	NOR
1987	NOR	1995	NOR	2003	NOR	2011	NOR	2019	NOR
1988	NOR	1996	NOR	2004	NOR	2012	ANM	2020	NOR
1989	AKR	1997	NOR	2005	NOR	2013	NOR	2021	NOR
1990	SDK	1998	ON	2006	NOR	2014	NOR		
1991	NOR	1999	NOR	2007	NOR	2015	NOR		



Şekil 4.11: 1984-2021 yılları arasında SPI yıllık kuraklık şiddet grafiği

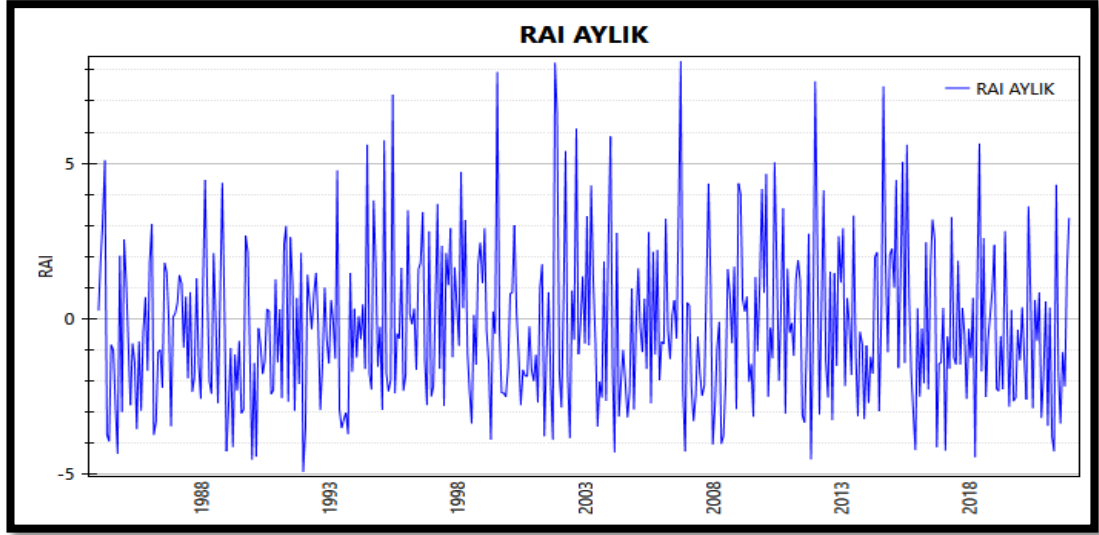
**Tablo 4.16:** 1984-2021 yılları arasında SPI yıllık kuraklık periyotları ve şiddetleri

SPI YILLIK			
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıcı	Kuraklık Periyodu(Gün)	Kuraklık Şiddeti
1	1.01.1989	730	2.093
2	1.01.1992	366	0.129
3	1.01.2008	366	1.434
4	1.01.2017	365	0.022

#### 4.2.2 RAI Kuraklık İndeksi

Kuraklık analizi 1984-2021 yılları arasında RAI yöntemiyle yapılmıştır. RAI aylık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.12’de, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.17’de, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.13’de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.18’de sunulmaktadır. Tablo 4.18’e göre RAI aylık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen gün sayısı toplamda 8041 gündür. Tablo 4.18’e göre 13 numaralı 1/01/1989 yılında başlayan ve 9 ay süreli kuraklığın şiddetinin maksimum olduğu gözlenmiştir. 72 numaralı 1/01/2008 tarihinde başlayan 7 ay periyotlu, 49 numaralı 1/06/2000 tarihinde başlayan 10 ay periyotlu, 1 numaralı 1/05/1984 tarihinde başlayan 6 ay periyotlu, 26 numaralı 1/06/1993 tarihinde başlayan 5 ay periyotlu kuraklıkların şiddet değerinin 13 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu saptanmıştır. Şekil 4.13’e göre çok sayıda kuraklık periyodunun zamana göre yayılım gösterdiği saptanmıştır.

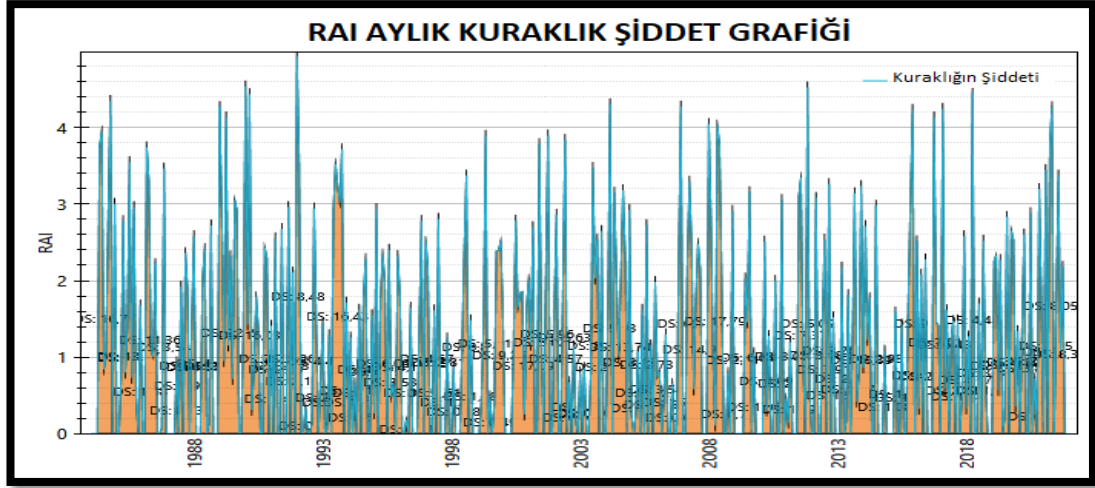
Tablo 4.18’e göre son 5 yılı incelediğimizde tüm yıllarda en az 1 adet kurak ay görülmüştür. 114 numaralı 1/07/2021 yılında başlayan 4 ay süren kuraklığın şiddet bakımından maksimum olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.12: 1984-2021 yılları arasında RAI aylık sonuçları grafiği

Tablo 4.17: 1984-2021 yılları arasında RAI aylık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, KUR: Kurak, NEM: Nemli, ANM: Aşırı Nemli, SDN: Son Derece Nemli)

Yıl	Oc.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Eyl.	Ek.	Kas.	Ar.
1984	NEMLİ	NEMLİ	ANM	SDN	AKR	AKR	KUR	KUR	AKR	SDK	ANM	AKR
1985	ANM	NEM	KUR	AKR	KUR	KUR	AKR	KUR	AKR	KUR	NEM	KUR
1986	NEM	ANM	AKR	AKR	KUR	KUR	AKR	NEM	NEM	KUR	AKR	NEM
1987	NEM	NEM	NEM	NEM	KUR	NEM	KUR	NEM	AKR	KUR	NEM	KUR
1988	AKR	NEM	SDN	NEM	AKR	AKR	ANM	KUR	AKR	NEM	SDN	NEM
1989	SDK	AKR	KUR	SDK	KUR	AKR	KUR	AKR	AKR	ANM	ANM	KUR
1990	SDK	KUR	SDK	KUR	KUR	KUR	KUR	NEM	NEM	AKR	AKR	NEM
1991	KUR	NEM	AKR	ANM	ANM	AKR	ANM	NEM	AKR	NEM	AKR	ANM
1992	SDK	AKR	NEM	NEM	KUR	NEM	NEM	KUR	AKR	KUR	NEM	KUR
1993	KUR	NEM	KUR	KUR	SDN	AKR	AKR	AKR	AKR	AKR	NEM	KUR
1994	NEM	KUR	NEM	KUR	NEM	KUR	SDN	KUR	AKR	ANM	NEM	KUR
1995	KUR	AKR	SDN	KUR	AKR	KUR	SDN	AKR	KUR	KUR	NEM	AKR
1996	KUR	ANM	NEM	KUR	NEM	KUR	NEM	NEM	ANM	KUR	AKR	ANM
1997	AKR	AKR	NEM	ANM	KUR	ANM	AKR	ANM	NEM	ANM	KUR	NEM
1998	NEM	KUR	SDN	NEM	ANM	KUR	AKR	AKR	NEM	KUR	NEM	ANM
1999	NEM	ANM	KUR	KUR	AKR	NEM	KUR	SDN	KUR	AKR	AKR	AKR
2000	KUR	NEM	NEM	ANM	NEM	KUR	AKR	KUR	KUR	AKR	KUR	KUR
2001	AKR	KUR	AKR	NEM	NEM	AKR	KUR	NEM	AKR	AKR	SDN	SDN
2002	KUR	AKR	NEM	SDN	KUR	AKR	NEM	KUR	SDN	KUR	KUR	NEM
2003	KUR	ANM	KUR	SDN	NEM	KUR	AKR	AKR	AKR	NEM	AKR	ANM
2004	SDN	KUR	SDK	ANM	AKR	AKR	KUR	AKR	AKR	AKR	NEM	AKR
2005	KUR	NEM	KUR	KUR	NEM	KUR	ANM	AKR	ANM	KUR	ANM	KUR
2006	KUR	KUR	ANM	KUR	KUR	NEM	NEM	KUR	ANM	SDN	AKR	SDK
2007	NEM	NEM	AKR	AKR	AKR	KUR	KUR	AKR	AKR	NEM	SDN	NEM
2008	SDK	AKR	KUR	KUR	SDK	AKR	AKR	NEM	NEM	KUR	NEM	AKR
2009	SDN	ANM	NEM	NEM	NEM	AKR	KUR	AKR	NEM	KUR	NEM	SDN
2010	NEM	SDN	AKR	KUR	KUR	SDN	NEM	KUR	NEM	ANM	AKR	NEM
2011	KUR	KUR	KUR	NEM	NEM	NEM	AKR	AKR	KUR	ANM	SDK	KUR
2012	SDN	ANM	AKR	NEM	SDN	KUR	AKR	NEM	AKR	NEM	KUR	ANM
2013	NEM	ANM	AKR	NEM	KUR	KUR	ANM	KUR	AKR	KUR	KUR	AKR
2014	KUR	AKR	KUR	KUR	NEM	ANM	AKR	NEM	SDN	NEM	KUR	ANM
2015	ANM	NEM	SDN	KUR	NEM	SDN	KUR	SDN	NEM	KUR	AKR	SDK
2016	NEM	AKR	KUR	AKR	NEM	AKR	NEM	ANM	ANM	SDK	KUR	KUR
2017	NEM	SDK	KUR	KUR	ANM	KUR	KUR	NEM	KUR	NEM	KUR	AKR
2018	KUR	KUR	NEM	SDK	NEM	SDN	KUR	ANM	AKR	KUR	NEM	NEM
2019	ANM	AKR	AKR	KUR	AKR	ANM	KUR	AKR	NEM	AKR	AKR	KUR
2020	KUR	NEM	KUR	AKR	ANM	NEM	AKR	NEM	KUR	NEM	AKR	KUR
2021	NEM	AKR	NEM	AKR	SDK	SDN	KUR	AKR	KUR	AKR	NEM	ANM



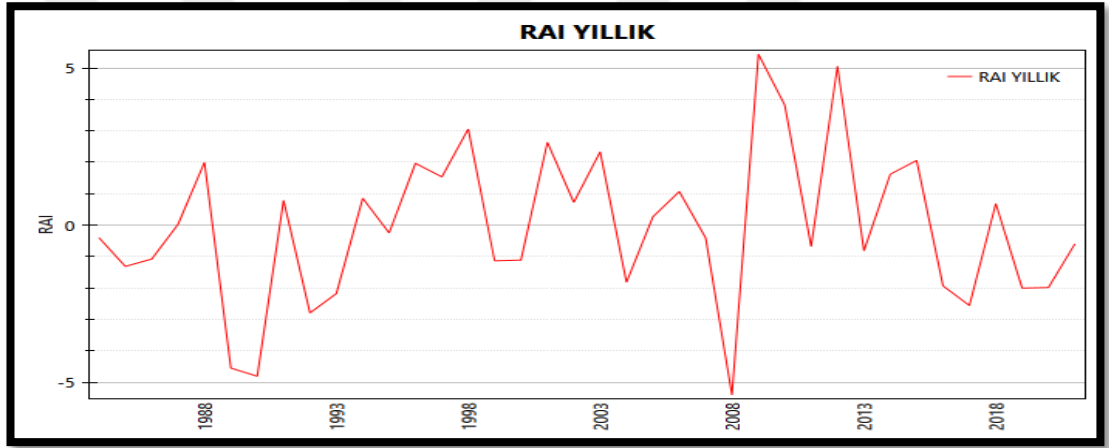
Şekil 4.13: 1984-2021 yılları arasında RAI aylık kuraklık şiddet grafiği

Tablo 4.18: 1984-2021 yılları arasında RAI aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri

RAI AYLIK SONUÇLAR											
Numara	Başlangıç Tarihi	Süre (gün)	Şiddet	Numara	Başlangıç Tarihi	Süre(gün)	Şiddet	Numara	Başlangıç Tarihi	Süre(gün)	Kuraklık Şiddet
1	1.05.1984	184	16.769	40	1.05.1997	31	1.613	79	1.11.2010	30	3.058
2	1.12.1984	31	3.005	41	1.07.1997	31	2.81	80	1.01.2011	90	1.795
3	1.03.1985	245	13.37	42	1.11.1997	30	1.245	81	1.07.2011	92	7.373
4	1.12.1985	31	1.677	43	1.02.1998	28	0.879	82	1.11.2011	61	5.086
5	1.03.1986	153	11.359	44	1.06.1998	92	6.801	83	1.03.2012	31	3.083
6	1.10.1986	61	3.536	45	1.10.1998	31	1.482	84	1.06.2012	61	3.911
7	1.05.1987	31	0.932	46	1.03.1999	92	5.715	85	1.09.2012	30	3.265
8	1.07.1987	31	1.922	47	1.07.1999	31	0.491	86	1.11.2012	30	1.521
9	1.09.1987	61	4.252	48	1.09.1999	153	9.249	87	1.03.2013	31	2.172
10	1.12.1987	62	4.07	49	1.06.2000	304	17.09	88	1.05.2013	61	1.969
11	1.05.1988	61	4.426	50	1.06.2001	61	5.019	89	1.08.2013	273	15.386
12	1.08.1988	61	2.858	51	1.09.2001	61	5.962	90	1.07.2014	31	2.983
13	1.01.1989	273	22.201	52	1.01.2002	59	4.569	91	1.11.2014	30	1.084
14	1.12.1989	243	16.029	53	1.05.2002	61	5.633	92	1.04.2015	30	1.585
15	1.10.1990	61	4.73	54	1.08.2002	31	0.675	93	1.07.2015	31	1.429
16	1.01.1991	31	1.41	55	1.10.2002	61	1.297	94	1.10.2015	92	9.001
17	1.03.1991	31	2.556	56	1.01.2003	31	0.803	95	1.02.2016	90	4.917
18	1.06.1991	30	2.676	57	1.03.2003	31	0.858	96	1.06.2016	30	2.278
19	1.09.1991	30	2.964	58	1.06.2003	122	8.813	97	1.10.2016	92	7.006
20	1.11.1991	30	2.109	59	1.11.2003	30	2.65	98	1.02.2017	89	6.435
21	1.01.1992	60	8.478	60	1.02.2004	60	5.934	99	1.06.2017	61	2.714
22	1.05.1992	31	0.346	61	1.05.2004	184	13.743	100	1.09.2017	30	1.48
23	1.08.1992	92	4.493	62	1.12.2004	62	3.149	101	1.11.2017	120	4.668
24	1.12.1992	62	2.106	63	1.03.2005	61	1.322	102	1.04.2018	30	4.462
25	1.03.1993	61	1.343	64	1.06.2005	30	1.62	103	1.07.2018	31	1.7
26	1.06.1993	153	16.433	65	1.08.2005	31	2.727	104	1.09.2018	61	3.18
27	1.12.1993	31	1.714	66	1.10.2005	31	1.155	105	1.02.2019	120	7.427
28	1.02.1994	28	1.256	67	1.12.2005	90	3.536	106	1.07.2019	62	3.055
29	1.04.1994	30	0.665	68	1.04.2006	61	1.697	107	1.10.2019	123	6.89
30	1.06.1994	30	1.62	69	1.08.2006	31	0.648	108	1.03.2020	61	3.864
31	1.08.1994	61	4.037	70	1.11.2006	61	6.605	109	1.07.2020	31	2.884
32	1.12.1994	90	4.751	71	1.03.2007	214	14.914	110	1.09.2020	30	0.719
33	1.04.1995	91	6.095	72	1.01.2008	213	17.791	111	1.11.2020	61	5
34	1.08.1995	92	3.527	73	1.10.2008	31	0.793	112	1.02.2021	28	3.448
35	1.12.1995	62	4.149	74	1.12.2008	31	2.913	113	1.04.2021	61	8.052
36	1.04.1996	30	0.181	75	1.06.2009	92	6.644	114	1.07.2021	123	8.362
37	1.06.1996	30	1.647	76	1.10.2009	31	1.053				
38	1.10.1996	61	4.152	77	1.03.2010	92	4.088				
39	1.01.1997	59	4.673	78	1.08.2010	31	1.998				

