

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KIZILIRMAK HAVZASINDA HİDROMETEOROLOJİK PARAMETRELERLE  
KURAKLIK ANALİZİ VE TAHMİNİ

Derya SELÇUK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KIZILIRMAK HAVZASINDA HİDROMETEOROLOJİK  
PARAMETRELERLE KURAKLIK ANALİZİ VE TAHMİNİ**

**DERYA SELÇUK**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SAMSUN  
2017**

**Her hakkı saklıdır.**

## TEZ ONAYI

Derya SELÇUK tarafından hazırlanan “Kızılırmak Havzasında Hidrometeorolojik Parametrelerle Kuraklık Analizi Ve Tahmini” adlı tez çalışması 20/02/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** Yrd. Doç. Dr. Aslı ÜLKE  
Hidrolik Anabilim Dalı

### Jüri Üyeleri

**Başkan** Doç. Dr. Turgay PARTAL  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Hidrolik Anabilim Dalı

**Üye** Yrd. Doç. Dr. Aslı ÜLKE  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Hidrolik Anabilim Dalı

**Üye** Yrd. Doç. Dr. Adem BAYRAM  
Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Hidrolik Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım. .../.../20..**

**Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK**  
**Enstitü Müdürü**

## ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

20/02/2017

Derya Selçuk

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi  
KIZILIRMAK HAVZASINDA HİDROMETEOROLOJİK  
PARAMETRELERLE KURAKLIK ANALİZİ VE TAHMİNİ

Derya Selçuk  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Aslı Ülke

Sanayi devriminden sonra etkisini iyice hissettiren küresel iklim değişikliği, özellikle 1990'lı yıllardan sonra tüm dünyada yaşanan taşkın ve kuraklık afetlerinin sayısı ve değişikliklerinin artması ile en yüksek değerine ulaşmıştır. Ülkemiz, iklimdeki bu değişimleri ve etkilerini her geçen yıl daha fazla hissetmekte, küresel iklim değişikliğinin ülkemize verdiği zararın boyutu her geçen yıl büyümektedir. Ekstrem sıcaklık değerleri, taşkın değerleri ve kimi bölgelerde gözlenmeye başlayan kuraklık değerleri insan yaşamını etkileyen ciddi boyutlara ulaşmış durumdadır. Akarsu debilerindeki azalmalardan dolayı tatlı su kaynakları yetersiz kalmış, havzalar arası su transferi gündeme gelmiştir.

Bu çalışmada, Kızılırmak Havzasına ait hidrolojik ve meteorolojik veriler kullanılarak havzanın kuraklık durumu analiz edilmiştir. Yağış parametresiyle meteorolojik kuraklığı ifade eden standart yağış indisi (SPI), akım parametresiyle hidrolojik kuraklığı ifade eden akım kuraklık indisi (SDI) hesaplanmıştır. Havzada kuraklıklar gözlemlenmiş ve bu iki indisin birbirleriyle uyumlu sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Ayrıca veri madenciliği yöntemi kullanılarak, SDI'dan bağımsız olan meteorolojik parametrelerle, SDI ve akım verilerini tahmin etmek amacıyla WEKA'da modeller kurulmuştur. Çalışılan veri setlerinde modeller yeterli düzeyde başarılı sonuçlar üretememiştir.

Şubat 2017, 122 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Kızılırmak Havzası; Kuraklık; Küresel İklim Değişikliği; SDI; SPI; Veri Madenciliği; WEKA.

## ABSTRACT

Master's Thesis  
DROUGHT ANALYSIS AND ESTIMATION IN KIZILIRMAK BASIN USING  
HYDROMETEOROLOGICAL PARAMETERTS

Derya Selçuk  
Ondokuz Mayıs University  
Graduate School of Sciences  
Department of Civil Engineering  
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Aslı Ülke

Global climate variation revealing its effects intensely after the Industrial Revolution, have increased extremely with the rise in the number and variation of flood and drought problems worldwide within the years from 1990 to 2000. Our country is strongly suffering from this climate variation and its undesired consequences increasing every year. Extreme temperature values, serious flood and drought problems occurring in some regions have begun to produce considerable damages on daily human life. As a result of the decrease in the discharge of streams, the lack of fresh water resources have become a serious problem which have been considered to be solved with the derivation of fresh water resources for natural life and for other human purposes.

In this study, drought conditions of the basin were analyzed using hydrological and meteorological data of Kızılırmak Basin. Standardized precipitation index (SPI) expressing meteorological drought with rainfall parameter and streamflow drought index (SDI) expressing hydrological drought with current parameter were calculated. Droughts were observed in the basin and it was understood that these two indices give harmonious results. In addition, models were established in WEKA to estimate SDI and stream data using meteorological parameters independent of SDI using the data mining method. Models in the data sets that were run failed to produce satisfactory results.

February 2017, 122 pages

**Key Words:** Kızılırmak Basin; Drought; Global Climate Variation; SDI; SPI; Data Mining; WEKA.

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana destek olan, bilgi ve birikimlerini paylaşan, yol gösteren, ufkumu açan değerli danışman hocam Yrd. Doç Dr. Aslı Ülke'ye, teşekkürlerimi sunarım.

Tezimle ilgili bilgi ve fikir edinmeme yardımcı olan hocalarım, Prof. Dr. Özlem Terzi'ye, Doç. Dr. Ecir Uğur Küçüksille'ye, Okutman Esin Yavuz'a, değerli zamanlarını ayırarak tezimi değerlendiren hocalarım Doç. Dr. Turgay Partal ve Yrd. Doç. Dr. Adem Bayram'a teşekkürlerimi ifade ederim.

Öğrenim hayatım boyunca üzerimde emeği olan tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca desteğini ve yardımını esirgemeyen İnşaat Yüksek mühendisi Ali Öztürk'e, çalışmamda kullandığım verilerin temininde yardım eden İnşaat Mühendisi Ali Ercan Morkan'a, Harita Mühendisi Alaattin Muratoğlu'na, Jeofizik Mühendisi Sedat Erden'e, meslek hayatımda ve tez çalışmamda desteğini gördüğüm değerli mesai arkadaşım İnşaat Mühendisi Ahmet Emrah Türedi'ye, moral ve desteğiyle her zaman yanımda olan canım kardeşim Deniz Selçuk'a ve tez çalışmam dahil, tüm hayatım boyunca her konuda tam desteğini gördüğüm biricik annem Havva Ayazoğlu'na teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmanın bilime ve ülkemize yararlı olmasını dilerim.

Şubat 2017, Samsun

Derya Selçuk



*Anneme,*



## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin Amacı .....	1
1.2. Literatür Araştırması .....	2
1.2.1. Kuraklık çalışma özetleri .....	2
1.2.2. Veri madenciliği çalışma özetleri.....	6
2. KURAKLIK .....	9
2.1. Kuraklığa Etki Eden Faktörler .....	10
2.2. Kuraklık Çeşitleri .....	10
2.2.1. Meteorolojik kuraklık.....	10
2.2.2. Tarımsal kuraklık .....	11
2.2.3. Hidrolojik kuraklık .....	11
2.3. Kuraklığın Etkileri.....	12
2.3.1. Ekonomik etkiler .....	12
2.3.2. Çevresel etkiler.....	12
2.3.3. Sosyal etkiler .....	12
2.4. Türkiye’de Kuraklık.....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	14
3.1. Çalışma Alanı .....	14
3.1.1. Kızılırmak Nehri .....	14
3.1.2. Kızılırmak Havzası.....	15
3.1.3. Kızılırmak Havzasında kuraklık değerlendirilmesi yapılacak istasyonlar ...	16
3.2. Kuraklık İndisleri .....	20
3.2.1. Standart yağış indisi (SPI).....	20
3.2.2. Akım kuraklık indisi (SDI) .....	23
3.3. Veri Madenciliği .....	24
3.3.1. Veri madenciliği tanımı.....	24
3.3.2. Veri madenciliği süreci .....	26
3.3.3. Veri madenciliği modelleri ve yöntemleri .....	27
3.3.4. WEKA’nın tanıtılması.....	29
3.3.4. Veri Madenciliği Algoritmaları.....	38
4. KIZILIRMAK HAVZASINDA SPI VE SDI İLE KURAKLIK İNDİSİ VE VERİ MADENCİLİĞİ UYGULAMASI .....	40
4.1. Model - 1 .....	41
4.2. Model - 2 .....	42
4.3. Model - 3 .....	42
5. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	43
5.1. SPI Sonuçlarının İrdelenmesi .....	43
5.2. SDI Sonuçlarının İrdelenmesi .....	53
5.3. SPI ve SDI Sonuçlarının Birlikte İrdelenmesi .....	56
5.4. Veri Madenciliği Sonuçlarının İrdelenmesi .....	58
5.4.1. Model – 1 çözümler.....	59
5.4.2. Model – 2 çözümler.....	59