RAI yıllık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.14'de, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.19'da, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.15'de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.20'de sunulmaktadır. Tablo 4.20'ye göre RAI yıllık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen yıl sayısı toplamda 20 yıldır. Tablo 4.20'ye göre en şiddetli kuraklığın 2 numaralı 1/01/1989 yılında başlayan 2 yıl süreli kuraklık olduğu belirlenmiştir. 7 numaralı 1/01/2007'de başlayan ve 2 yıl süren. 3 numaralı 1/01/1992'de başlayan ve 2 yıl süren kuraklıkların şiddetinin 2 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.20'ye göre son 5 yılı incelediğimizde 2018 yılı hariç diğer tüm yıllarda en az 1 adet kurak ay saptanmıştır. 11 numaralı 1/01/2019 tarihinde başlayan 3 yıl periyotlu kuraklık şiddet bakımından maksimum olduğu gözlenmiştir.

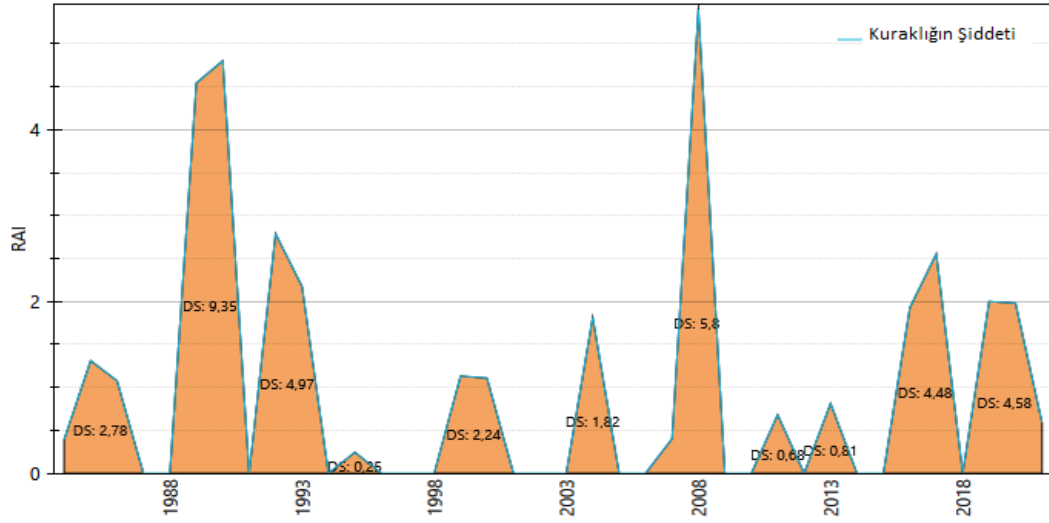


Şekil 4.14: 1984-2021 yılları arasında RAI yıllık sonuçları grafiği

Tablo 4.19: 1984-2021 yılları arasında RAI yıllık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, KUR: Kurak, NEM: Nemli, ANM: Aşırı Nemli, SDN: Son Derece Nemli)

Tarih	RAI Yıllık	Tarih	RAI Yıllık	Tarih	RAI Yıllık	Tarih	RAI Yıllık	Tarih	RAI Yıllık
1984	KUR	1992	AKR	2000	KUR	2008	SDK	2016	KUR
1985	KUR	1993	AKR	2001	ANM	2009	SDN	2017	AKR
1986	KUR	1994	NEM	2002	NEM	2010	ANM	2018	NEM
1987	NEM	1995	KUR	2003	ANM	2011	KUR	2019	AKR
1988	NEM	1996	NEM	2004	KUR	2012	SDN	2020	KUR
1989	SDK	1997	NEM	2005	NEM	2013	KUR	2021	KUR
1990	SDK	1998	ANM	2006	NEM	2014	NEM		
1991	NEM	1999	KUR	2007	KUR	2015	ANM		

## RAI YILLIK KURAKLIK ŞİDDET GRAFİĞİ



Şekil 4.15: 1984-2021 yılları arasında RAI yıllık kuraklık şiddet grafiği

Tablo 4.20: 1984-2021 yılları arasında RAI yıllık kuraklık periyotları ve şiddetleri

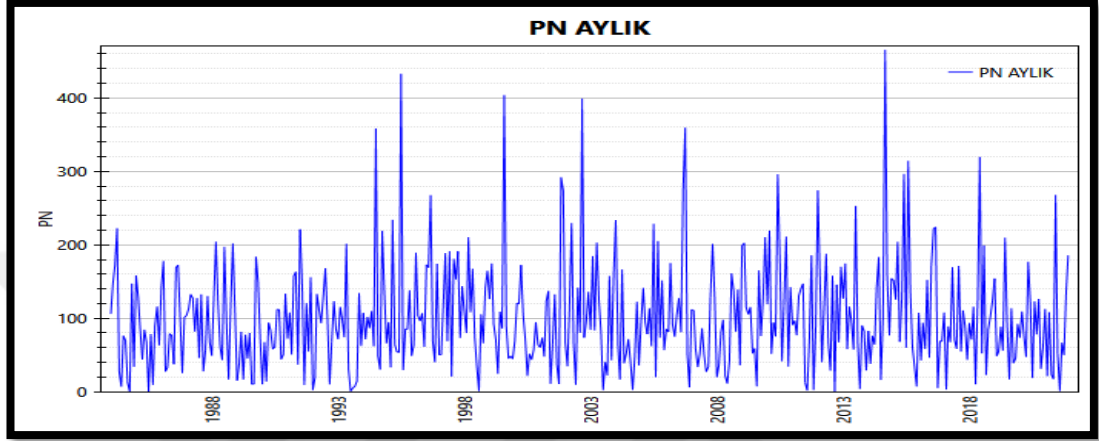
RAI YILLIK			
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıç Tarihi	Kuraklık Süresi(Gün)	Kuraklık Şiddeti
1	1.01.1984	1096	2.785
2	1.01.1989	730	9.35
3	1.01.1992	731	4.965
4	1.01.1995	365	0.245
5	1.01.1999	731	2.241
6	1.01.2004	366	1.816
7	1.01.2007	731	5.802
8	1.01.2011	365	0.681
9	1.01.2013	365	0.813
10	1.01.2016	731	4.485
11	1.01.2019	1096	4.577

### 4.2.3 PN Kuraklık İndeksi

Kuraklık analizi 1984-2021 yılları arasında PN yöntemiyle hesaplanmıştır. PN aylık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.16'da, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.21'de, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.17'de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.22'de sunulmuştur. Tablo 4.22'ye göre PN aylık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen gün sayısı toplamda 6419 gündür. Tablo 4.22'ye göre en şiddetli kuraklığın 27 numaralı 1/06/1993 tarihinde başlayan 5 ay süreli kuraklık olduğu saptanmıştır. 1 numaralı 1/05/1984 tarihinde başlayan kuraklık 6 ay periyotlu, 14 numaralı 1/04/1989 yılında başlayan 6 ay periyotlu, 58 numaralı 1/05/2004 tarihinde başlayan 6 ay periyotlu kuraklıkların

şiddetinin 27 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu gözlenmiştir. Şekil 4.17'e göre çok sayıda kuraklık periyodunun zamana yayılım gösterdiği saptanmıştır.

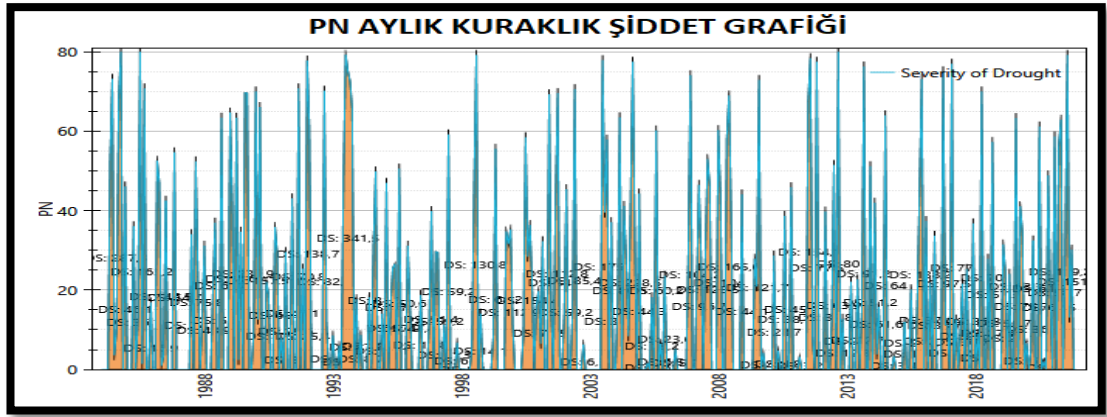
Tablo 4.22'ye göre son 5 yılı incelediğimizde tüm yıllarda en az 1 adet kurak ay gözlenmiştir. 119 numaralı 1/07/2021 tarihinde başlayan 4 ay periyotlu kuraklığın şiddet bakımından maksimum olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.16: 1984-2021 yılları arasında PN aylık sonuçları grafiği

Tablo 4.21: 1984-2021 yılları arasında PN aylık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ODK: Orta Derece Kurak, AZK: Az Kurak, NOR: Normal, Nem: Nemli)

Yıl	Oc.	Sub.	Mart	Nis.	Mav.	Haz.	Tem.	Ağ.	Eyl.	Ek.	Kas.	Ar.
1984	NOR	NEM	NEM	NEM	SDK	SDK	AZK	ODK	SDK	SDK	NEM	SDK
1985	NEM	NEM	NOR	AKR	NOR	ODK	SDK	AZK	SDK	NOR	NOR	ODK
1986	NEM	NEM	SDK	SDK	AZK	AZK	SDK	NEM	NEM	NOR	SDK	NOR
1987	NOR	NOR	NEM	NEM	NOR	NEM	AKR	NEM	SDK	ODK	NEM	ODK
1988	AKR	NEM	NEM	NEM	ODK	AKR	NEM	NOR	SDK	NOR	NEM	NOR
1989	SDK	SDK	NOR	SDK	AZK	AKR	AZK	SDK	SDK	NEM	NEM	AZK
1990	SDK	ODK	SDK	NOR	NOR	ODK	ODK	NOR	NOR	AKR	AKR	NEM
1991	AZK	NOR	AKR	NEM	NEM	SDK	NEM	NEM	SDK	NEM	AKR	NEM
1992	SDK	SDK	NEM	NOR	NOR	NEM	NEM	NOR	SDK	ODK	NEM	NOR
1993	AZK	NOR	NOR	AZK	NEM	SDK	SDK	SDK	SDK	SDK	NEM	ODK
1994	NOR	AZK	NOR	NOR	NOR	ODK	NEM	AKR	SDK	NEM	NEM	ODK
1995	NOR	SDK	NEM	ODK	AKR	AKR	NEM	SDK	NOR	NOR	NEM	AKR
1996	ODK	NEM	NOR	NOR	NOR	ODK	NEM	NEM	NEM	ODK	AKR	NEM
1997	AKR	AKR	NOR	NEM	ODK	NEM	SDK	NEM	NEM	NEM	AZK	NEM
1998	NOR	AZK	NEM	NOR	NEM	AZK	SDK	SDK	NOR	ODK	NEM	NEM
1999	NEM	NEM	NOR	AZK	SDK	NOR	NOR	NEM	NOR	AKR	AKR	AKR
2000	ODK	NEM	NOR	NEM	NOR	AZK	SDK	AKR	AKR	ODK	NOR	ODK
2001	ODK	AZK	AKR	NEM	NEM	SDK	ODK	NEM	SDK	SDK	NEM	NEM
2002	ODK	SDK	NOR	NEM	ODK	SDK	NEM	NOR	NEM	AZK	NOR	NEM
2003	NOR	NEM	NOR	NEM	NEM	NOR	SDK	AKR	SDK	NEM	AKR	NEM
2004	NEM	ODK	SDK	NEM	SDK	AKR	AZK	SDK	SDK	AKR	NEM	SDK
2005	NOR	NEM	NOR	AZK	NOR	ODK	NEM	SDK	NEM	AZK	NEM	ODK
2006	NOR	NOR	NEM	NOR	AZK	NOR	NEM	NOR	NEM	NEM	AKR	SDK
2007	NOR	NOR	ODK	SDK	AKR	NOR	AKR	SDK	SDK	NEM	NEM	NEM
2008	SDK	SDK	NOR	NOR	SDK	AKR	AKR	NEM	NEM	NOR	NEM	SDK
2009	NEM	NEM	NOR	NOR	NOR	AKR	ODK	SDK	NEM	AZK	NEM	NEM
2010	NOR	NEM	AKR	NOR	AZK	NEM	NEM	AKR	NEM	NEM	SDK	NEM
2011	NOR	NOR	AZK	NEM	NEM	NEM	SDK	SDK	AZK	NEM	SDK	NOR
2012	NEM	NEM	AKR	NOR	NEM	ODK	SDK	NEM	SDK	NEM	ODK	NEM
2013	NEM	NEM	ODK	NOR	NOR	ODK	NEM	ODK	SDK	NOR	NOR	SDK
2014	NOR	SDK	AZK	ODK	NEM	NEM	SDK	NOR	NEM	NEM	AZK	NEM
2015	NEM	NEM	NEM	ODK	NEM	NEM	ODK	NEM	NEM	ODK	SDK	SDK
2016	NOR	AKR	NOR	ODK	NEM	AKR	NEM	NEM	NEM	SDK	ODK	ODK
2017	NOR	SDK	NOR	ODK	NEM	AZK	ODK	NEM	AKR	NOR	NOR	AKR
2018	NOR	AZK	NOR	SDK	NEM	NEM	AKR	NEM	SDK	NOR	NOR	NEM
2019	NEM	AKR	AKR	NOR	ODK	NEM	NOR	SDK	NOR	SDK	AKR	NOR
2020	AZK	NOR	AZK	AKR	NEM	NEM	SDK	NEM	AZK	NEM	SDK	ODK
2021	NOR	SDK	NOR	SDK	SDK	NEM	AKR	SDK	ODK	AKR	NEM	NEM