5.4.3. Model – 3 çözümler.....	60
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR .....	66
EKLER.....	74
EK 1: Yağış istasyonlarına ait 3, 6, 12, ve 24 aylık SPI grafikleri .....	74



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### SİMGELER

$X_i$	Yağış Miktarı
$\bar{X}_i$	Yağış Ortalaması
$\sigma$	Standart Sapma
$\alpha$	Şekil Parametresi
$\beta$	Ölçek Parametresi
$\Gamma(a)$	Gamma Fonksiyonu
$G(x)$	Gamma Dağılımı
$H(x)$	Toplam Olasılık Dağılımı
$k$	Referans Periyodu
$n$	Yağış Gözlemlerinin Sayısı
$S_k$	Standart Sapma
$V_k$	Kümülatif Akış Hacmi
$Z$	Standart Yağış Değeri

### KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ANFIS	Adaptive Neuro Fuzzy Inference System
CZI	Çin-Z İndeksi
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
EDI	Etkin Kuraklık İndeksi
HBA	Hemoglobin A
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
P	Basınç
PN	Normal Yüzdesi
Rh	Relative Humidity (nispi nem)
RSES	Rough Set Exploration System
MAK	Maksimum
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MİN	Minimum
SDI	Akarsu Kuraklık İndisi
SPI	Standartlaştırılmış Yağış İndisi
Ta	Hava Sıcaklığı
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
Ws	Rüzgar Hızı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Türkiye hidrolojik havzaları (URL-3) .....	15
Şekil 3.2. Yağış ve akım gözlem istasyonları .....	19
Şekil 3.3. WEKA Explorer ön işleme paneli ekran görüntüsü .....	31
Şekil 3.4. WEKA sınıflandırma paneli ekran görüntüsü.....	32
Şekil 3.5. WEKA klasör paneli ekran görüntüsü .....	32
Şekil 3.6. WEKA birleştirme paneli ekran görüntüsü.....	33
Şekil 3.7. WEKA seçim özellikleri paneli ekran görüntüsü .....	34
Şekil 3.8. WEKA görselleştirme paneli ekran görüntüsü .....	35
Şekil 3.9. WEKA etkileşimli karar ağacı inşası ekran görüntüsü .....	36
Şekil 3.10. WEKA yapay sinir ağları arayüzü ekran görüntüsü .....	36
Şekil 3.11. WEKA hata oranları ekranı .....	37
Şekil 5.1. Tomarza meteoroloji istasyonunun yıllık yağış serisi .....	43
Şekil 5.2. Tomarza İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	44
Şekil 5.3. Tomarza İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	45
Şekil 5.4. Tomarza İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	45
Şekil 5.5. Tomarza İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	46
Şekil 5.6. Tomarza İstasyonu ilkbahar mevsimi kuraklık dağılımları .....	49
Şekil 5.7. Tomarza İstasyonu yaz mevsimi kuraklık dağılımları.....	49
Şekil 5.8. Tomarza İstasyonu sonbahar mevsimi kuraklık dağılımları .....	50
Şekil 5.9. Tomarza İstasyonu kış mevsimi kuraklık dağılımları.....	50
Şekil 5.10. Söğütlühan İstasyonu, 1964 - 2009 yıllarına ait akım verilerinin 3, 6, 9 ve 12 aylık SDI değerleri .....	54
Şekil 5.11. Yamula İstasyonu, 1940 - 2003 yıllarına ait akım verilerinin 3, 6, 9 ve 12 aylık SDI değerleri .....	55

Şekil 5.12. Bulakbaşı İstasyonu, 1973 - 2009 yıllarına ait akım verilerinin 3, 6, 9 ve 12 aylık SDI değerleri .....	55
Şekil 5.13. Gemerek İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	75
Şekil 5.14. Gemerek İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	75
Şekil 5.15. Gemerek İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	76
Şekil 5.16. Gemerek İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	76
Şekil 5.17. Sivas İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	77
Şekil 5.18. Sivas İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	77
Şekil 5.19. Sivas İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	78
Şekil 5.20. Sivas İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	78
Şekil 5.21. Şarkışla İstasyonu, 1975 - 2009 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	79
Şekil 5.22. Şarkışla İstasyonu, 1975 - 2009 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	79
Şekil 5.23. Şarkışla İstasyonu, 1975 - 2009 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	80
Şekil 5.24. Şarkışla İstasyonu, 1975 - 2009 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	80
Şekil 5.25. Çiçekdağı İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	81
Şekil 5.26. Çiçekdağı İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	81
Şekil 5.27. Çiçekdağı İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	82
Şekil 5.28. Çiçekdağı İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	82

Şekil 5.29. Keskin İstasyonu, 1977 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	83
Şekil 5.30. Keskin İstasyonu, 1977 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	83
Şekil 5.31. Keskin İstasyonu, 1977 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	84
Şekil 5.32. Keskin İstasyonu, 1977 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	84
Şekil 5.33. Kırıkkale İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	85
Şekil 5.34. Kırıkkale İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	85
Şekil 5.35. Kırıkkale İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	86
Şekil 5.36. Kırıkkale İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	86
Şekil 5.37. Bala İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	87
Şekil 5.38. Bala İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	87
Şekil 5.39. Bala İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	88
Şekil 5.40. Bala İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	88
Şekil 5.41. Kulu İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	89
Şekil 5.42. Kulu İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	89
Şekil 5.43. Kulu İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	90
Şekil 5.44. Kulu İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	90
Şekil 5.45. Ürgüp İstasyonu, 1979 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	91

Şekil 5.46. Ürgüp İstasyonu, 1979 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	91
Şekil 5.47. Ürgüp İstasyonu, 1979 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	92
Şekil 5.48. Ürgüp İstasyonu, 1979 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	92
Şekil 5.49. Çorum İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	93
Şekil 5.50. Çorum İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	93
Şekil 5.51. Çorum İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	94
Şekil 5.52. Çorum İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	94
Şekil 5.53. Osmancık İstasyonu, 1976 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	95
Şekil 5.54. Osmancık İstasyonu, 1976 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	95
Şekil 5.55. Osmancık İstasyonu, 1976 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	96
Şekil 5.56. Osmancık İstasyonu, 1976 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	96
Şekil 5.57. Tosya İstasyonu, 1975 - 2011 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	97
Şekil 5.58. Tosya İstasyonu, 1975 - 2011 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	97
Şekil 5.59. Tosya İstasyonu, 1975 - 2011 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	98
Şekil 5.60. Tosya İstasyonu, 1975 - 2011 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	98
Şekil 5.61. Kastamonu İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	99
Şekil 5.62. Kastamonu İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	99