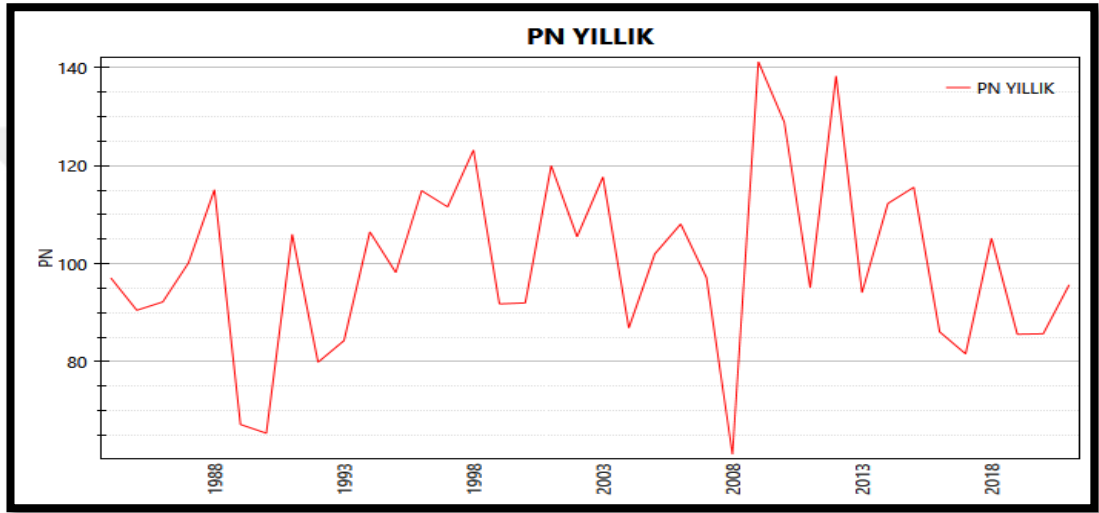


Şekil 4.17: 1984-2021 yılları arasında PN aylık kuraklık şiddet grafiği

Tablo 4.22: 1984-2021 yılları arasında PN aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri

PN AYLIK											
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıç	Kuraklık Periyot	Şiddet	Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıç	Kuraklık Periyot	Kuraklık Şiddet	Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıç	Kuraklık Periyot	Şiddet
1	1.05.1984	184	287.3	41	1.07.1997	31	59.2	81	1.03.2012	31	39.8
2	1.12.1984	31	46.1	42	1.11.1997	30	6.8	82	1.06.2012	61	63.9
3	1.04.1985	30	36.1	43	1.02.1998	28	0.1	83	1.09.2012	30	80
4	1.06.1985	122	165.2	44	1.06.1998	92	130.8	84	1.11.2012	30	12.8
5	1.12.1985	31	16.9	45	1.10.1998	31	14.1	85	1.03.2013	31	22.1
6	1.03.1986	153	146.5	46	1.04.1999	61	64.2	86	1.06.2013	30	22.7
7	1.11.1986	30	54.7	47	1.10.1999	123	112.9	87	1.08.2013	61	91.2
8	1.07.1987	31	34.1	48	1.06.2000	153	154.4	88	1.12.2013	31	51.2
9	1.09.1987	61	75.8	49	1.12.2000	121	74.5	89	1.02.2014	89	61.6
10	1.12.1987	62	43.9	50	1.06.2001	61	84	90	1.07.2014	31	64
11	1.05.1988	61	56	51	1.09.2001	61	112.8	91	1.11.2014	30	3.4
12	1.09.1988	30	63.4	52	1.01.2002	59	59.2	92	1.04.2015	30	12
13	1.01.1989	59	106	53	1.05.2002	61	85.4	93	1.07.2015	31	20.2
14	1.04.1989	183	239.9	54	1.10.2002	31	6.3	94	1.10.2015	92	138.2
15	1.12.1989	121	157.5	55	1.07.2003	92	175.3	95	1.02.2016	29	37.4
16	1.06.1990	61	41	56	1.11.2003	30	37.1	96	1.04.2016	30	21.9
17	1.10.1990	61	65.4	57	1.02.2004	60	80.6	97	1.06.2016	30	33.7
18	1.01.1991	31	8	58	1.05.2004	184	228.5	98	1.10.2016	92	97.5
19	1.03.1991	31	29.6	59	1.12.2004	31	44.3	99	1.02.2017	28	77
20	1.06.1991	30	43.1	60	1.04.2005	30	1.6	100	1.04.2017	30	12.6
21	1.09.1991	30	70.8	61	1.06.2005	30	18.2	101	1.06.2017	61	30.7
22	1.11.1991	30	25.4	62	1.08.2005	31	60.2	102	1.09.2017	30	25.3
23	1.01.1992	60	138.7	63	1.10.2005	31	6.5	103	1.12.2017	31	36.8
24	1.09.1992	61	82.7	64	1.12.2005	31	23.6	104	1.02.2018	28	9
25	1.01.1993	31	8.6	65	1.05.2006	31	5.2	105	1.04.2018	30	70
26	1.04.1993	30	6	66	1.11.2006	61	104.2	106	1.07.2018	31	27.9
27	1.06.1993	153	341.5	67	1.03.2007	92	96.7	107	1.09.2018	30	57.3
28	1.12.1993	31	17.7	68	1.07.2007	92	128.5	108	1.02.2019	59	56.7
29	1.02.1994	28	8.7	69	1.01.2008	60	104	109	1.05.2019	31	24.1
30	1.06.1994	30	18.2	70	1.05.2008	92	165.6	110	1.08.2019	31	63.3
31	1.08.1994	61	81.5	71	1.12.2008	31	44.1	111	1.10.2019	61	75.7
32	1.12.1994	31	14.1	72	1.06.2009	92	121.7	112	1.01.2020	31	6.6
33	1.02.1995	28	47	73	1.10.2009	31	4.2	113	1.03.2020	61	36.9
34	1.04.1995	91	67.9	74	1.03.2010	31	28.7	114	1.07.2020	31	61.2
35	1.08.1995	31	50.6	75	1.05.2010	31	4.8	115	1.09.2020	30	2
36	1.12.1995	62	47.4	76	1.08.2010	31	38.7	116	1.11.2020	61	68.5
37	1.06.1996	30	18.8	77	1.11.2010	30	45.9	117	1.02.2021	28	58.7
38	1.10.1996	61	51.4	78	1.03.2011	31	3.2	118	1.04.2021	61	119.2
39	1.01.1997	59	59.2	79	1.07.2011	92	154.1	119	1.07.2021	123	151.1
40	1.05.1997	31	11.3	80	1.11.2011	30	77.5				

PN Yıllık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.18’de, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.23’de, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.19’da, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.24’de sunulmuştur. Tablo 4.24’e göre PN yıllık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen yıl sayısı toplamda 4 yıldır. Tablo 4.24’e göre 1 numaralı 1989 yılında başlayan ve 2 yıl süren kuraklığın şiddetinin maksimum olduğu gözlenmiştir. 3 numaralı 2008 yılında başlayan 1 yıl süren kuraklığın şiddetinin 1 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu saptanmıştır. Tablo 4.24’e göre son 5 yılı incelediğimizde kuraklık tespit edilmemiştir.

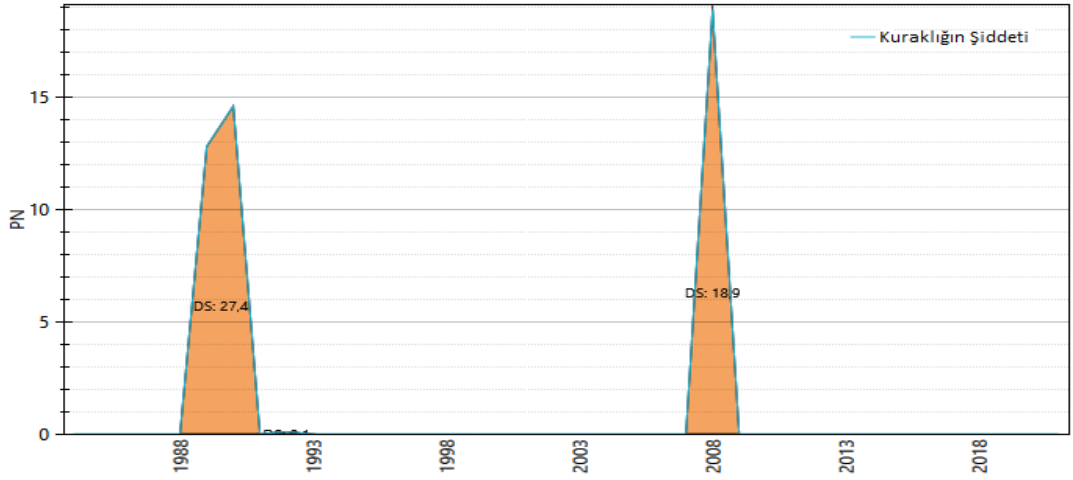


Şekil 4.18: 1984-2021 yılları arasında PN yıllık sonuçları grafiği

Tablo 4.23: 1984-2021 yılları arasında PN yıllık sonuçlarının sınıflandırılması (SDK: Son Derece Kurak, AKR: Aşırı Kurak, ODK: Orta Derece Kurak, AZK: Az Kurak, NOR: Normal, Nem: Nemli)

Tarih	PN Yıllık	Tarih	PN Yıllık	Tarih	PN Yıllık	Tarih	PN Yıllık	Tarih	PN Yıllık
1984	NOR	1992	AZK	2000	NOR	2008	ODK	2016	NOR
1985	NOR	1993	NOR	2001	NOR	2009	NEM	2017	NOR
1986	NOR	1994	NOR	2002	NOR	2010	NEM	2018	NOR
1987	NOR	1995	NOR	2003	NOR	2011	NOR	2019	NOR
1988	NOR	1996	NOR	2004	NOR	2012	NEM	2020	NOR
1989	ODK	1997	NOR	2005	NOR	2013	NOR	2021	NOR
1990	ODK	1998	NEM	2006	NOR	2014	NOR		
1991	NOR	1999	NOR	2007	NOR	2015	NOR		

### PN YILLIK KURAKLIK ŞİDDET GRAFİĞİ



Şekil 4.19: 1984-2021 yılları arasında PN yıllık indeksi kuraklık şiddet grafiği

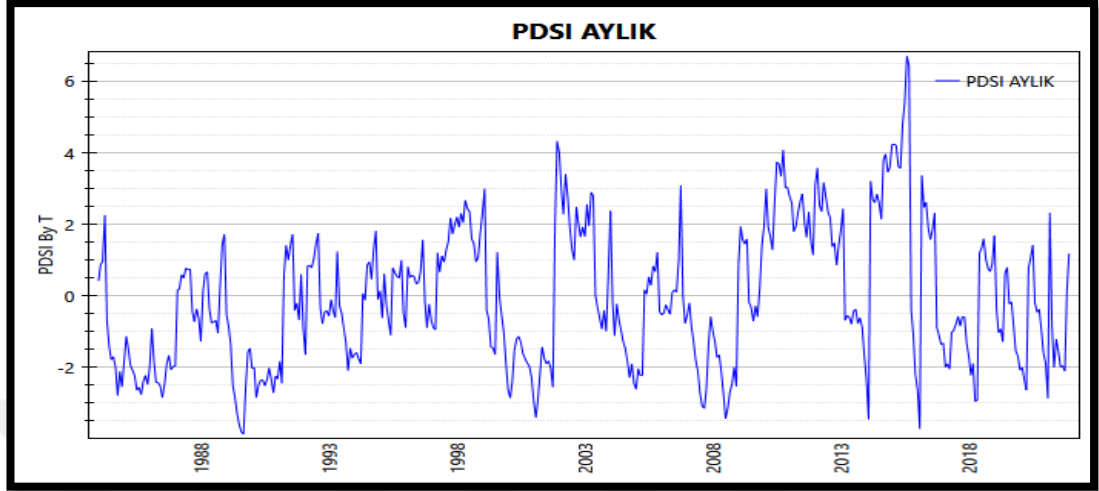
Tablo 4.24: 1984-2021 yılları arasında PN yıllık indeksi kuraklık periyotları ve şiddetleri

PN YILLIK			
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıcı	Kuraklık Süresi(Gün)	Kuraklık Şiddeti
1	1.01.1989	730	27.4
2	1.01.1992	366	0.1
3	1.01.2008	366	18.9

#### 4.2.4 PDSI Kuraklık İndeksi

Kuraklık analizi 1984-2021 yılları arasında PDSI yöntemiyle yapılmıştır. AWC (Mevcut Su Kapasitesi) değeri 140 mm, SS (Yüzey Toprak Kapasitesi) değeri 25 mm, enlem değeri = 38.2153 olarak alınmıştır. PDSI aylık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.20’de, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.25’de, kuraklık şiddet grafiği şekil 4.21’de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.26’da sunulmaktadır. Tablo 4.26’ya göre PDSI aylık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen gün sayısı toplamda 9741 gündür. Tablo 4.26 incelendiğinde en şiddetli kuraklığın 2 numaralı 1/05/1984 yılında başlayan 55 ay periyotlu kuraklık olduğu görülmüştür. 3 numaralı 1/01/1989 yılında başlayan 28 ay periyotlu, 12 numaralı 1/09/1999 yılında başlayan 26 ay periyotlu, 18 numaralı 1/11/2006 yılında başlayan 27 ay periyotlu kuraklıkların şiddetlerinin 2 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu saptanmıştır.

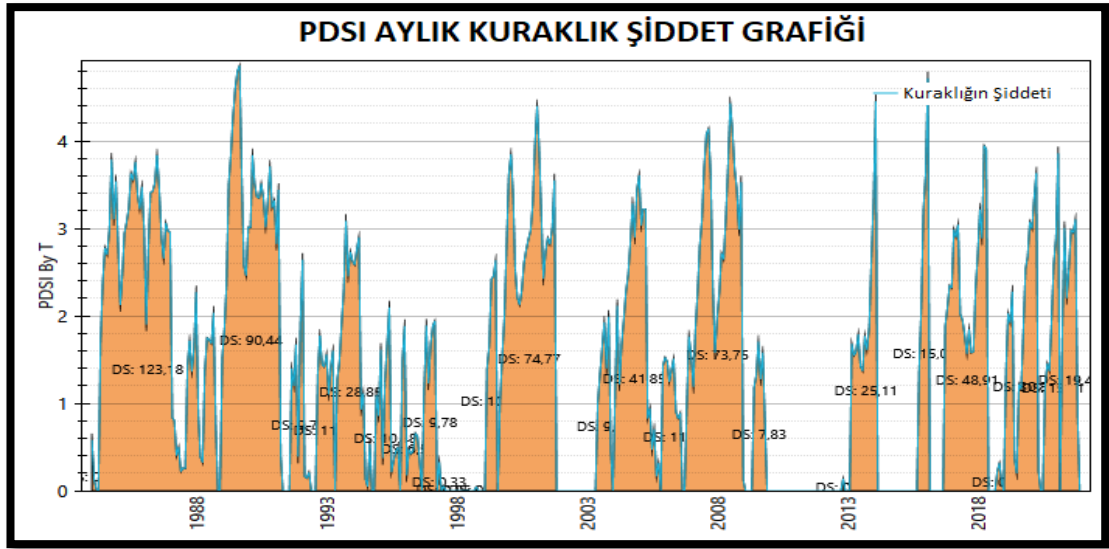
Tablo 4.26'ya göre son 5 yılı incelediğimizde; tüm yıllarda en az 1 adet kurak ay görülmüştür. 23 numaralı 1/10/2016 tarihinde başlayan 20 ay periyotlu kuraklığın şiddet bakımından maksimum olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.20: 1984-2021 yılları arasında PDSI aylık sonuçları grafiği

**Tablo 4.25:** 1984-2021 yılları arasında PDSI aylık sonuçlarının sınıflandırılması (ÇŞK: Çok Şiddetli Kuraklık, ŞK: Şiddetli Kuraklık, ANK: Anormal Kuraklık, HK: Hafif Kuraklık, NEM: Nemli, ANM: Anormal Nem, ÇN: Çok Nemli)

Yıl	Oc.	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Eyl.	Ek.	Kas.	Ar.
1984	HK	HK	HK	NEM	HK	ANK	ANK	ANK	ANK	ŞK	ŞK	ŞK
1985	ANK	ANK	ANK	ANK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK
1986	ANK	HK	ANK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ANK	ANK	ŞK	ANK
1987	ANK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK
1988	ANK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	ANK	HK	ANM	ANM
1989	HK	HK	ANK	ŞK	ŞK	CSK	CSK	CSK	CSK	ŞK	ANK	ANK
1990	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK
1991	ŞK	ANK	ŞK	HK	ANM	ANM	ANM	ANM	HK	HK	HK	HK
1992	HK	ANK	HK	HK	HK	ANM	ANM	ANM	HK	HK	HK	HK
1993	HK	HK	HK	HK	ANM	HK	HK	HK	ANK	ŞK	ANK	ANK
1994	ANK	ANK	ANK	ANK	HK	HK	HK	HK	HK	ANM	ANK	HK
1995	HK	HK	HK	HK	HK	ANK	HK	HK	HK	HK	ANM	HK
1996	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	ANM	HK	HK	HK
1997	HK	HK	HK	ANM	HK	ANM	HK	ANM	ANM	NEM	ANM	ANM
1998	NEM	ANM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	ANM	ANM	HK	ANM	ANM
1999	NEM	ÇN	HK	HK	ANK	ANK	ANK	ANK	HK	HK	ANK	ANK
2000	ŞK	ŞK	ŞK	ANK	ANK	ANK	ANK	ANK	ANK	ANK	ANK	ŞK
2001	ŞK	ÇŞK	ŞK	ŞK	ANK	ANK	ANK	ANK	ŞK	ŞK	ANM	ÇN
2002	ÇN	NEM	NEM	ÇN	NEM	ANM	ANM	ANM	NEM	NEM	ANM	ANM
2003	ANM	NEM	ANM	NEM	NEM	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK
2004	NEM	HK	ANK	HK	HK	HK	ANK	ANK	ANK	ŞK	ANK	ŞK
2005	ŞK	ŞK	ŞK	ŞK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	ANM	HK
2006	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	ANM	ÇN	HK	HK
2007	HK	HK	HK	ANK	ANK	ŞK	ŞK	CSK	CSK	ŞK	ANK	HK
2008	HK	ANK	ANK	ANK	ŞK	ŞK	CSK	CSK	ŞK	ŞK	ANK	ŞK
2009	HK	ANM	ANM	ANM	ANM	HK	HK	HK	HK	HK	ANK	ANM
2010	ANM	NEM	ANM	ANM	ANM	NEM	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN
2011	NEM	NEM	ANM	ANM	NEM	NEM	NEM	ANM	ANM	NEM	ANM	ANM
2012	ÇN	ÇN	NEM	NEM	ÇN	NEM	NEM	NEM	ANM	ANM	HK	ANM
2013	ANM	NEM	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	HK	ANK
2014	ŞK	ÇŞK	ÇN	NEM	NEM	NEM	NEM	ANM	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN
2015	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	ÇN	HK	ANK	ŞK
2016	ŞK	ÇŞK	ÇN	NEM	NEM	ANM	ANM	ANM	NEM	HK	ANK	ANK
2017	ANK	ANK	ANK	ŞK	ANK	HK	HK	HK	HK	HK	ANK	ANK
2018	ANK	ŞK	ANK	ŞK	ŞK	ANM	ANM	ANM	ANM	HK	HK	HK
2019	ANM	HK	ANK	HK	ANK	HK	HK	HK	HK	HK	ANK	ANK
2020	ŞK	ANK	ŞK	ŞK	HK	ANM	ANM	HK	HK	HK	HK	ANK
2021	ANK	ŞK	NEM	HK	ŞK	ANK	ANK	ANK	ANK	ŞK	HK	ANM



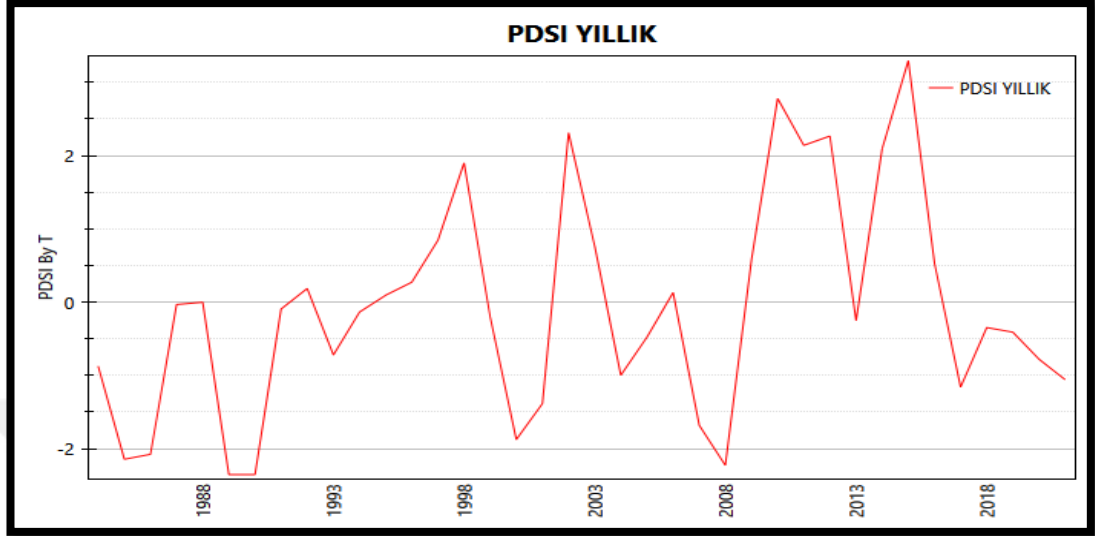
Şekil 4.21: 1984-2021 yılları arasında PDSI aylık indeksi kuraklık şiddet grafiği

Tablo 4.26: 1984-2021 yılları arasında PDSI aylık indeksi kuraklık periyotları ve şiddetleri

PDSI AYLIK			
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıcı	Kuraklık Süresi (Gün)	Kuraklık Şiddeti
1	1.01.1984	91	0.727
2	1.05.1984	1645	123.177
3	1.01.1989	850	90.438
4	1.09.1991	274	9.741
5	1.09.1992	242	11.641
6	1.06.1993	487	28.849
7	1.12.1994	335	10.485
8	1.12.1995	275	6.511
9	1.10.1996	182	9.78
10	1.05.1997	31	0.33
11	1.07.1997	31	0.054
12	1.10.1998	31	0.046
13	1.03.1999	153	10.568
14	1.09.1999	792	74.766
15	1.06.2003	214	9.712
16	1.02.2004	639	41.848
17	1.12.2005	274	11.2
18	1.11.2006	823	73.754
19	1.06.2009	183	7.833
20	1.11.2012	30	0.139
21	1.03.2013	365	25.107
22	1.10.2015	152	15.041
23	1.10.2016	608	48.908
24	1.10.2018	92	0.644
25	1.02.2019	486	30.867
26	1.08.2020	212	15.308
27	1.04.2021	244	19.458

PDSI yıllık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.22’de, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.27’de, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.23’de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.28’de sunulmaktadır. Tablo 4.28’e göre PDSI yıllık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen yıl sayısı toplamda 31 yıldır. Tablo 4.28 incelendiğinde en şiddetli kuraklığın 1 numaralı 1984 yılında başlayan 13 yıl periyotlu kuraklık olduğu gözlenmiştir.

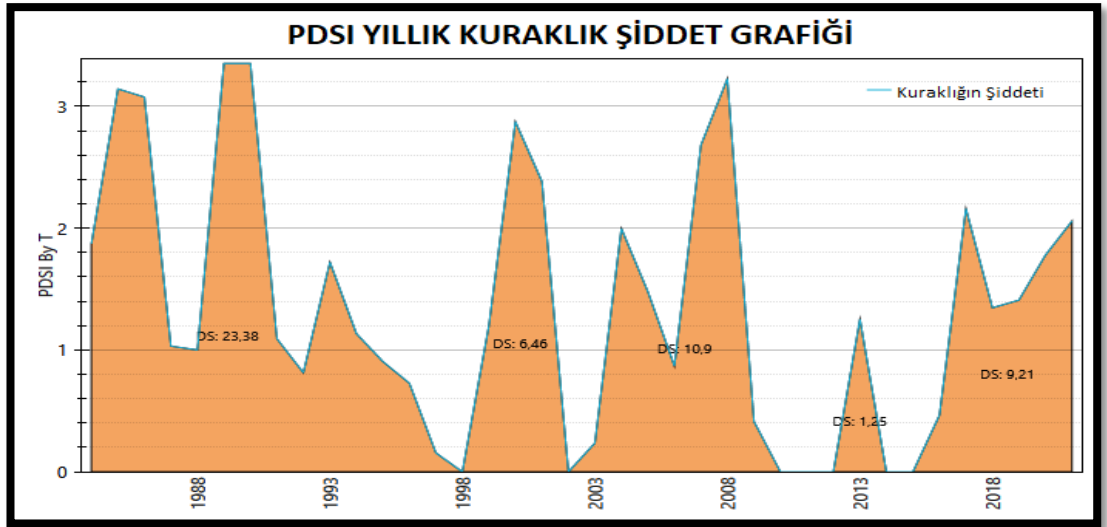
Tablo 4.28'e göre son 5 yılı incelediğimizde; tüm yıllarda kuraklık görülmüştür. 5 numaralı 1/01/2016 tarihinde başlayan ve 6 yıl süren kuraklık saptanmıştır.



Şekil 4.22: 1984-2021 yılları arasında PDSI yıllık sonuçları grafiği

**Tablo 4.27:** 1984-2021 yılları arasında PDSI yıllık indeksi kuraklık periyotları ve şiddetleri (ÇŞK: Çok Şiddetli Kuraklık, ŞK: Şiddetli Kuraklık, ANK: Anormal Kuraklık, HK: Hafif Kuraklık, NEM: Nemli, ANM: Anormal Nem, ÇN: Çok Nemli)

Yıllar	PDSI Yıllık	Yıllar	PDSI Yıllık	Yıllar	PDSI Yıllık	Yıllar	PDSI Yıllık	Yıllar	PDSI Yıllık
1984	HK	1992	HK	2000	ANK	2008	ŞK	2016	HK
1985	ŞK	1993	HK	2001	ANK	2009	HK	2017	ANK
1986	ŞK	1994	HK	2002	NEM	2010	NEM	2018	HK
1987	HK	1995	HK	2003	HK	2011	NEM	2019	HK
1988	HK	1996	HK	2004	HK	2012	NEM	2020	HK
1989	ŞK	1997	HK	2005	HK	2013	HK	2021	ANK
1990	ŞK	1998	ANM	2006	HK	2014	NEM		
1991	HK	1999	HK	2007	ANK	2015	ÇN		



Şekil 4.23: 1984-2021 yılları arasında PDSI yıllık kuraklık şiddet grafiği

Tablo 4.28: 1984-2021 yılları arasında PDSI yıllık kuraklık periyotları ve şiddetleri

PDSI YILLIK			
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıcı	Kuraklık Süresi (Gün)	Kuraklık Şiddeti
1	1.01.1984	5114	23.375
2	1.01.1999	1096	6.458
3	1.01.2003	2557	10.899
4	1.01.2013	365	1.252
5	1.01.2016	2192	9.213

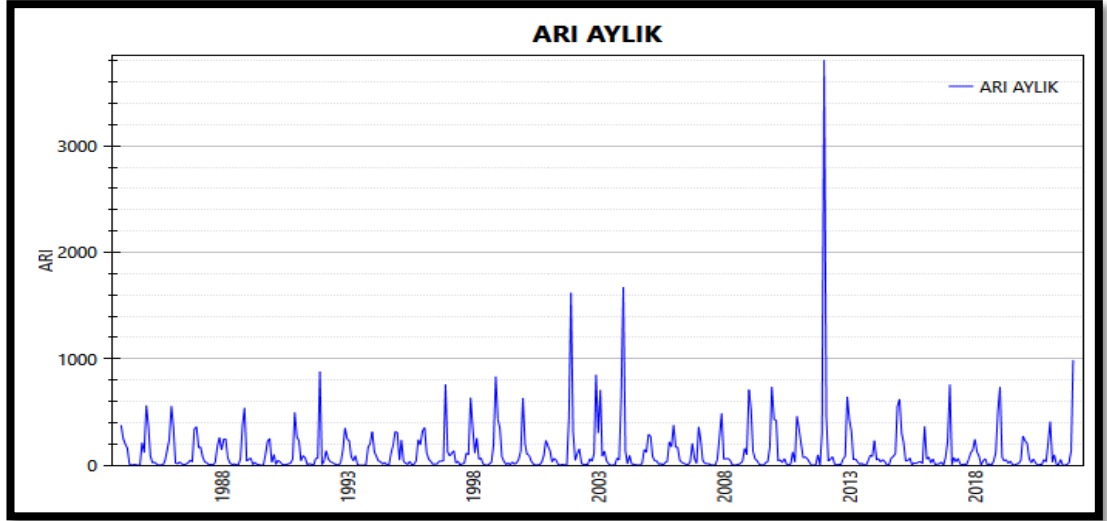
### 4.3 Tarımsal Kuraklık Analizi

#### 4.3.1 ARI Kuraklık İndeksi

Kuraklık analizi 1984-2021 yılları arasında ARI yöntemiyle hesaplanmıştır. ARI aylık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.24’de, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.29’da, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.25’de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.30’da sunulmaktadır.

Tablo 4.29’a göre her yılda en az 1 adet kurak ay olduğu gözlenmiştir. Temmuz ve ağustos aylarının tüm yıllarda kurak olarak geçtiği saptanmıştır. Genel olarak kuraklığın yığılım gösterdiği aylar Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ayları olarak gözlenmiştir. Şekil 4.25’e göre çok sayıda kuraklık periyotlarının yıllara göre yayılan bir dağılım gösterdiği saptanmıştır. Tablo 4.30’a göre ARI aylık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen gün sayısı toplamda 6663 gündür. Tablo 4.30 incelendiğinde en şiddetli kuraklığın 1 numaralı 1/05/1984’te başlayan 6 ay periyotlu kuraklık olduğu saptanmıştır. 8 numaralı 1/05/1989’da başlayan 6 ay periyotlu, 29 numaralı 1/05/2004’de başlayan 6 ay periyotlu, 15 numaralı 1/06/1993’te başlayan 5 ay periyotlu, 1/04/2007’de başlayan 6 ay periyotlu kuraklıkların şiddet değerinin 1 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu saptanmıştır.