Şekil 5.63. Kastamonu İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	100
Şekil 5.64. Kastamonu İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	100
Şekil 5.65. Ilgaz İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	101
Şekil 5.66. Ilgaz İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	101
Şekil 5.67. Ilgaz İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	102
Şekil 5.68. Ilgaz İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	102
Şekil 5.69. Bafra İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri.....	103
Şekil 5.70. Bafra İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri.....	103
Şekil 5.71. Bafra İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri.....	104
Şekil 5.72. Bafra İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri.....	104



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılacak yağış gözlem istasyonlarına ait özellikler.....	17
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılacak aylık yağış verilerine ait temel istatistik değerler.....	18
Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılacak akım gözlem istasyonlarına ait özellikler .....	18
Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılacak aylık akım verilerine ait temel istatistik değerler.....	19
Çizelge 3.5. SPI değerlendirme tablosu (McKee vd., 1993).....	21
Çizelge 3.6. SDI değerlendirme tablosu (Nalbantis, 2008) .....	24
Çizelge 5.1. Yağış istasyonlarında görülen maksimum kuraklık dönemleri .....	47
Çizelge 5.2. Yağış istasyonlarına göre kuraklıkların mevsimsel dağılımları .....	52
Çizelge 5.3. Akım gözlem istasyonlarında görülen maksimum kuraklık dönemleri .	53
Çizelge 5.4. Model – 1 için WEKA’da bulunan sonuçlar .....	59
Çizelge 5.5. Model – 2 için WEKA’da bulunan sonuçlar.....	60
Çizelge 5.6. Model – 3 için WEKA’da bulunan sonuçlar .....	61

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunu artması, şehirleşme, iklim değişimleri, orman tahribatları, çölleşme sonucunda kuraklık toplum, çevre ve ülkeleri tehdit eden boyutlara ulaşmaktadır. Kuraklıkların ekonomik ve toplumsal boyutları vardır. Toplumun ekonomisi, sağlığı, psikolojisi ve ticareti ile yakından ilgilidir. Kuraklık dünyada etkisini gittikçe artırmasına rağmen kapsamı henüz tam anlaşılamamış ve etkileri yeterince değerlendirilememiştir. Bunun doğal sonucu olarak da kuraklığın kesin tanımı yapılamamaktadır. Yapılan tanımlar mesleklere göre meteorolojik, hidrolojik, tarımsal, coğrafik veya endüstriyel, enerji üretimi, su temini, denizcilik, mesire yerleri bakımından olmaktadır (Şen, 2001).

Uluslararası Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesinde kuraklık; yağışların kaydedilen normal düzeylerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi ve kaynak üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan doğal bir olay olarak tanımlanmıştır (WMO, 1997).

### 1.1. Tezin Amacı

Ülkemizde iklim değişikliğinden etkilenen öncelikli bölgeler IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) raporlarına göre; Akdeniz, Ege, Doğu ve İç Anadolu bölgeleridir. Bununla birlikte Orta Karadeniz bölgesinde son yıllarda yaz aylarında yaşanan taşkın felaketleri, iklim değişikliğinin bu bölgedeki en büyük göstergesidir. Yaz aylarında yaşanan kuraklık il merkezlerinde içme suyu şebekelerinden su sağlanamaması gibi olağan dışı durumlara kadar ulaşmıştır. Kuraklık; deprem, taşkın gibi diğer doğal afetlere göre daha az sıklıkta meydana gelen ve diğer doğal afetlerden farklı olarak yavaş yavaş gelişen, daha geniş alanları kapsayan, daha fazla canlının yaşamını tehdit eden bir afettir.

Tez çalışmasının konusu olan Kızılırmak Havzasında kuraklık analizleri DMİ (Devlet Meteoroloji İşleri) tarafından yapılmış çalışmalarda dikkat çekici bir biçimde ön plana çıkmıştır. Bu nedenle, yüksek lisans çalışmasında bölgeye ait önemli bir sorunun irdelenmesi, bölgeye hizmet etmesi gibi düşüncelerle Kızılırmak Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Havzaya adını veren Kızılırmak, Türkiye sınırları

içerisinde doğan ve yine bu sınırlar içerisinde denize dökülen en uzun (1355 km) akarsudur. Delice, Devrez Gökırmak gibi birçok koldan beslenmektedir. Nehrin ana çıkış kaynağı karasal iklimin hüküm sürdüğü bölgede ise kıvrımlar yaparak aşağı yöndeki Karadeniz'e dökülmektedir.

Tez çalışmasında öncelikli olarak havza içinde uzun süreli ölçüm yapan yağış ve akım gözlem istasyonları incelenmiş, ilgili kurumlardan gerekli hidrometeorolojik veriler temin edilmiştir. Bölgede yapılan çalışmalar incelendiğinde Kızılırmak Havzası'nda bu tipte güncel verilerle yapılmış bir çalışmanın olmadığı ve bu yönde bölgenin ciddi ihtiyaç duyduğu saptanmıştır. Bu çalışma son yıllarda küresel iklim değişikliğinin bir neticesi olarak yavaş yavaş kendini hissettirmeye başlayan kuraklığa dair havzada yapılması gereken bir ön çalışma niteliğindedir. Hem yağış hem de akım parametrelerini dikkate alarak, kuraklığın sadece yağış eksikliği olarak değerlendirilmemesi gerekliliğini irdelenmektedir. Bu bağlamda söz konusu tez çalışmasının önemli bir boşluğu doldurması ve bölgeye katkı sağlaması amaçlanmaktadır. Sürdürülebilir bütünleşik havza yönetimi açısından bu havzaların iklim değişikliği etkisinde kuraklık analizi ile gelecekteki su potansiyelleri daha gerçekçi bir biçimde ortaya konacaktır.

Kuraklık analizi yapılırken standart yağış indisi (SPI) ve akım kuraklık indisi (SDI) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca, SPI ve SDI ile yapılan kuraklık tahmini sonuçları, veri madenciliği sürecinde değerlendirilerek, veri madenciliği yönteminin kuraklık tahmininde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

## **1.2. Literatür Araştırması**

### **1.2.1. Kuraklık çalışma özetleri**

Kuraklık konusunda ülkemizde yapılmış olan ilk çalışmalardan biri, 1943 yılında Tanoğlu tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada istasyonlara ait sıcaklık ve yağış değerlerine De Martonne'nin kuraklık indisi formülü uygulanmış ve Türkiye'ye ait bir kuraklık haritası oluşturulmuştur (Tanoğlu, 1943).

Erinç'in 1949-1950 yıllarında yapmış olduğu çalışmada, aylık yağış, sıcaklık ve buharlaşma değerlerini kullanarak Thorntwaite yöntemi ile Türkiye'nin kuraklık derecesi ve kurak alanlar belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda İç Anadolu Bölgesi

ve Iğdır Havzası yarıkurak iklim olarak nitelendirilmiştir (Erinç 1949 ve 1950). Erinç 1957 yılında yaptığı başka bir çalışmada, Türkiye’de su ihtiyacı ve kuraklık problemini incelemiştir. Erinç tarafından geliştirilen indiste, yıllık toplam yağışın sıcaklığa oranından faydalanılır ve kuraklık sınıfları elde edilir. Bu sınıflamalarda, Türkiye’nin tümü için haritalar elde edilmiştir. Kartezyen koordinatlarda çizilen grafiklerde potansiyel buharlaşma+terleme, yağış, toplam su miktarı, su eksiklik miktarı, toprak nemi kullanımı ve toprak nemi yükü verilmiştir (Erinç, 1957).

Tümertekin 1956 yılında yaptığı “Türkiye’de Kuraklık Süresinin Coğrafi Dağılışı” başlıklı çalışmada, De Martonne ve Thornwaite formüllerine göre hesapladığı indislerle, Türkiye’de kurak aylar sayısını incelemiştir. 1957 yılında yaptığı “Türkiye’de kuraklık indisleri, 1930–1951” başlıklı incelemesinde ise, De Martonne indisini kullanarak, yıllık ortalama indislerin dağılımını gösteren bir harita elde etmiştir (Tümertekin 1956 ve 1957).