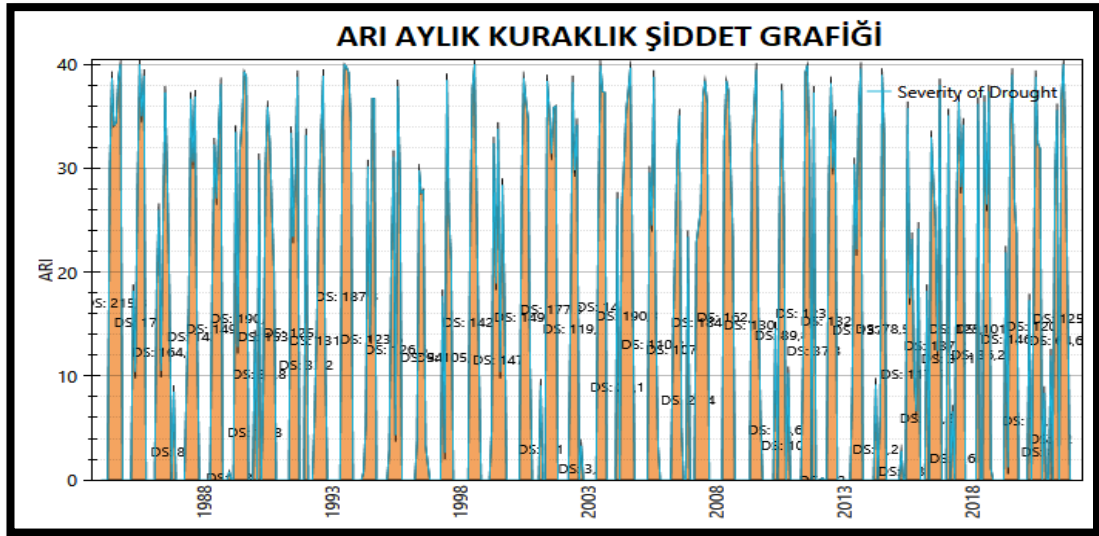
Tablo 4.30’a göre son 5 yıl incelendiğinde her yılda en az 1 adet kurak ay tespit edilmiştir. 55 numaralı 1/05/2019 tarihinde başlayan 6 ay süren kuraklığın şiddet bakımından maksimum olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.24: 1984-2021 yılları arasında ARI aylık sonuçları grafiği

Tablo 4.29: 1984-2021 yılları arasında ARI aylık sonuçlarının sınıflandırılması (KUR: Kurak, KD: Kurak Değil)

Yıl	Oc.	Sub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Evl.	Ek.	Kas.	Ar.
1984	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
1985	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD
1986	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KUR	KD
1987	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
1988	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD
1989	KUR	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD
1990	KUR	KD	KUR	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
1991	KD	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD
1992	KUR	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
1993	KD	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
1994	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD
1995	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD
1996	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
1997	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD
1998	KD	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
1999	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
2000	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
2001	KD	KD	KUR	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
2002	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KUR	KD	KD
2003	KD	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
2004	KD	KD	KUR	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
2005	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
2006	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KUR
2007	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD
2008	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD
2009	KD	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
2010	KD	KD	KD	KD	KUR	KD	KUR	KUR	KUR	KD	KUR	KD
2011	KD	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KUR	KD
2012	KD	KD	KUR	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD
2013	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD
2014	KD	KD	KD	KUR	KD	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD	KD
2015	KD	KD	KD	KUR	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR
2016	KD	KD	KD	KUR	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
2017	KD	KUR	KD	KUR	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD	KD
2018	KD	KD	KD	KUR	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
2019	KD	KD	KD	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD
2020	KD	KD	KD	KUR	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KUR	KD
2021	KD	KUR	KD	KUR	KUR	KD	KUR	KUR	KUR	KUR	KD	KD



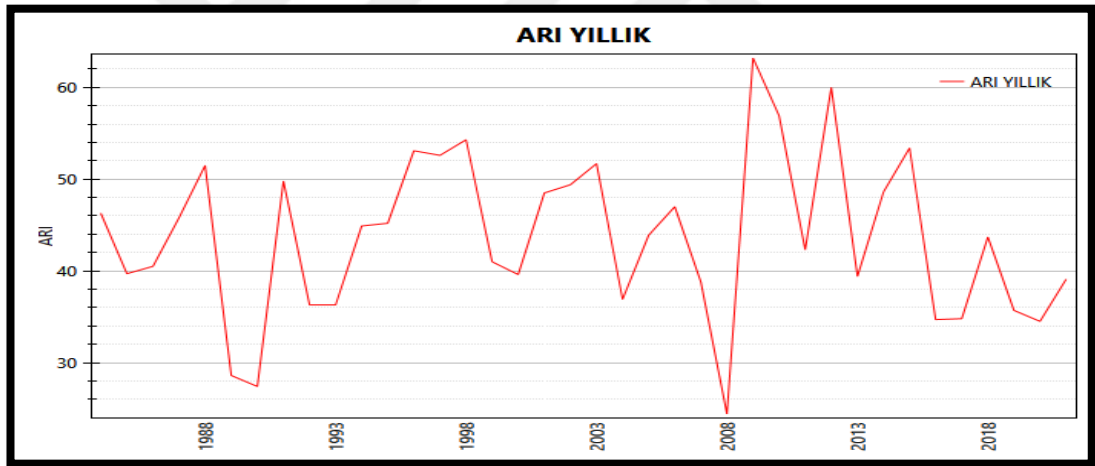
Şekil 4.25: 1984-2021 yılları arasında ARI aylık kuraklık şiddet grafiği

Tablo 4.30: 1984-2021 yılları arasında ARI aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri

ARI AYLIK							
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıcı	Kuraklık Süresi(Gün)	Kuraklık Şiddeti	Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıcı	Kuraklık Süresi(Gün)	Kuraklık Şiddeti
1	1.05.1984	184	215.8	32	1.12.2006	31	23.4
2	1.04.1985	183	171	33	1.04.2007	183	184.9
3	1.03.1986	214	164.2	34	1.05.2008	153	162.2
4	1.11.1986	30	8.5	35	1.06.2009	153	130.3
5	1.05.1987	184	143	36	1.05.2010	31	14.6
6	1.05.1988	153	149.9	37	1.07.2010	92	89.8
7	1.01.1989	31	0.8	38	1.11.2010	30	10.3
8	1.04.1989	183	190.7	39	1.06.2011	122	123.6
9	1.01.1990	31	13.8	40	1.11.2011	30	37.3
10	1.03.1990	31	30.8	41	1.03.2012	31	0.2
11	1.05.1990	184	153.3	42	1.06.2012	122	132.3
12	1.06.1991	122	125.3	43	1.05.2013	153	137
13	1.01.1992	31	33.2	44	1.04.2014	30	9.2
14	1.05.1992	184	131.7	45	1.06.2014	92	78.5
15	1.06.1993	153	187.8	46	1.04.2015	30	2.8
16	1.04.1994	183	123.6	47	1.07.2015	184	117.5
17	1.04.1995	183	126.6	48	1.04.2016	30	18.2
18	1.05.1996	184	94	49	1.06.2016	153	137.2
19	1.05.1997	153	105.4	50	1.02.2017	28	35.1
20	1.06.1998	153	142.4	51	1.04.2017	30	6.6
21	1.04.1999	214	147	52	1.06.2017	122	125.9
22	1.06.2000	153	149.1	53	1.04.2018	30	36.2
23	1.03.2001	31	9.1	54	1.07.2018	123	101.4
24	1.06.2001	153	177.3	55	1.05.2019	184	146.5
25	1.05.2002	123	119.2	56	1.04.2020	30	17.3
26	1.10.2002	31	3.3	57	1.06.2020	122	120.6
27	1.06.2003	122	141	58	1.11.2020	30	8.4
28	1.03.2004	31	27.1	59	1.02.2021	28	12
29	1.05.2004	184	190.3	60	1.04.2021	61	64.6
30	1.06.2005	153	110.8	61	1.07.2021	123	125.2
31	1.05.2006	153	107.5				

ARI yıllık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerleri Şekil 4.26'da, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.31'de, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.27'de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.32'de sunulmaktadır. Tablo 4.32'ye göre ARI yıllık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen yıl sayısı toplamda 15 yıldır. Tablo 4.32 incelendiğinde en şiddetli kuraklığın 6 numaralı 1/01/2007'de başlayan 2 yıl periyotlu kuraklık olduğu saptanmıştır. 9 numaralı 1/01/2019'da başlayan 6 ay periyotlu, 29 numaralı 1/05/2004'de başlayan 6 ay periyotlu, 15 numaralı 1/06/1993'te başlayan 5 ay periyotlu, 1/04/2007'de başlayan 6 ay periyotlu kuraklıkların şiddet değerinin 6 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu gözlenmiştir.

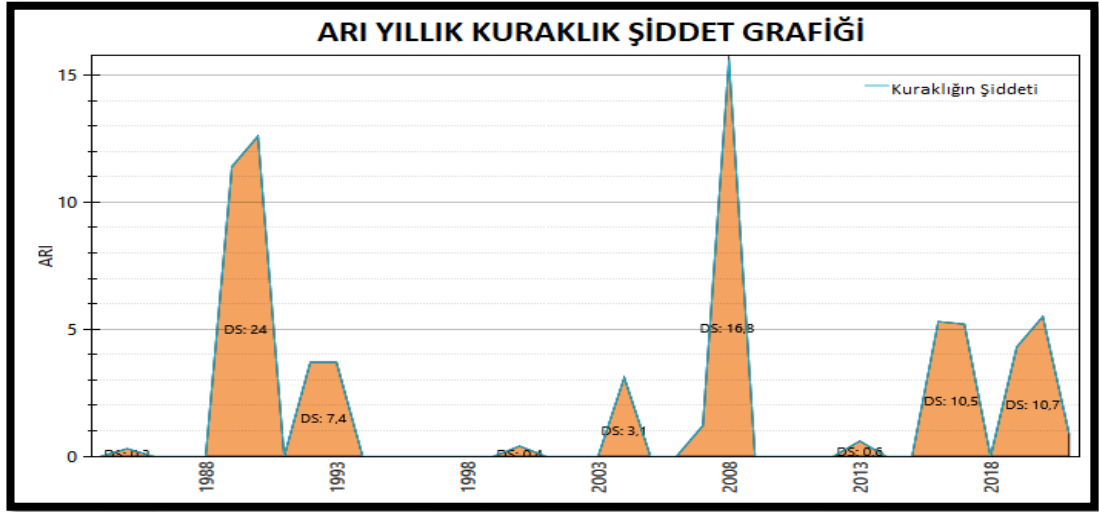
Tablo 4.32'ye göre son 5 yılı incelendiğimizde 2018 yılı hariç tüm yıllar kurak geçmiştir. 55 numaralı 1.05.2019'da başlayan 6 ay periyotlu kuraklığın şiddet değeri bakımından maksimum olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.26: 1984-2021 yılları arasında ARI yıllık sonuçları grafiği

Tablo 4.31: 1984-2021 yılları arasında ARI yıllık sonuçlarının sınıflandırılması (KUR: Kurak, KD: Kurak Değil)

Yıl	Arı Sonuç	Yıl	Arı Sonuç	Yıl	Arı Sonuç	Yıl	Arı Sonuç	Yıl	Arı Sonuç
1984	KD	1992	KUR	2000	KUR	2008	KUR	2016	KUR
1985	KUR	1993	KUR	2001	KD	2009	KD	2017	KUR
1986	KD	1994	KD	2002	KD	2010	KD	2018	KD
1987	KD	1995	KD	2003	KD	2011	KD	2019	KUR
1988	KD	1996	KD	2004	KUR	2012	KD	2020	KUR
1989	KUR	1997	KD	2005	KD	2013	KUR	2021	KUR
1990	KUR	1998	KD	2006	KD	2014	KD		
1991	KD	1999	KD	2007	KUR	2015	KD		



Şekil 4.27: 1984-2021 yılları arasında ARI yıllık kuraklık şiddet grafiği

Tablo 4.32: 1984-2021 yılları arasında ARI yıllık kuraklık periyotları ve şiddetleri

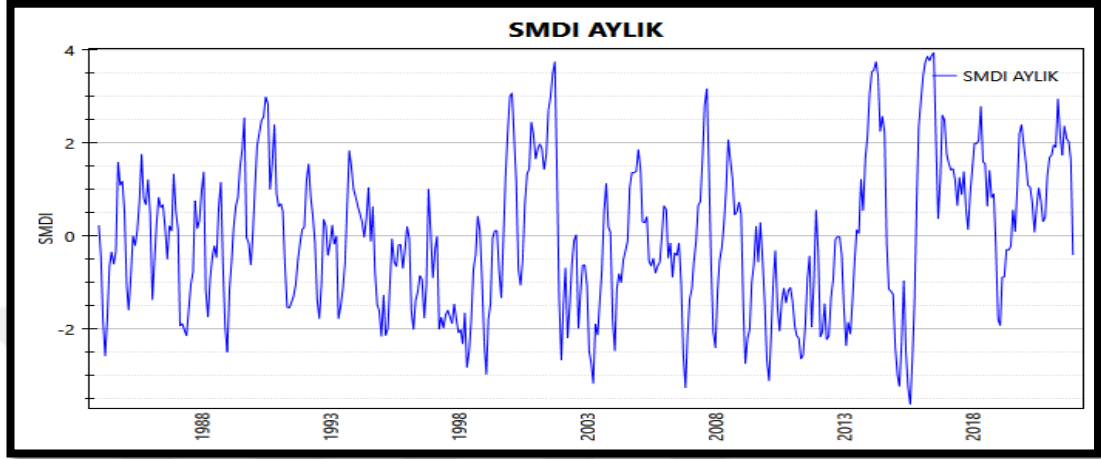
ARI YILLIK			
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıcı	Kuraklık Süresi Gün	Kuraklık Şiddeti
1	1.01.1985	365	0,3
2	1.01.1989	730	24
3	1.01.1992	731	7,4
4	1.01.2000	366	0,4
5	1.01.2004	366	3,1
6	1.01.2007	731	16,8
7	1.01.2013	365	0,6
8	1.01.2016	731	10,5
9	1.01.2019	1096	10,7

### 4.3.2 SMDI Kuraklık İndeksi

Kuraklık analizi 1984-2021 yılları arasında SMDI yöntemiyle hesaplanmıştır. SMDI aylık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.28'de, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.33'de, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.29'da, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.34'de sunulmaktadır. Tablo 4.34'e göre SMDI aylık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen gün sayısı toplamda 4246 gündür. Tablo 4.34'e göre en şiddetli kuraklığın 13 numaralı 1/04/1997 yılında başlayan 16 aylık periyotlu kuraklık olduğu saptanmıştır. 27 numaralı 1/06/2010 tarihinde başlayan 14 ay periyotlu, 32 numaralı 1/06/2015 tarihinde başlayan 5 ay periyotlu, 20 numaralı 1/01/2003 tarihinde başlayan 7 ay

periyotlu, 31 numaralı 1/10/2014 tarihinde başlayan 7 ay periyotlu kuraklıkların şiddet değeri 13 numaralı kuraklığı takiben yüksektir.

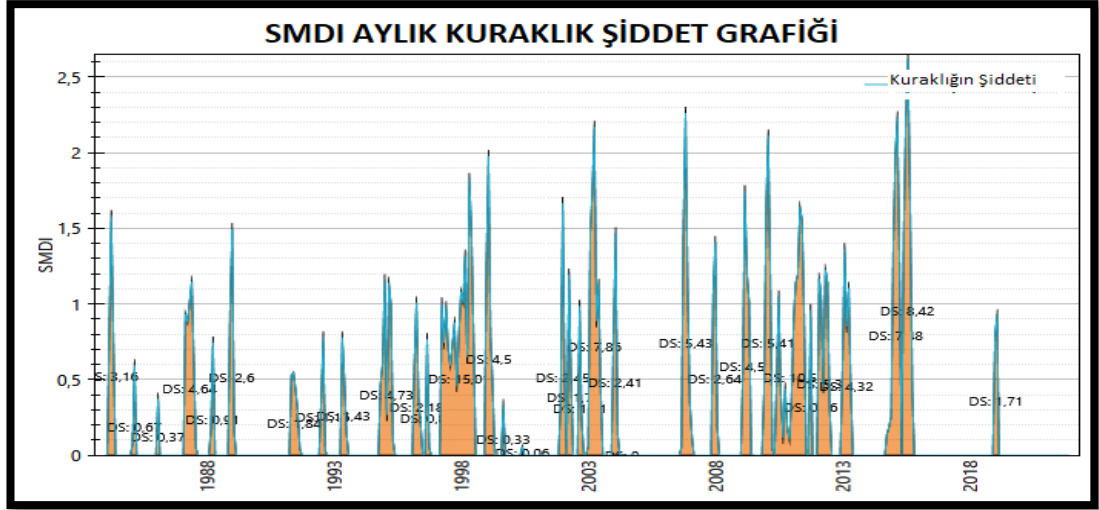
Tablo 4.34'e göre son 5 yılı incelediğimizde, sadece 33 numaralı 1/01/2019 tarihinde başlayan 1 ay periyotlu kuraklık saptanmıştır.



Şekil 4.28: 1984-2021 yılları arasında SMDI aylık sonuçları grafiği

Tablo 4.33: 1984-2021 yılları arasında SMDI aylık sonuçlarının sınıflandırılması (ÇŞK: Çok Şiddetli Kuraklık, ŞDK: Şiddetli Kuraklık, OKR: Orta Kuraklık, NY: Normale Yakın, NEM: Nemli)

Yıl	Oc.	Sub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Evl.	Ek.	Kas.	Ar.
1984	NY	NY	SDK	CSK	SDK	NY	NY	NY	NY	NEM	NEM	NEM
1985	NY	OKR	SDK	NY	NY	NY	NY	NY	NEM	NY	NY	NEM
1986	NY	OKR	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NY
1987	NY	NY	SDK	SDK	CSK	CSK	SDK	OKR	NY	NY	NY	NEM
1988	NY	NEM	OKR	SDK	NY	NY	NY	NY	NY	NEM	NY	SDK
1989	CSK	OKR	NY	NY	NY	NY	NEM	NEM	NEM	NY	NY	NY
1990	NY	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NY
1991	NY	NY	NY	NY	SDK	SDK	OKR	OKR	OKR	NY	NY	NY
1992	NY	NEM	NEM	NY	NY	NY	OKR	SDK	OKR	NY	NY	NY
1993	NY	NY	NY	NY	SDK	SDK	OKR	NY	NY	NEM	NEM	NEM
1994	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NEM	NY	NY	NY	OKR	SDK
1995	CSK	OKR	CSK	SDK	OKR	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NY
1996	NY	NY	SDK	CSK	OKR	OKR	NY	NY	SDK	OKR	NEM	NY
1997	NY	NY	NY	CSK	SDK	SDK	SDK	SDK	SDK	SDK	OKR	SDK
1998	CSK	CSK	CSK	SDK	CSK	CSK	SDK	NY	NY	NY	NY	NY
1999	CSK	CSK	SDK	OKR	KY	KY	KY	KY	OKR	KY	NEM	NEM
2000	NEM	NEM	NEM	NEM	KY	OKR	KY	KY	NEM	NEM	NEM	NEM
2001	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	OKR
2002	CSK	OKR	NY	CSK	SDK	NY	NY	NY	SDK	OKR	NY	NY
2003	OKR	CSK	CSK	CSK	SDK	CSK	OKR	NY	NY	NEM	NY	NY
2004	SDK	CSK	OKR	NY	OKR	NY	NY	NY	NEM	NEM	NEM	NEM
2005	NEM	NEM	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NY
2006	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NY	OKR	CSK	CSK	CSK
2007	OKR	OKR	NY	NY	NY	NY	NEM	NEM	NEM	NEM	NY	CSK
2008	CSK	OKR	NY	NY	NY	NY	NEM	NEM	NEM	NY	NY	NY
2009	NY	SDK	CSK	CSK	CSK	OKR	NY	NY	NY	NY	NY	OKR
2010	CSK	CSK	CSK	OKR	NY	OKR	CSK	OKR	OKR	OKR	OKR	OKR
2011	OKR	SDK	CSK	CSK	CSK	CSK	SDK	NY	NY	SDK	NY	NY
2012	NY	CSK	CSK	OKR	CSK	CSK	OKR	NY	NY	NY	NY	NY
2013	SDK	CSK	SDK	CSK	OKR	NY	NY	NY	NEM	NY	NEM	NEM
2014	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NY	OKR	OKR	OKR
2015	CSK	CSK	CSK	CSK	KY	CSK	CSK	CSK	CSK	OKR	NY	NEM
2016	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NY	NEM	NEM	NEM
2017	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NY	NEM	KY	NEM	NY	NY	NY
2018	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	KY	NEM	KY	KY	KY
2019	SDK	SDK	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NY	NEM	NEM	NEM
2020	NEM	NEM	NEM	NEM	NY	NY	NY	NY	NEM	NY	NY	NEM
2021	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NEM	NY

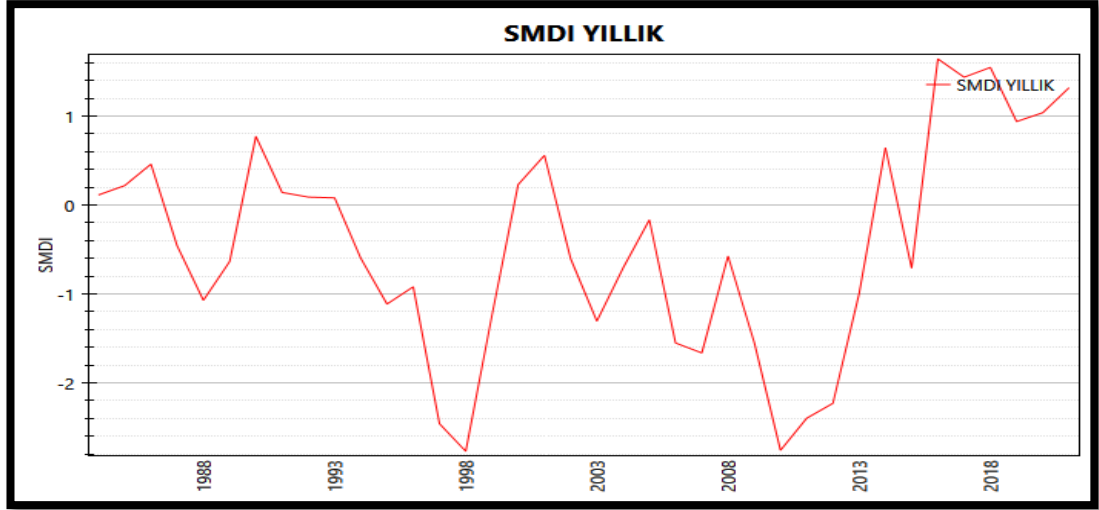


Şekil 4.29: 1984-2021 yılları arasında SMDI aylık kuraklık şiddet grafiği

Tablo 4.34: 1984-2021 yılları arasında SMDI aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri

SMDI AYLIK							
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıç Tarihi	Kuraklık Süresi	Kuraklık Şiddeti	Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıç Tarihi	Kuraklık Süresi	Kuraklık Şiddeti
1	1.03.1984	92	3.158	18	1.04.2002	61	1.703
2	1.02.1985	59	0.674	19	1.09.2002	61	1.214
3	1.02.1986	28	0.374	20	1.01.2003	212	7.859
4	1.03.1987	184	4.636	21	1.01.2004	91	2.409
5	1.03.1988	61	0.906	22	1.05.2004	31	0.003
6	1.12.1988	90	2.596	23	1.09.2006	181	5.433
7	1.05.1991	153	1.843	24	1.12.2007	91	2.641
8	1.07.1992	92	1.164	25	1.02.2009	150	4.523
9	1.05.1993	92	1.43	26	1.12.2009	151	5.413
10	1.11.1994	212	4.726	27	1.06.2010	426	10.555
11	1.03.1996	122	2.181	28	1.10.2011	31	0.958
12	1.09.1996	61	0.817	29	1.02.2012	182	5.363
13	1.04.1997	487	15.007	30	1.01.2013	151	4.317
14	1.01.1999	120	4.504	31	1.10.2014	212	7.476
15	1.09.1999	30	0.331	32	1.06.2015	153	8.416
16	1.06.2000	30	0.059	33	1.01.2019	59	1.714
17	1.12.2001	90	2.451				

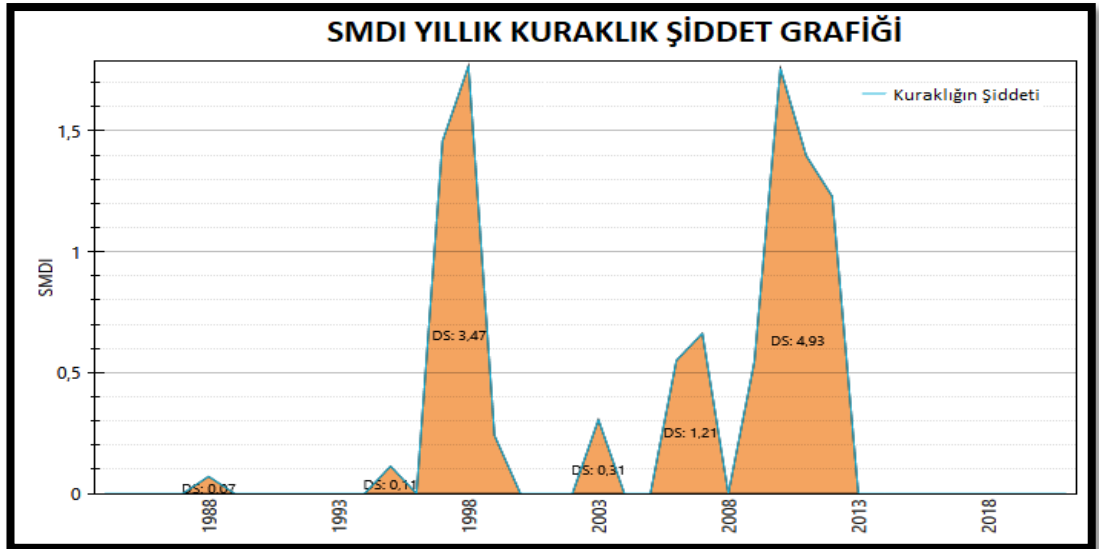
SMDI yıllık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.30'da, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.35'de, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.31'de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.36'da sunulmuştur. Tablo 4.36'ya göre SMDI yıllık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen yıl sayısı toplamda 12 yıldır. Tablo 4.36'ya göre en şiddetli kuraklığın 6 numaralı 2009 yılında başlayan 4 yıl periyotlu kuraklık olduğu tespit edilmiştir. 2013 yılından sonra kuraklık gözlemlenmemiştir.



Şekil 4.30: 1984-2021 yılları arasında SMDI yıllık sonuçları grafiği

Tablo 4.35: 1984-2021 yılları arasında SMDI yıllık sonuçlarının sınıflandırılması (ÇŞK: Çok Şiddetli Kuraklık, ŞDK: Şiddetli Kuraklık, OKR: Orta Kuraklık, NY: Normale Yakın, NEM: Nemli)

Yıl	SMDI Sonuç	Yıl	SMDI Sonuç	Yıl	SMDI Sonuç	Yıl	SMDI Sonuç	Yıl	SMDI Sonuç
1984	NY	1992	NY	2000	NY	2008	NY	2016	NEM
1985	NY	1993	NY	2001	NY	2009	ŞDK	2017	NEM
1986	NY	1994	NY	2002	NY	2010	ÇŞK	2018	NEM
1987	NY	1995	OKR	2003	OKR	2011	ÇŞK	2019	NY
1988	OKR	1996	NY	2004	NY	2012	ÇŞK	2020	NEM
1989	NY	1997	ÇŞK	2005	NY	2013	NY	2021	NEM
1990	NY	1998	ÇŞK	2006	ŞDK	2014	NY		
1991	NY	1999	OKR	2007	ŞDK	2015	NY		



Şekil 4.31: 1984-2021 yılları arasında SMDI yıllık kuraklık şiddet grafiği

**Tablo 4.36:** 1984-2021 yılları arasında SMDI yıllık kuraklık indeksi kuraklık periyotları ve şiddetleri

SMDI YILLIK			
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıç Tarihi	Kuraklık Süresi(Gün)	Kuraklık Şiddeti
1	1.01.1988	366	0.071
2	1.01.1995	365	0.113
3	1.01.1997	1095	3.469
4	1.01.2003	365	0.305
5	1.01.2006	730	1.213
6	1.01.2009	1461	4.93

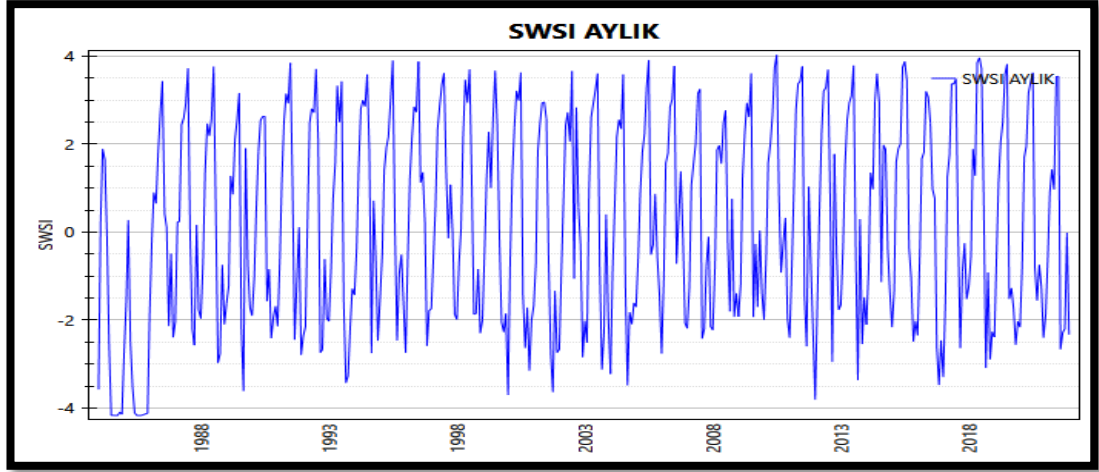
#### 4.4 Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.4.1 SWSI Kuraklık İndeksi

Kuraklık analizi 1984-2021 yılları arasında SWSI yöntemiyle hesaplanmıştır. SWSI aylık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.32'de, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.37'de, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.33'de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.38'de sunulmuştur.

Tablo 4.38'e göre SWSI aylık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen gün sayısı toplamda 5133 gündür. Şekil 4.33'e göre çok sayıda kuraklık periyodu yıllara göre dağılım göstermiştir. Tablo 4.38'e göre 3 numaralı 1/04/1985 tarihinde başlayan 10 ay periyotlu kuraklığın şiddet bakımından maksimum olduğu gözlenmiştir. 2 numaralı 1/05/1984 yılında başlayan 6 ay periyotlu, 54 numaralı 1/10/2016 yılında başlayan 5 ay periyotlu, 29 numaralı 1/06/2001 tarihinde başlayan 5 ay periyotlu, 18 numaralı 1/08/1993 yılında başlayan 6 ay periyotlu, 28 numaralı 1/08/2000 6 ay periyotlu, 27 numaralı 1/10/1999 tarihinde başlayan 6 ay periyotlu kuraklıkların şiddetlerinin 3 numaralı kuraklığı takiben yüksek olduğu saptanmıştır.