1973 yılında Çelenk tarafından kuraklık konusunda bir başka çalışma yapılmış ve hazırladığı DMİ’ye ait “Türkiye’nin Kuraklık Etüdü” isimli çalışmada; Erinç ve Crowe formüllerini, mukayese edebilmek amacıyla da De Martonne ve Thornwaite formüllerini kullanmıştır (Çelenk, 1973).

Nişancı, 1976 yılında yaklaşık 80 istasyonun 1961-1970 yıllarında ölçülmüş buharlaşma değerlerini indirgeyerek, yağış değerleri ile karşılaştırmış ve su bilançosu bakımından pozitif yada negatif değerler elde etmiştir. 1987 yılında yaptığı başka bir çalışmada ise, yıllık ve aylık ortalama yağışlarla, yıllık ve aylık buharlaşma değerlerini karşılaştırarak, kurak ve nemli bölgelerin dağılışı ile kurak aylar sayısına göre Türkiye’nin kurak, yarıkurak ve nemli bölgeleri belirlenmiştir (Nişancı, 1976, 1987).

Woodhouse ve Overpeck tarafından 1998 yılında yapılan bir çalışmada ABD için kuraklık analizinde geçmiş yüzyıllara ait zaman serileri incelenmiş , burdan yola çıkarak günümüzde ve gelecekte oluşacak iklim değişikliği ve kuraklık üzerine tahminde bulunulmaya çalışılmıştır (Woodhouse & Overpeck, 1998).

Sırdaş 2002 yılında yaptığı bir çalışmada Şen’in kuraklıkla ilgili çalışmalarını şöyle ifade etmiştir; “Kuraklık üzerine birçok çalışma yapan Şen, özellikle kuraklık şiddeti ve süresiyle ilgili önemli araştırmalar yapmıştır. Çalışmalarında gidiş özelliklerini, periyodik stokastik süreç için analitik olarak

araştırmıştır. Autorun analizi olarak bilinen teknik üzerine yaptığı çalışmasında gidiş özellikleri ile ilgili olan kurak ve sulak devrelere bağlı olarak hidrolojik zaman serilerinin ard arda gelen olasılıklarını araştırmıştır” (Sırdaş, 2002).

Sırdaş, doktora tezi olarak McKee vd. tarafından geliştirilen SPI metoduyla ülke genelinde kuraklık çalışması yapmış ve bu metoda ek olarak yağış dışında sıcaklık ve nem verilerini de kullanarak kuraklığa alansal ve zamansal yeni yaklaşımlar getirmiş, ülke geneli için haritalar elde etmiştir (Sırdaş, 2002).

Sırdaş ve Şen “Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması” isimli çalışmalarında, SPI yöntemini kullanarak, kuraklık genliği, süre ve şiddet değerlerini farklı kesim seviyeleri için elde etmiş ve kuraklık süresi ve genliği arasındaki ikili ilişki, saçılma grafiklerine en uygun doğrunun geçirilmesi ile sağlanmıştır. Türkiye için işletmeye dayalı kuraklık izlemesi, minimum ve maksimum kuraklık büyüklükleri, alansal kuraklığın yayılımını tanımlamak için haritalama yapılmıştır (Sırdaş & Şen, 2003).

Topçuoğlu ve diğerleri tarafından 2004 yılında yapılan bir çalışmada, Türkiye’de kuraklık analizinde ve izlenmesinde yeni bir yöntem sunulması amaçlanmıştır. Türkiye’de bölgelere göre homojen olarak dağılmış 50 adet istasyonun 1975-2001 dönemlerine ait aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak, bölgenin uzun yıllık, aylık toplam yağış ve ortalama sıcaklık değerleri arasındaki fonksiyonun belirlenmesi esasına dayanan bir yöntem izlenerek “Topçuoğlu İndisi” geliştirilmiştir (Topçuoğlu vd., 2004).

Pamuk ve diğerleri Ege Bölgesinde SPI ile kuraklık analizini anlatmışlar ve çalışma sonucunda Ege Bölgesi ikliminin iki uç grubu olduğunu, Uşak, Afyon, Kütahya ve Gediz’in oluşturduğu bu iki grup arasında, yağış dönemi içerisinde Kıyı Ege kuşağı daha kurak, İç Batı Anadolu Bölümü daha nemli; yaz döneminde ise İç Batı Anadolu Bölümü daha kurak, Kıyı Ege ise daha nemli bir profil çizmekte olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Pamuk vd., 2004).

Bacanlı ve Saf 2005 yılında yaptıkları bir çalışmada, Antalya ilinin kuraklık çözümlemesi amacıyla Palmer, De Martonne, Erinç ve Thornthwaite yöntemleriyle kuraklık analiz edilmiştir. Yöntemlerin tümünde uzun süreli ve kesiksiz gözlemleri bulunan Antalya ili meteoroloji istasyonuna ait (1950 - 1998) aylık ortalama yağış ve sıcaklık verileri dikkate alınmıştır. Çalışmanın son kısmında kuraklık

çözümlemesinde kullanılan yöntemler karşılaştırılarak üstün ve eksik yönleri tartışılmıştır (Bacanlı & Saf, 2005).

Morid ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada kuraklık için kullanılan yedi adet kuraklık indisi karşılaştırılmıştır. Çalışma alanı olarak İran'ın Tahran kenti seçilmiş ve kente ait 32 yıllık meteorolojik ölçümlerden faydalanılmıştır. Karşılaştırılan indisler şu şekildedir: ondalık indeks (DI) (deciles index), normal yüzdesi (PN) (percent of normal), SPI (standard precipitation index), Çin-Z indeksi (CZI) (China-Z index), modifiye edilmiş CZI (MCZI) (modified CZI), Z-skoru (Z score), etkin kuraklık indeksi (EDI) (effective drought index). Çalışma sonucunda DI'in belirli yıllardaki yağış olaylarına hızlı tepki verdiği fakat zamansal ve mekansal tutarsızlıklar sergilediği, SPI ve EDI indislerinin ise kuraklığın başlangıcının tespinde iyi olup zamansal ve mekansal tutarlılık gösterdiği ancak EDI indisinin, SPI indisine nispeten biraz daha hassas sonuçlar ürettiği sonucuna varmışlardır (Morid vd., 2006).

Nalbantis 2008 yılında yaptığı bir çalışmada, hidrolojik kuraklığı tanımlayan indislerin zor ve yoğun hesaplamalar içermesi nedeniyle çok basit ve etkili olarak SDI geliştirmiştir. SDI, hidrolojik yıl içindeki 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemlerdeki birikimli akım hacmini baz alır. Kuraklık durumlarını Marcoz zincirindeki gibi durağan olmayan modellerle tanımlamaya imkan verir. Bu yöntem Yunanistan'da bulunan Evinos ve Boeoticos Kephisos havzalarına ait veriler ile doğrulanmış, havzalardan gelen su, Athens Metroplitan bölgesine yönlendirilerek burada su temini sağlanmış ve yöntemin gerçek hayatta da doğrulanması sağlanmıştır (Nalbantis, 2008).

Oğuztürk, 2010 yılında yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında Kızılırmak havzasında SPI yöntemiyle kuraklık durumunu incelemiş ve bulduğu sonuçları yapay sinir ağları yöntemiyle modelleyerek, geleceğe dönük kuraklık tahmini yapmıştır (Oğuztürk, 2010).

Asrari ve diğerlerinin yaptığı çalışmada İran'da Thiessen metoduyla belirlenmiş kuraklık tehlikesi bulunan bölgelerde 40 ayrı istasyonun 1967 ve 2009 yılları arasında toplanan yağış verileriyle SPI metoduyla kuraklık analizi yapılmış ve sonuç olarak ülkenin yarısı şiddetli ve çok şiddetli kuraklık tehlikesi altında olarak sınıflandırılmıştır (Asrari vd., 2012).

Tabari ve diğeri tarafından İran'da yapılmış bir çalışmada SDI ile hesaplanan 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarla belirlenen hidrolojik kuraklığa odaklanılmıştır. Ülkenin kuzeybatısında bulunan 14 farklı istasyona ait 1975-2009 yılları arasındaki hidrometeorolojik verilerle yapılan analizle neredeyse her istasyonda üst düzey kuraklık olduğu ve son 12 yılda ise kuraklığın maksimum seviyelere ulaştığı sonucuna varılmıştır (Tabari vd., 2012).

Angelidis ve diğeri tarafından yapılan bir çalışmada SPI indisi hesaplanırken alternatif fonksiyonların kullanılabilirliği irdelenmiştir. SPI hesaplanırken genelde yağış verilerine gama dağılımı uydurulur. Bu çalışmada yağış verilerine, gama dağılımına göre daha basit olan normal ve log-normal dağılımlar uydurulmuş ve 76 yıl boyunca toplanan aylık yağış verileri 1, 3, 6, 12 ve 24 aylık periyotlarda test edilmiştir. Gama olasılık dağılımı daha iyi sonuçlar verse de 12 ve 24 aylık periyotlarda normal ve log-normal dağılımlarının gama dağılımıyla neredeyse aynı sonuçları verdiği sonucuna ulaşılmıştır (Angelidis vd., 2012).

Soleimani ve diğeri tarafından İran'ın yarı kurak bir bölgesi olan Taligani şehrinde kuraklığın başlangıcını belirlemek amacıyla SPI, DI ve CZI indislerinin birbirlerine göre göreceli analizleri yapılmıştır. Sekiz ayrı yağış istasyonundan toplanan 41 yıllık ortalama yağış verileri kullanılarak yapılan analizlerde en iyi sonuçları SPI indisinin verdiği sonucuna ulaşmışlardır (Soleimani vd., 2013).

### **1.2.2. Veri madenciliği çalışma özetleri**

Hall ve diğeri tarafından yapılan bir çalışma şu şekilde özetlenebilir; hidroloji mühendislerinin karşılaştığı rutin bir sorun olarak devam eden, geçmişe yönelik ölçümü bulunmayan havzalarda taşkın yüzdesinin belirlenmesi amacıyla bir veri madenciliği uygulaması yapılmıştır. Bu yaklaşım İngiltere ve Galler'in güney batısında üç veri setine uygulanmıştır; İngiltere, Galler ve İskoçya ve Endonezya'nın Jawa ve Sumatra Adası. Sonuçlar göstermiştir ki uygun hidrolojik kümeler zıt iklim koşullarında da elde edilebilmektedir. İngiltere, Galler ve İskoçya'daki havzalardaki dört sınıf, Güney-batı İngiltere ve Galler için yapılan bir önceki küçük çalışmada belirtilen üç sınıf ile uyumlu bulunmuştur (Hall vd., 2002).

Kayaalp tarafından 2007 yılında yapılan bir yüksek lisans çalışmasında, veri madenciliği tekniği ile üç fazlı asenkron motordaki sargı seyirleri arasında

oluşabilecek kısa devre veya yalıtım bozuklukları ve motor milinde oluşabilecek mekanik dengesizlik hatalarının teyidi gerçekleştirilmiştir (Kayaalp, 2007).

Terzi ve diğerleri tarafından 2009 yılında yapılan bir çalışmada veri madenciliği yöntemi kullanarak göller yöresindeki göllerin birleşik buharlaşmalarının tahmini amacıyla bir model geliştirilmiştir. Çalışmada 1998-2005 yılları arasında Eğirdir, Kovada ve Karacaören Baraj Göllerinin günlük tava buharlaşma verileri kullanılmıştır (Terzi vd., 2009)

Wei ve diğerinin yaptığı bir çalışmada su yönetimiyle ilgilenen kişilere yarar sağlayacağı düşüncesiyle, akarsu akış tahmini veri madenciliğinin karar ağaçları algoritmaları kullanılarak modellenmiş. Çalışma alanı merkezi Teksas'da olan Aşağı Kolorado Nehri seçilmiş ve mevsimsel akarsu akışı tahmini için karar ağaçları yapılı modelin verilerde gizli olan doğrusal olmayan özellikleri kolaylıkla yakalayabildiği, sınıflandırma ve lojistik regresyon tarafından oluşturulan olasılıkçı tahminin ise sistem boyunca gerçekleşen mevsimsel akışları yeterli bir doğrulukla tahmin edebildiği sonucuna ulaşmışlardır (Wei vd., 2010).

Çalış 2010 yılında yaptığı yüksek lisans tezinde veri madenciliği yöntemini kullanarak tansiyon hastaları için ilaç dozu planlaması üzerinde çalışmıştır. Düzenli olarak tansiyonlarının ölçülmesi ve doktor gözetiminde ilaç kullanmaları gerekmektedir. Doktorlar genelde ilaç dozuna karar verirken hastanın yaşını, boy kilo endeksini, genetik durumunu ve idrar tahlili sonuçlarını göz önünde bulundurmaktadırlar. Bu çalışmanın amacı, veri madenciliği teknikleri kullanarak yüksek tansiyon hastalarının ilaç dozlarını planlamaktır. Çalışmada ANFIS ve Rough Set veri madenciliği yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan giriş parametreleri cinsiyet, boy kilo endeksi, hba, tansiyon, şeker, kolesterol, kandaki keton, kandaki protein, kandaki mikalb, kandaki mikros, genetik ve ilaç dozudur. Sonuç olarak ANFIS'in RSES'den daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. ANFIS, dozaj planlaması yapılırken en güvenilir yöntemdir (Çalış, 2010).

Terzi ve diğerleri tarafından 2011 yılında yapılan başka bir çalışmada ise veri madenciliği sürecinden faydalanarak güneş ışınımı tahmini yapılmıştır. Güneş ışınımı tahmini için veri madenciliği süreci kullanılarak Kstar, lineer regresyon, RBF ağı, basit lineer regresyon, M5'Rules, karar tablosu, rastgele alt uzay ve çok katmanlı algılayıcı algoritmalarıyla bir, iki, üç ve dört girdili modeller geliştirilmiştir.



Geliştirilen modellerde güneş ışıını tahmini için kullanılan girdi parametreleri güneş ışıını üzerindeki etki sırasına göre basınç (P), hava sıcaklığı (Ta), rüzgâr hızı (Ws) ve nispi nem (Rh) şeklinde belirlenmiştir. Modellerin yeterliliği, determinasyon katsayısı ve karekök ortalama hata değerlerine göre belirlenmiştir (Terzi vd., 2011)

Silahtaroglu ve Çınar veri madenciliği teknikleri ile müşteri memnuniyetlerine etki eden gizli nedenlerin keşfi isimli çalışmalarında 301 kişi ile yapılan müşteri memnuniyet anket sonuçlarını incelemişler, memnuniyet ya da memnuniyetsizliğin altında yatan nedenleri ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. İncelenen veriler üzerinde, grafiksel analizin yanı sıra K-Means ve C5,0 algoritmalarını kullanmışlardır (Silahtaroglu & Çınar, 2012).

Sağlam tarafından 2015 yılında yapılan yüksek lisans tezinde mağazaları personel maliyeti benzerliklerine göre sınıflandırmak için çeşitli veri madenciliği teknikleri uygulanmıştır. Öncelikle, önde gelen kümeleme tekniklerinden K-means algoritması uygulanmış, fakat kullanılan veri setinin ve problemin yapısından kaynaklı bir takım problemlerin üstesinden gelinememiştir. K-means algoritmasında karşılaşılan problemleri aşmak için Random Forest ve K-medoids algoritmalarından oluşan bütünleşmiş bir yöntem ortaya koyulmuştur. Bu algoritmalar WEKA ve R gibi istatistiksel bilgisayar programlarında çalıştırılmıştır. Bu çalışma tekstil endüstrisinde hizmet gösteren bir perakende firmasında yürütülmüştür. Firma Türkiye ve birçok ülkede büyük bir mağazalar zincirine sahip olmasına rağmen, İstanbul' daki 85 mağazayı içeren pilot bir uygulama bu çalışmada ele alınmıştır (Sağlam, 2015).