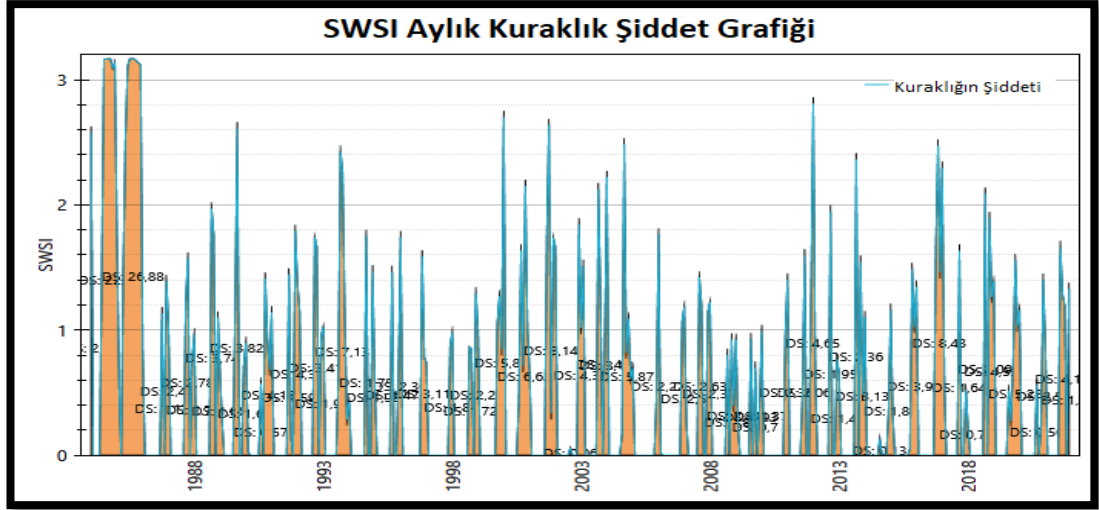
Tablo 4.38'e göre son 5 yıla baktığımızda her yılda en az 1 adet kurak ay tespit edilmiştir. En şiddetli kuraklığın 54 numaralı 1/10/2016 tarihinde başlayan 5 ay periyotlu kuraklık olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.32: 1984-2021 yılları arasında SWSI aylık sonuçları grafiği

Tablo 4.37: 1984-2021 yılları arasında SWSI aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri (ŞK: Şiddetli Kuraklık, OK: Orta Kuraklık, HK: Hafif Kuraklık, NOR: Normale Yakın, AN: Az Nem, ON: Orta Nemli, ŞN: Şiddetli Nem)

Yıl	Oc.	Sub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Evl.	Ek.	Kas.	Ar.
1984	SK	NOR	AN	AN	NOR	OK	SK	SK	SK	SK	SK	SK
1985	OK	HK	NOR	OK	SK	SK	SK	SK	SK	SK	SK	SK
1986	HK	NOR	NOR	NOR	AN	ON	SN	NOR	NOR	OK	NOR	OK
1987	OK	NOR	NOR	ON	ON	ON	SN	NOR	OK	OK	NOR	HK
1988	HK	NOR	AN	ON	ON	ON	SN	NOR	OK	OK	NOR	OK
1989	HK	HK	AN	NOR	ON	ON	SN	OK	SK	AN	NOR	HK
1990	HK	HK	NOR	AN	ON	ON	ON	HK	NOR	OK	HK	HK
1991	OK	NOR	AN	ON	SN	ON	SN	AN	OK	HK	NOR	OK
1992	OK	OK	NOR	ON	ON	ON	SN	ON	OK	OK	NOR	HK
1993	OK	NOR	NOR	AN	SN	ON	SN	HK	SK	SK	OK	HK
1994	HK	NOR	AN	ON	ON	ON	SN	AN	OK	NOR	NOR	OK
1995	HK	NOR	AN	AN	ON	ON	SN	NOR	OK	NOR	NOR	HK
1996	OK	NOR	AN	ON	ON	ON	SN	AN	AN	NOR	OK	HK
1997	HK	NOR	NOR	ON	ON	SN	SN	AN	NOR	AN	NOR	HK
1998	HK	NOR	NOR	ON	SN	ON	SN	AN	HK	HK	NOR	OK
1999	HK	NOR	AN	ON	AN	ON	SN	ON	NOR	OK	OK	HK
2000	SK	NOR	AN	ON	SN	ON	SN	HK	OK	HK	SK	OK
2001	HK	NOR	AN	ON	ON	ON	ON	NOR	OK	SK	HK	OK
2002	OK	NOR	NOR	ON	ON	AN	SN	HK	ON	NOR	NOR	OK
2003	OK	OK	NOR	ON	ON	SN	SN	NOR	SK	OK	NOR	HK
2004	SK	NOR	NOR	ON	ON	ON	SN	HK	SK	HK	OK	HK
2005	HK	NOR	NOR	AN	ON	SN	SN	NOR	NOR	NOR	NOR	HK
2006	OK	HK	AN	AN	ON	ON	SN	NOR	NOR	AN	NOR	OK
2007	OK	HK	AN	AN	AN	SN	SN	OK	OK	NOR	NOR	OK
2008	OK	NOR	AN	AN	AN	ON	ON	NOR	HK	NOR	HK	HK
2009	HK	HK	AN	ON	ON	ON	SN	HK	NOR	HK	NOR	HK
2010	HK	NOR	AN	AN	ON	SN	SN	NOR	NOR	NOR	NOR	HK
2011	OK	NOR	NOR	ON	SN	SN	SN	HK	OK	AN	NOR	OK
2012	SK	HK	NOR	ON	SN	SN	SN	NOR	OK	AN	NOR	HK
2013	HK	NOR	AN	ON	ON	ON	SN	NOR	SK	NOR	OK	HK
2014	OK	NOR	AN	NOR	ON	SN	ON	HK	AN	AN	NOR	HK
2015	OK	HK	AN	AN	AN	SN	SN	SN	NOR	HK	OK	OK
2016	OK	NOR	AN	AN	SN	ON	ON	NOR	NOR	OK	SK	OK
2017	SK	HK	AN	AN	SN	SN	SN	NOR	OK	NOR	NOR	HK
2018	HK	NOR	AN	AN	SN	SN	SN	NOR	SK	NOR	OK	OK
2019	OK	NOR	AN	AN	ON	SN	SN	HK	HK	HK	OK	OK
2020	OK	NOR	AN	AN	SN	SN	SN	NOR	HK	NOR	HK	OK
2021	HK	NOR	NOR	AN	NOR	SN	SN	OK	OK	OK	NOR	OK



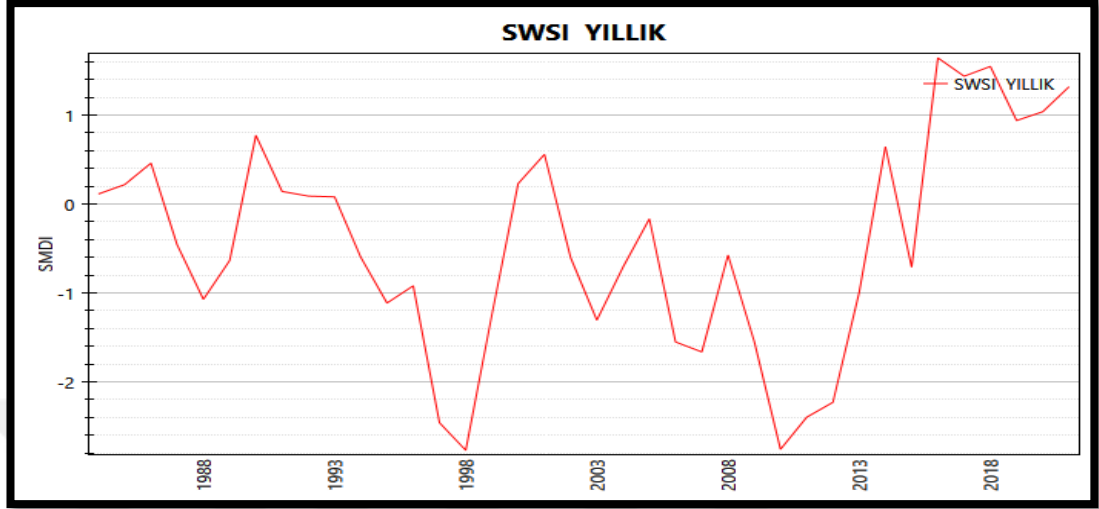
Şekil 4.33: 1984-2021 yılları arasında SWSI aylık kuraklık şiddet grafiği

Tablo 4.38: 1984-2021 yılları arasında SWSI aylık kuraklık periyotları ve şiddetleri

SWSI AYLIK											
No	Tarih	Periyot (Gün)	Şiddet	No	Tarih	Periyot (Gün)	Şiddet	No	Tarih	Periyot (Gün)	Şiddet
1	1.01.1984	31	2.578	22	1.12.1995	62	2.357	43	1.12.2009	62	1.368
2	1.06.1984	273	22.74	23	1.11.1996	92	3.113	44	1.12.2010	62	2.362
3	1.04.1985	306	26.883	24	1.12.1997	62	1.855	45	1.08.2011	61	2.064
4	1.10.1986	31	1.135	25	1.09.1998	61	1.715	46	1.12.2011	91	4.652
5	1.12.1986	62	2.444	26	1.12.1998	62	2.29	47	1.09.2012	30	1.95
6	1.09.1987	61	2.781	27	1.10.1999	123	5.875	48	1.12.2012	62	1.421
7	1.12.1987	62	1.738	28	1.08.2000	184	6.618	49	1.09.2013	30	2.364
8	1.09.1988	61	3.737	29	1.09.2001	153	8.137	50	1.11.2013	92	3.133
9	1.12.1988	90	1.959	30	1.08.2002	31	0.059	51	1.08.2014	31	0.135
10	1.08.1989	61	3.819	31	1.12.2002	90	4.375	52	1.12.2014	90	1.814
11	1.12.1989	90	1.642	32	1.09.2003	61	3.4	53	1.10.2015	123	3.908
12	1.08.1990	31	0.572	33	1.12.2003	62	3.14	54	1.10.2016	151	8.434
13	1.10.1990	123	4.179	34	1.08.2004	184	5.875	55	1.09.2017	30	1.636
14	1.09.1991	61	1.589	35	1.12.2005	90	2.223	56	1.12.2017	62	0.752
15	1.12.1991	91	4.309	36	1.12.2006	90	2.503	57	1.09.2018	30	2.089
16	1.09.1992	61	3.408	37	1.08.2007	61	2.63	58	1.11.2018	92	4.546
17	1.12.1992	62	1.979	38	1.12.2007	62	2.372	59	1.08.2019	184	5.28
18	1.08.1993	184	7.13	39	1.09.2008	30	0.803	60	1.09.2020	30	0.56
19	1.09.1994	30	1.753	40	1.11.2008	120	2.439	61	1.11.2020	92	2.507
20	1.12.1994	62	1.983	41	1.08.2009	31	0.928	62	1.08.2021	92	4.148
21	1.09.1995	30	1.466	42	1.10.2009	31	0.701	63	1.12.2021	31	1.33

SWSI yıllık değerlerinin 1984-2021 yılları arasındaki; değerlerinin grafiği Şekil 4.34’de, değerlerin sınıflandırılması Tablo 4.39’da, kuraklık şiddet grafiği Şekil 4.35’de, kuraklık periyotları ve şiddetleri Tablo 4.40’da sunulmuştur. Tablo 4.40’a göre SWSI yıllık kuraklık indeksinde 1984-2021 yılları arasında kurak geçen yıl sayısı toplamda 4 yıldır.

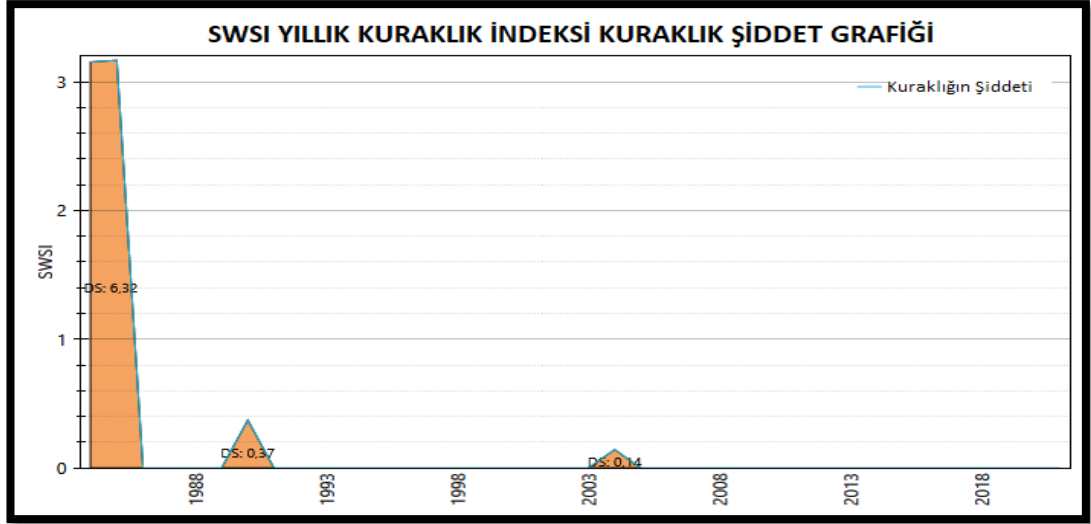
Tablo 4.40'a göre en şiddetli kuraklığın 1 numaralı 1/01/1984'te başlayan ve 2 yıl süren kuraklık olduğu gözlenmiştir. Son 5 yıla baktığımızda kuraklık tespit edilmemiştir.



Şekil 4.34: 1984-2021 yılları arasında SWSI yıllık sonuçları grafiği

**Tablo 4.39:** 1984-2021 yılları arasında SWSI yıllık sonuçlarının sınıflandırılması (ŞK: Şiddetli Kuraklık, OK: Orta Kuraklık, HK: Hafif Kuraklık, NOR: Normale Yakın, AN: Az Nem, ON: Orta Nemli, ŞN: Şiddetli Nem)

Yıl	SWSI	Yıl	SWSI	Yıl	SWSI	Yıl	SWSI	Yıl	SWSI
1984	ŞK	1992	NOR	2000	NOR	2008	NOR	2016	NOR
1985	ŞK	1993	NOR	2001	NOR	2009	NOR	2017	NOR
1986	NOR	1994	AN	2002	AN	2010	ON	2018	ON
1987	NOR	1995	AN	2003	NOR	2011	AN	2019	NOR
1988	NOR	1996	AN	2004	HK	2012	AN	2020	AN
1989	NOR	1997	AN	2005	AN	2013	AN	2021	NOR
1990	HK	1998	AN	2006	AN	2014	AN		
1991	AN	1999	NOR	2007	NOR	2015	ON		



**Şekil 4.35:** 1984-2021 yılları arasında SWSI yıllık kuraklık şiddet grafiği

**Tablo 4.40:** 1984-2021 yılları arasında SWSI yıllık kuraklık periyotları ve şiddetleri

SWSI YILLIK			
Kuraklık Numarası	Kuraklık Başlangıcı	Kuraklık Süresi	Kuraklık Şiddeti
1	1.01.1984	731	6.321
2	1.01.1990	365	0.372
3	1.01.2004	366	0.142

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kuraklık çağımızın en ciddi problemleri arasında yer almaktadır. Kuraklık yerüstü ve yeraltı su kaynaklarımızın, tarımsal alanlarımızın azalmasına sebebiyet vermektedir. Bunların sonucunda susuzluk, kıtlık ve ürün çeşidinde azalma görülmektedir. Sosyoekonomik yaşamı derinden etkilemektedir.

Bu çalışmada Çivril-Baklan Ovası 1984-2021 yılları arasında SWAT hidrolojik modeli ile analiz edilmiştir. Hidrolojik modelleme sonucu elde edilen verilerin bir kısmı kullanılarak meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık indeksleri hesaplanmıştır.

Yıllık ortalama yağış 525.6 mm ile sadece yağış parametresi olarak değerlendirildiğinde Akdeniz iklimi ile Karasal iklim ortalamasında yer almaktadır.

Yıllık ortalama potansiyel evapotranspirasyon 1208.9 mm'dir. Yıllık ortalama potansiyel evapotranspirasyonun yıllık ortalama yağıştan büyük olması iklimin genel olarak kurak olup sulama ihtiyacı gereksinimi olduğunu göstermektedir.

SWAT modeli sonuçlarından elde ettiğimiz su stresi çekilen gün sayısı 83 gündür. Su stresi çekilen günlerde su talebi mevcut su miktarını aşmıştır. Su stresinin artması su kaynaklarının bozulmasına sebep olmaktadır.

SWAT hidrolojik modeli sonuçlarından ve diğer verilerden; akarsu akışı kullanılarak SWSI indeksi, potansiyel evapotranspirasyon (PET) kullanılarak ARI ve PDSI kuraklık indeksleri, toprak nemi kullanılarak SMDI kuraklık indeksi hesaplanmıştır.

SPI indeksi yıllık sonuçları ile PN indeksi yıllık sonuçları çok yüksek oranda benzerlik göstermiştir. Her iki indekste de kuraklık gösteren yıllar 1989, 1990, 1992 ve 2008'dir. Yıllık grafikte SPI'de, PN'ye ek olarak 2017 yılında kuraklık gözlemlenmiştir. Her iki indekste girdi olarak sadece yağış verisini kullanmaktadır.

PN indeksi ve RAI indeksinde aylık grafiklerde benzer bir şekilde genele yayılan çok sayıda kuraklık periyodu gözlemlenmiştir. SPI aylık grafikte bu indekslere

göre daha az kuraklık periyodu yaşanmıştır. Her üç meteorolojik indekste girdi olarak sadece yağış verisini kullanmaktadır.

PDSI'de aylık ve yıllık grafiklerde; incelenen diğer meteorolojik kuraklık indekslerine (SPI, RAI, PN) göre daha uzun periyotlu kuraklıklar oluşmuştur. PDSI bu indekslerden yağışın yanında PET (potansiyel evapotranspirasyon) verisini kullanmasıyla ayrılır ve daha hassastır.

RAI, PN, ARI, SWSI kuraklık indekslerinin aylık bazda kuraklık şiddet grafiği incelendiğinde PDSI'ye göre kısa periyotlu çok sayıda kuraklığın genele yayılım gösterdiği saptanmıştır. PDSI'de ise uzun periyotlu kuraklıkların 2002 ve 2010 hariç yıllara düzenli dağılım gösterdiği saptanmıştır.

Aylık bazda tüm indeksler incelendiğinde 1984-2021 yılları arasında en fazla kurak gün sayısına sahip üç indeks sırasıyla PDSI (9741 gün), RAI (8041gün) ve PN (6419gün)'dür.

Aylık bazda tüm indeksler incelendiğinde 1984-2021 yılları arasında en az kurak gün sayısına sahip üç indeks sırasıyla SPI (2003 gün), SMDI (4246 gün), SWSI (5133 gün)'dür.

Yıllık bazda tüm indeksler incelendiğinde 1984-2021 yılları arasında en fazla kurak yıla sahip üç indeks sırasıyla PDSI (31 yıl), RAI (20 yıl), ARI (15 yıl)'dır.

Yıllık bazda tüm indeksler incelendiğinde 1984-2021 yılları arasında en az kurak yıla sahip üç indeks sırasıyla SWSI (4 yıl), PN (4 yıl), SPI (5 yıl)'dır.

Çalışmamızdaki tüm indeksler aylık bazda incelendiğinde RAI, PN, SWSI ve ARI indekslerinde tüm yıllarda en az 1 ayda kuraklık gözlemlenmiştir.

Son 5 yıla baktığımızda tüm kuraklık indekslerini aylık bazda incelediğimizde SPI (2019 yılı) ve SMDI (2017, 2018, 2020, 2021) yıllarındaki aylar hariç diğer tüm indekslerde tüm yıllarda en az 1 adet ayda kuraklık görülmüştür.

Son 5 yıla baktığımızda tüm kuraklık indekslerini yıllık bazda incelediğimizde PN, SMDI, SWSI kuraklık indekslerinde hiç kurak yıl gözlemlenmemiştir. SPI indeksinde en az 1 adet yılda kuraklık gözlemlenmiştir. PDSI, RAI (2017 yılı hariç)

ve ARI (2018 yılı hariç) kuraklık indeksinde son 5 yılda tüm yıllarda kuraklık görülmüştür.

Çivril-Baklan Ovası bölgesinde kuraklık ile ilgili çalışmaların artırılması gerekmektedir. Tarımsal ürünlerin verimliliklerinin, bölgenin sulama ihtiyacının ayrıntılı biçimde çeşitli çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir. Bölgedeki kuraklık probleminin çözümü için önerilerimiz şunlardır:

1. Açık kanal sulaması azaltılarak, kapalı basınçlı sistem sulamaya geçilmelidir.
2. Çiftçi kayıt sistemi desteklenmelidir.
3. Çiftçiler bilinçlendirilerek gerektiğinde su tüketimi az olan ürünlere yönlendirilmelidir.
4. İzleme ve erken uyarı sistemleri kurulmalıdır.
5. Yeraltı su akiferlerinin, kış ve feyezan suları ile beslenmelidir.
6. Yağmur suyu hasadı gibi teknik ve teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

Abbaspour, K.C., Faramarzi, M., Ghasemi, S.S. and Yang, H., “Assessing the impact of climate change on water resources in Iran”, *Water Resources Research*, 45, W10434, <https://doi.org/10.1029/2008WR007615>, (2009).

Ahn, S.R., Jeong, J.H., and Kim, S.J., “Assessing drought threats to agricultural water supplies under climate change by combining the SWAT and MODSIM models for the Geum River basin, South Korea”, *Hydrological Sciences Journal*, 61(15), 2740–2753, <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.1112905>, (2016).

Aksever, F., Eroğlu A., “Çivril-Baklan (Denizli) Ovasında Yerlatisuyuna İklim Değişikliğinin Etkisi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 11-26, (2016).

Aktaş, S., Kalyoncuoğlu, Ü.Y. ve Anadolu Kılıç N.C., “Eğirdir Göl Havzasının De Martonne Yöntemi ile Kuraklık Analizi”, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(2), 229–238, <https://doi.org/10.21923/jesd.XXXXXX>, (2018).

Askar, M.A. ve Başibüyük, M., “İklim Değişikliğinin Seyhan Havzası Su Kaynakları Üzerindeki Etkilerinin SWAT Modeli ile Değerlendirilmesi”, *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 39(2), (2020).

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

Bacanlı, Ü.G., Dikbas, F. ve Baran T., “Kuraklık Analizinde Entropi Yöntemi”, *VII. Ulusal Hidroloji Kongresi*, <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3118.0329>, (2012).

Bacanlı, Ü.G., Kargı, P.G., “Uzun ve Kısa Süreli Periyotlarda Kuraklık Analizi: Bursa Örneği”, *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler Dergisi*, 5(1), 166-174, <https://doi.org/10.21324/dacd.429391>, (2019).

Bacanlı, Ü.G., Tanrıkulu A., “Ege Bölgesinde Buharlaşıma Verilerinin Trend Analizi”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(3), 980-987, (2017).

Bakanoğulları, F., “SPEI ve SPI İndisleri Kullanılarak İstanbul-Damlıca Deresi Havzasında Kuraklık Şiddetlerinin Analizi”, *Toprak Su Dergisi*, 9(1), 1-10, (2020).

Bayissa, Y., Maskey, S., Tadesse, T., Andel, S.J.V, Morges, S., Griensven, A.V. and Solomatine D., “Comparison of the Performance of Six DroughtIndices in Characterizing Historical Drought for the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia”, *Geosciences Switzerland*, 8(3), 81, (2018).

Burholder, J., Allen, E.H., Kinder, C.A., Flood, S., “Natural Resource Condition Assesment:Horseshoe Bend National Military Park”, *Natural Resource Report NPS/SECN/NRR*, 981, Colorado, (2015).

Ceylan, M.A., Biricik A.S., “Baklan-Çivril Havzası ve Yakın Çevresinin Hidrojeomorfolojik Etüdü”, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Eğitimi Anabilim Dalı*, İstanbul, (1998).

Costa, A., Rodrigues, J.P., “Space-time distribution of rainfall anomaly index(RAI) for the Salgado Basin, Ceara State-Brazil”, *Ciencia e Natura*, 39(3), 627-634, (2017).

Çakmak, B., *Tarımsal Kuraklık Yönetimi*, Ankara, (2023).

Doesken, N.J., McKee, T.B., Kleist, J., “Development of a Surface Water Supply Index For The Western United States”, *Colorado State University*, 303, 491-8545, (1991).

Ege, İ., Polat, S., İzmirli, E., “Özdemirci (Çivril-Denizli) Havzasının Morfotektonik Özelliklerinin CBS ile Belirlenmesi”, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(44), 141-167, (2019).

FAO, UNESCO, “Soil Map of the World[online]”, (12 February 2023), <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/faunesco-soil-map-of-the-world/en/>, (2023).

Frankenberger, J., Daneshvar , F. , “Hydrologic Response Units(HRUs) Concepts[online]”, (11 October 2022), <https://swat.tamu.edu/workshops/instructional-videos/introduction/hydrologic-response-units-hrus-concepts/>, (2019).

Garen, D.C., “The Surface Water Supply Index: Formulation and Issues”, *Remote presentation for World Meteorological Organization workshop on hydrological drought indices*, Geneva Switzerland, (2011).

Garen,D.C., “Revised Surface-Water Supply Index For Western United States”, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 119(4), 437-454, (1993).

Google Earth, “Çivril-Baklan Ovası[online]”, (10 Ocak 2023), <https://earth.google.com/web/>, (2023).

Güner, Ü.B., “Büyük Menderes Havzası Kuraklık Çözümlemesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, (1996).

Işıldar, M., “Tarımsal Kuraklık İndisleri ile Ege Bölgesi Bazı İllerinin Mısır Üretiminde Olabilecek Değişimlerin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı*, Aydın, (2010).

İBB CBS Akademi, “DEM Nedir?[online]”, (19 Şubat 2023), <https://cbsakademi.ibb.istanbul/dem-digital-elevation-model-sayisal-yuksekklik-modeli/>, (2023).

Jain, V.K., Pandey, R.P., Jain, M.K., “Spatio-temporal Assessment of Vulnerability to Drought”, *Nat Hazards*, 76(1), 443-469, <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1502-z>, (2015).

Jang, D., “Assesment of Meteorological Drought Indices in Korea Using RCP 8.5 Scenario”, *Water(Switzerland)*, 10, 283, (2018).

Jokar, P., Masudi, M., “Analyzing Spatial Pattern of Drought in Iran, using Percent of Normal Index (PNI)”, *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(4), 2011-2018, (2018).

Köksoy, N.E., *Tr52 Bölgesi (Konya Karaman) Kuraklık İndeksi*, Mevlana Kalkınma Ajansı, 4, (2012).

Liang, Z., Su, X., Feng, K., “Drought propagation and construction of a comprehensive drought index based on the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) and empirical Kendall distribution function ( $K_C$ ): a case study for the Jinta River basin in northwestern China”, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21, 1323-1335, (2021).

Lima, T.S., De Souza, W.M., Cardoso, A., Galvıncio, J., “Analysis of climate variability in semiarid region, Petrolandia, Pernambuco”, *Journal of Hyperpectral Remote Sensing*, 6, 91-98, (2016).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Kuraklık ve Sınıflandırması[online]”, (27 Ocak 2023), <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yontemsinif>, (2023).

NASA, “POWER Data Access Wiewer[online]”, (8 January 2023), <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>, (2023).

Özcan, Z., “Evaluation Of The Best Management Practices To Control Agricultural Diffuse Pollution In Lake Mogan Watershed With Swat Model”, Master of Science Thesis, *Environmental Engineering Department Middle East Technical University*, Ankara, (2016).

Özdemir, K., Güngör, Ö., “Filyos Çayı Havzasında SWAT Modelinin Uygulanması”, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(2), (2019).

Özfidaner, M., Şapolyo, D., Topaloğlu, F., “Seyhan Havzası Akım Verilerinin Hidrolojik Kuraklık Analizi”, *Toprak Su Dergisi*, 7(1), 57-64, (2018).

Palmer, W.C., “Keeping Track of Crop Moisture Conditions, Nationwide: The New Crop Moisture Index”, *Weatherwise*, 21, 156-161, (1968).

Peker, İ.B., “Türkiye’deki Dağık Havzalarda Uygulanan SWAT Modeli ile İklim Değişikliğinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Eskişehir, (2020).

Prodhan, F.A., Zhang, J., Yao, F., Shi, L., Pangali Sharma, T.P., Zhang, D., Cao, D., Zheng, M., Ahmed, N., Mohanna, H.P., “Deep Learning for Monitoring Agricultural Drought in South Asia Using Remote Sensing Data”, *Remote Sensing MDPI*, 13, 1715, <https://doi.org/10.3390/rs13091715>, (2021).

Sarı, Ö., “Aşağı Seyhan Havzası Hidrolojik Dinamiklerinin SWAT ile Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, (2018).

Sayari, N., Bannayan, M., Alizadeh, A., Farid, A., “Using drought indices to assess climate change impacts on drought conditions in the northeast of Iran(case study:Kashafrood basin)”, *Wiley Online Library*, doi: 10.1002/met.1347, (2013).

Srivastava, P., Gupta, A.K., Kalin, L., “An Ecologically Sustainable Surface Water Withdrawal Framerwork for Cropland Irrigation:A Case Study in Alabama”, *Enviromental Management*, 46, 302-313, doi: 10.1007/s00267-010-9537-8, (2010).

Svoboda M., Fuchs B.A., *Handbook of Drought Indicators and Indices*, 1173, Switzerland, (2016).

Tarım ve Orman Bakanlığı, “Corine Arazi Örtüsü Sınıfları[online]”, (2 Mart 2023), <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/araziortususiniflari.html>, (2015).

Tarım ve Orman Bakanlığı, “Corine Nedir?[online]”, (4 Mart 2022), <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/nedir.html>, (2015).

United States Geological Survey, ”Earth Explorer[online]”, (13 October 2022), <https://earthexplorer.usgs.gov/>, (2022).

Wikipedi, “Çivril Ovası[online]”, (25 Ocak 2023), [https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87ivril\\_Ovas%C4%B1](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87ivril_Ovas%C4%B1), (2023).

Vu, M.T., Raghavan, V.S., Liong, S.Y., “Ensemble Climate Projection for Hydro-Meteorological Drought Over a River Basin in Central Highland, Vietnam”, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19(2), 427-423, doi:10.1007/s12205-015-0506-x, (2015).

Wang, D., Hejazi, M., Cai, X., Valocchi, A., “Climate change impact on meteorological, agricultural, and hydrological drought in central Illinois”, *Water Resource Research*, 47, doi: 10.1029/2010WR009845, (2011).

Wilhite, D.A., Glantz, M.H., *Understanding The Drought Phenomenon: The Role Of Definitions*, Boulder: Westwiev Press, 11-27, (1987).

Willeke, G., Hosking, J.R.M., Wallis, J.R., Guttman, N.B, *The National Drought Atlas*, Institue for Water Sources Report, 94(4), (1994).

Yahaya, T.I., Muhammed, M., Yusuf, M.J., “Assesing Rainfall Variability Impacts Using Agricultural Index (ARI) on Cassava Growth in Ilorin Area of Kwara State, Nigenia”, *Int. J. Environ Policy Issues Geo Stud. Forum*, 6, 158-170, (2013).