## 2. KURAKLIK

Kuraklığın çeşitli çevrelerce kabul edilmiş tek bir tanımı olmamakla birlikte, genel olarak, yağışın normalin altına düşmesi olarak tanımlanabilir. Bununla beraber, bu eksikliğin zaman ve süresine göre kuraklıkla ilgili çeşitli tanımlar ortaya çıkmıştır. Kuraklığın başlangıç ve bitişinin belirsiz oluşu, kümülâtif olarak artması, aynı anda birden fazla kaynağa etkisi ve ekonomik boyutunun yüksek olması onu diğer doğal afetlerden ayıran en önemli özellikleridir. Herhangi bir bölgede kuraklık, frekans, şiddet, süre ve etki alanı gibi ifadelerle tanımlanır (Willeke vd., 2004).

Kuraklığın saptanmasında her ülke ya da bölgeye özgü meteorolojik ölçütler bulunabilmektedir. İnsanların kullanabileceği su niceliğini azaltan herhangi bir meteorolojik etken “kuraklık yaratan durum” olarak nitelendirilebilir. Bu koşullardan en önemlileri yağışın azlığı ve sıcaklığın yüksek oluşudur. Dünyanın çeşitli bölgelerinde kuraklık değişik biçimlerde tanımlanmaktadır. Örneğin, Bali’de 6 gün yağmur yağmaması kuraklık olarak tanımlanırken, Libya’da 2 yıl hiç yağmur yağmaması kuraklık olarak tanımlanmaktadır, Mısır’da ise Assuan Barajı yapılmadan önce yöreye düşen yağış niteliğine bakılmaksızın, Nil’in taşmaması kuraklık olarak nitelendirilmiştir (Güner & Baykan, 1997).

Kuraklık başlı başına bir afet olmasına rağmen birkaç bakımdan diğer doğal afetlerden ayrılır: Birinci olarak, kuraklık yavaş başlayan bir afettir. Bundan dolayı, etkileri uzun bir zaman periyodu boyunca birikerek (kümülatif) daha sonraki asıl olumsuz etkileriyle birlikte hissedilir. İkinci olarak, kuraklık kesin ve herkes tarafından kabul edilmiş bir tanıma sahip olmadığı için şiddeti ve var olup olmadığı kesinliği konusunda kafa karışıklığına yol açar. Üçüncü olarak, kuraklığın etkileri yapısal değildir; yani yıkıcı sel, tropikal fırtınalar ve depremler gibi doğal afetlerden daha yaygın bir coğrafi dağılıma sahiptir. Bu da onun etkisini ölçmeyi zor kılar ve diğer doğal afetlerden farklı olarak afet yönetimini zor kılabilir. Ancak kuraklık sosyal (toplumsal) bağlamından ayırık veya kopuk olmamalıdır. Bugün meydana gelen bir kuraklık olayı, geçmiş tarihte meydana gelen bir kuraklığın yoğunluğuna ve süresine benzeyebilir ama toplumsal özelliklerdeki değişimlerden (ekonomik ve teknolojik değişimler) dolayı etkileri büyük bir olasılıkla belirgin farklılıklar gösterecektir (Akbaş, 2014).

Kuraklık, su kaynaklarını, tarımı ve tüm canlıları etkileyen doğal bir olaydır. Aynı zamanda kuraklık; en kapsamlı sosyo ekonomik zararlara neden olan, yavaş gelişen, en sinsî, en tehlikeli doğal afettir. Deprem gibi kuraklık da çeşitli büyüklüklerde oluşabilen bir doğal afettir. Her kuraklık olayını küresel iklim değişikliğine bağlamak doğru değildir (Kadıoğlu, 2001).

## **2.1. Kuraklığa Etki Eden Faktörler**

Son yüzyılda yaşanan büyüme amaçlı sanayileşme ve kentleşme süreci, sağladığı ekonomik ve fiziksel gelişme sonuçları yanında yaygın-yoğun ve yaşamsal nitelikli sorunlara da yol açmıştır. Nüfus artışı, tarım alanlarının bozulması ve daralması, ormanların daralması, bitki ve hayvan türlerinin giderek yok olması, yer altı su kaynakları düzeylerinin alçalması, rezervlerin düşmesi ve atmosfere bırakılan sera etkili gaz yoğunluğuyla bağlantılı sıcaklık artışı eksenlerinde ortaya çıkan küresel sorunlar, insan sağlığını ağır riske sokacak boyutlara ulaşmıştır. Tüm bu etmenler kuraklığa yol açmaktadır (Silay & Tomar, 2009).

Kuraklığın hem doğal, hem yapay sebepleri olabilir. Doğal sebepler olarak iklim koşulları ve değişiklikleri, erozyon, fiziki coğrafi etkenler olarak sayılabilir. Yapay sebepler olarak ise kaynakların bilinçsiz kullanımı, küresel ısınma, orman yangınları ve tahribatları, aşırı otlatma, çevre kirliliği ve tarım arazilerinin ve sulakların amaçlarının dışında kullanılması gösterilebilir.

## **2.2. Kuraklık Çeşitleri**

Bugüne kadar kuraklık farklı biçimlerde tanımlanıp farklı alt başlıklarda değerlendirilmiştir. Kuraklığın birçok çeşidi olmakla birlikte genel olarak dört kuraklık çeşidinden bahsedilebilir.

### **2.2.1. Meteorolojik kuraklık**

Meteorolojik kuraklık; belirli bir dönemin, ortalamasına göre yağış miktarının az olması ya da belirli bir zaman periyoduna ait normallerden (genellikle en az 30 yıllık) meydana gelen sapma olarak tanımlanabilir. Bu tanımlamalar genellikle bölgeseldir ve bölgenin klimatolojisinin tam olarak anlaşılması temeline dayanır. Meteorolojik ölçümler, kuraklığı ifade etmede başta gelen göstergelerdendir. Devam

eden bir meteorolojik kuraklık hızlı bir şekilde kuvvetlenebilir veya aniden sona erebilir. Kuraklık periyotları genellikle, belirlenen eşik değerlerinin altında yağışlı olan günlerin-ayların sayısı olarak tanımlanmıştır (Kadıoğlu, 2001).

### **2.2.2. Tarımsal kuraklık**

Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklığın çeşitli özellikleri ile çok yakın ilişkilidir. Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmaması olarak tanımlanan tarımsal kuraklık nem kaybı ve su kaynaklarında kıtlık olduğu zaman meydana gelir. Ürün miktarında azalmaya, büyümelerinde değişime ve hayvanlar için tehlikeye sebep olur (Bacanlı & Saf, 2005). Tarımsal kuraklık, toprağın derinlikleri doymuş halde olsa bile ürün verimlerini ciddi oranda düşürebilir (Kadıoğlu, 2001).

### **2.2.3. Hidrolojik kuraklık**

Hidrolojik kuraklık, yer altı su kaynakları, yüzey suları veya yağış periyotlarının etkisi ile ilişkili bir kuraklık çeşididir. Meteorolojik kuraklığın uzaması durumunda hidrolojik kuraklıktan söz edilir. Uzun süreli yağış azlığını kaynak seviyeleri, yüzey akışı ve toprak nemi gibi hidrolojik sistemin bileşenlerinde kendisini göstermesidir. Yer altı suları, nehirler ve göllerin seviyesinde keskin bir düşüşe sebep olur (Yeğnidemir, 2005).

Yağmur eksikliği ile akarsu, dere ve rezervuarlardaki su eksikliği arasında bir zaman aralığı olduğundan, hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden biri değildir. Meteorolojik kuraklığın sona ermesinden sonra bile hidrolojik kuraklık devam edebilir (URL-1).

Kuraklık, insan, bitki ve hayvan yaşamı için büyük tehlikeler oluşturabilir. Bu dönemde yaşanan yağış miktarındaki azalma; tarımla uğraşan kimseler tarafından hemen hissedilebilir, ancak hidrolik santrallerde hemen anlaşılamayabilir. Hidrolik kuraklık genellikle meteorolojik ve tarımsal kuraklığın birleşimiyle meydana gelir ve bunun sonucunda sosyo ekonomik kuraklık olarak kendisini gösterebilir (Şaylan vd., 1994).

### **2.3. Kuraklığın Etkileri**

Dünya nüfusunun artması, şehirleşme, iklim değişiklikleri, orman tahribatları ve çölleşme sonucunda kuraklık toplum, çevre ve ülkeleri tehdit eder boyutlara ulaşmaktadır (Sırdaş, 2002). Bu yüzden kuraklığın etkileri; ekonomik, çevresel ve sosyal etkiler olmak üzere üç ana grupta incelenebilir.

#### **2.3.1. Ekonomik etkiler**

Kuraklığın ekonomik olarak etkileri, birçok sektörde görülebilmekle beraber asıl olarak yüzey ve yer altı suyuna bağlı olan tarım, hayvancılık, ormancılık, balıkçılık, turizm gibi sektörlerde net olarak görülebilmektedir.

Tarımsal ürünler, meralar ve orman üretiminde azalma, yangınlarda artma, su seviyelerinde azalma, besi hayvanları ve yaban hayvanlarının ölüm oranlarında artış, doğal yaşam ve balık türlerinde gözlenen zararlar kuraklığın doğrudan etkilerine birkaç örnektir. Kuraklık, bu doğrudan etkilerin yanında dolaylı etkiler yaşanmasına da neden olur. Örneğin; tarımsal ürünlerde, meralarda ve orman üretiminde azalma, çiftçilerin gelirlerinde ve tarım sektöründe azalma, gıda ve orman ürünlerinin fiyatlarında artış, devletin vergi gelirlerinde düşüş, işsizlik ve göçlere neden olacaktır (Kadıoğlu, 2012).

#### **2.3.2. Çevresel etkiler**

Çevresel kayıplar; bitki ve hayvan çeşitlerinde, yabani hayvanların yaşadığı ortamda, hava ve su kalitesinde oluşan bozulmaların sonucudur. Bunlar orman ve otlak yangınları, doğal ekolojide bozulma, biyolojik çeşitliliğin azalması ve toprak erozyonudur. Çevresel kayıpların miktarını ölçmek pek mümkün değildir (Şimşek, 2010).

#### **2.3.3. Sosyal etkiler**

Sosyal etkiler olarak; yiyecek kıtlığı, yoksullukta artış, kırsal alandaki yaşam seviyesinde düşüş, sosyal huzursuzluk, göç, içme suyu talebinde oluşacak riskler, salgın hastalık riski gibi durumlar sayılabilir.

## 2.4. Türkiye’de Kuraklık

Yağışa bağlı iklim sınıflandırmalarında genellikle kabul edilen esaslara göre, yıllık ortalama yağışı 250 mm’den az olan yerler kurak, 250 – 500 mm arası olan yerler yarı kurak iklime sahip olarak tanımlanır (Kömüşçü & Erkan, 2000).

Yağış özellikleri bakımından yağışlı günler sayısının bilinmesi kuraklık ihtimalleri bakımından önem taşır. Türkiye’nin büyük bir kısmında yağışlı günler sayısı azdır ve bölgelere göre ortalama 60 – 175 gün arasında değişmektedir. En yüksek değerler ülkenin kuzeyinde Karadeniz kıyıları boyunca uzanan şerit üzerinde olup, bu kuşak içinde yağışlı günlerin sayısı yer yer 138 ve 141’e kadar ulaşmaktadır. Diğer taraftan Akdeniz Bölgesinde yağışların yılın belli bir dönemine ait olması nedeniyle yağış miktarının ve yağışlı gün sayısının toplamı fazla değildir. Türkiye’de İç Anadolu ve Doğu Anadolu’nun önemli bir kısmı yarı kurak alanına girmektedir. Türkiye’nin yarı kurak bölgelerini oluşturan İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde yağışlı günler sayısı 100’ün altına düşer. Türkiye’de sadece yağışa bağlı olarak ciddi derecede kurak sayılabilecek alanlar yoktur. Bununla beraber İç Anadolu’da Tuz gölü ve çevresi 300 mm’ye yakın yıllık yağışları ile kurak bölge olma sınırına yakın özellikler gösterirler (Kömüşçü & Erkan, 2003).

Türkiye için kuraklık eğilimleri değerlendirilmesi yapıldığında, Sahel’de ve Subtropikal kuşak yağışlarında 1960’lı yıllarda başlayan ani azalma, 1970’li yıllarla birlikte Doğu Akdeniz Havzası’nda ve Türkiye’de de etkili olmaya başlamıştır. Yağışlardaki önemli azalma eğilimleri ve kuraklık olayları, kış mevsiminde daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. 1970’li yılların başı ile 1990’lı yılların başı arasındaki kurak koşullardan en fazla Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri etkilenmiştir (Türkeş, 1996).

Türkiye’deki kuraklık olaylarının en şiddetli ve en geniş yayılışlı olanları; 1971 – 1974 dönemi ile 1983, 1984, 1989, 1990, 1996 ve 2001 yıllarında olmuştur. Türkiye’nin birçok bölgesinde etkili olan bu kuraklık olayları ve su sıkıntısı, yalnız tarım ve enerji açısından değil, sulama, içme suyu, öteki hidroloji sistemleri ve etkinlikleri içeren su kaynakları yönetimi açısından da kritik bir noktaya ulaştığı gözlenmiştir. Aralık 2006 – Ağustos 2007 döneminde oluşan son kuraklık olayları, Türkiye’nin özellikle Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgeleri ile Batı Akdeniz ve Batı-Orta Karadeniz bölümünde etkili olmuştur (Türkeş, 2007).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Çalışma Alanı

##### 3.1.1. Kızılırmak Nehri

Kızılırmak Nehri Türkiye topraklarından doğarak yine, Türkiye topraklarından denize dökülen en uzun akarsudur. Uzunluğu 1355 km'dir. Başlıca kolları Delice Irmağı, Devrez ve Gökırmak'tır. Adını suyunun renginden alan, antik çağda ise tuzlu akarsu anlamına gelen Halys adıyla anılan Kızılırmak, Anadolu'da kurulmuş medeniyetlere ev sahipliği yapmıştır. Nehir, İç Anadolu'nun en doğusundaki Sivas ili İmranlı ilçesinde Kızıldağ'ın güney yamaçlarından yaklaşık 39.8° Kuzey 38.8° Doğu noktasından doğar, ilk önce batı ve güney batıya 38.7° Kuzey 34.8° Doğu ya kadar akar, daha sonra yay şeklinde biçimlenir. İlk batıya, daha sonra kuzey doğudaki Tuz Gölü'nü geçerek kuzey batıya akar. Daha sonra kuzey ve kuzey doğuya yönelir. Burada Delice Irmağı ile 40.47° Doğu 34.14° Batı noktasında birleşir. Sonra zigzaglar çizerek kuzey batıya akar. 41.10° Doğu 34.42° Batı da Devrez Nehri ile birlikte akar ve Kuzeydoğuya doğru döner. Sonuçta Karadeniz'e 41.72° Kuzey 35.95° Doğu noktasında boşalır.

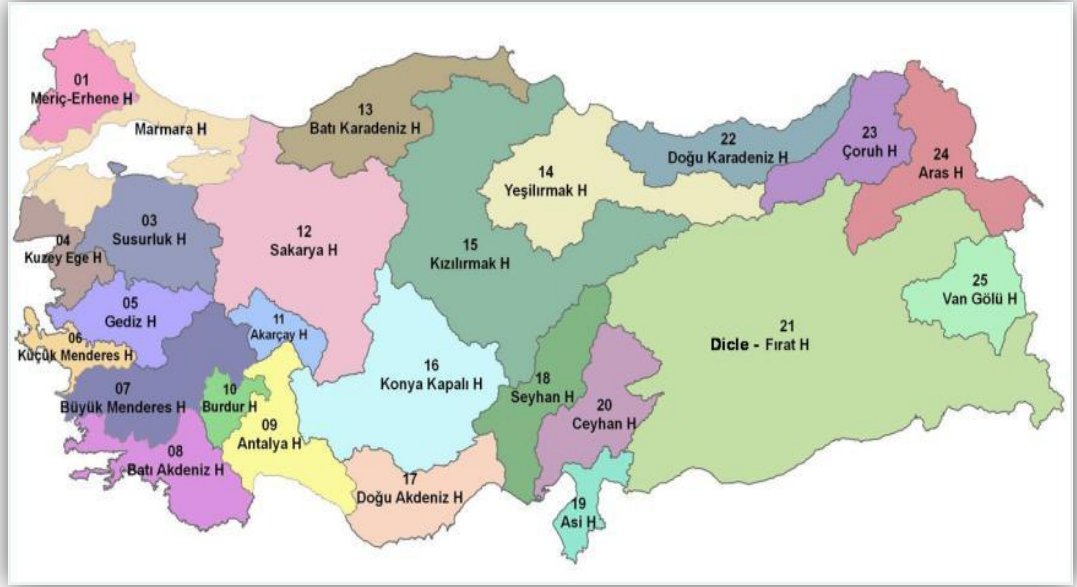
Sırasıyla Sivas, Kayseri, Nevşehir, Kırşehir, Kırıkkale, Ankara, Aksaray, Çankırı, Çorum ve Samsun illerinden geçerken çok sayıda dere ve çayın sularını toplayarak Bafra Burnu'ndan Karadeniz'e ulaşır.

Yağmur ve kar sularıyla beslenen nehrin rejimi düzensizdir. Temmuz ve Şubat arasında düşük su düzeyinde akan nehir, Mart ayında hızla kabarmaya başlar ve Nisan ayında en yüksek su düzeyine ulaşır. Ortalama debisi 184 m<sup>3</sup>/sn olan nehrin 20 yıllık gözlem süresince en az 18.4 m<sup>3</sup>/sn'ye ve en çok 1.673 m<sup>3</sup>/sn'ye ulaştığı bilinmektedir (URL-2).

Nehir üzerine sekiz baraj yapılmıştır. Bunlar Kayseri ilinde Sarioğlan, Yemliha kasabasında kurulmuş olan Yamula Barajı, Ankara yakınlarındaki Kesikköprü, Hirfanlı ve Kapulukaya barajları ile Bafra yakınlarındaki Altinkaya ve Derbent barajlarıdır. Nehir üzerine son olarak Obruk Barajı yapılarak 2007 yılı içerisinde su tutumuna başlanılmıştır.

### 3.1.2. Kızılırmak Havzası

Türkiye'nin en önemli ve yenilenemeyen doğal kaynaklarından biri olan su kaynaklarını tespit etmek, geliştirmek ve kullanmak amacıyla ülke yüzeyi 25 drenaj havzasına ayrılmıştır (Erkek & Ağırlioğlu, 1998). Havzaları ve coğrafi konumları gösteren harita Şekil 3.1.'de verilmektedir.



Şekil 3.1. Türkiye hidrolojik havzaları (URL-3)

Kızılırmak Havzası, Orta Anadolu'nun doğu bölümünde ve Karadeniz'de bulunmakta olup, 37°58" – 41°44" kuzey enlemleri ve 37°48" – 38°22" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Toplam alanı 78, 180 km<sup>2</sup> olan Kızılırmak Havzası Türkiye'nin en büyük ikinci havzasıdır. Kızılırmak Havzasınının 15, 043 km<sup>2</sup> lik kısmı ormanlık alandır. Havza ortalama 6.48 km<sup>3</sup> /yıl akış hacmiyle, Türkiye ortalama yıllık akışının %3.48 ini oluşturmaktadır (URL-3).

Kızılırmak Havzası'nın tarımsal üretimde önemli bir yeri vardır. Havzada yetişen bazı ürünler arpa, aspir, buğday, çavdar, çeltik, mısır, kanola, kuru fasulye, mercimek, nohut, tritikale, ayçiçeği, yulaf, şeker pancarı, tütün gibidir. Sulama imkanlarının artmasıyla birlikte meyve ve sebze yetiştiriciliği de artmıştır.

Orta Anadolu'da geniş bir yay çizen Kızılırmak Havzası'nda iklim çok farklılık göstermektedir. Yayın Kastamonu ile Sivas arasında kalan büyük bir kısmı genellikle yarı kurak; Kastamonu kuzeyi ile Sivas doğusu ve Yozgat kesimi kurak-az nemli



iklim özelliğine sahiptir. Bütün havza birinci derece mezotermal olup ılıman iklimlerin soğuk iklimlere en yakın diliminde bulunmaktadır. Havzada yazlar kuraktır. Yağışların yarıdan fazlası kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir. Yağış dağılışı denize yakınlık ve yer şekli özelliklerine göre değişir. Havzanın denizden uzak, çevreye göre çukur orta bölümü en kurak bölümdür. Burası 300-400 mm arasında yağış alır. Bafra ovası ve buradaki dağların sırt ve dorukları 1000 mm yağış alır. Dağların İç Anadolu'ya bakan yamaçlarında yağış 500 mm'ye düşer. Kıyı kesimi dışında havzada yazlar sıcak, kışlar soğuktur. Bafra'dan, güneye doğru yükseltinin artmasıyla sıcaklık düşer. Yozgat, Sivas ve havzanın doğusu en soğuk kesimdir. Burada sıcaklık ortalaması 10 derecenin altındadır. Soğuk doğu kesimi ve kuzeydeki ılık kıyı şeridi dışındaki merkezlerde yıllık ortalama sıcaklık 10-12 °C arasındadır (Uçgun, 2010).

İrili ufaklı birçok gölün bulunduğu Kızılırmak Deltası, 308 kuş türünün yaşadığı saptanan Türkiye'nin en önemli kuş yaşam alanlarından birisidir. Deltada tarım dışında balıkçılık, sazçılık, hayvancılık gibi aktiviteler de önemli bir yere sahiptir. Deltada yer alan Çernek Gölü ve çevresini kapsayan 4000 ha alan 1979 yılında Orman Bakanlığınca Yaban Hayatı Koruma sahası ilan edilmiştir. Ayrıca, 1994 yılında deltanın doğu bölümünde yer alan sulak alanların tamamı Kültür Bakanlığınca Doğal Sit Alanı ilan edilerek koruma altına alınmıştır.

### **3.1.3. Kızılırmak Havzasında kuraklık değerlendirilmesi yapılacak istasyonlar**

Bu çalışma kapsamında, Türkiye için oldukça önemli bir su kaynağı olan Kızılırmak Havzası üzerinde bulunan yağış istasyonlarından 16 tanesinde çalışma yapılacaktır. Bu istasyonlar; Tomarza, Gemerek, Sivas, Çiçekdağı, Keskin, Kırıkkale, Bala, Kulu, Ürgüp, Çorum, Osmancık, Tosya, Kastamonu, Ilgaz, Bafra ve Şarkışla'dır. Yağış gözlem istasyonlarına ait özellikler Çizelge 3.1.'de, yağış verilerine ait temel istatistik değerler ise Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılacak yağış gözlem istasyonlarına ait özellikler

No	İl	İstasyon adı	Yağış ölçüm aralıkları	Enlem - Boylam	Yükseklik (m)
1	Kayseri	Tomarza	1975– 2010	38°45'22" K 35°79'12" D	1402
2	Sivas	Gemerek	1975 - 2014	39°18'50" K 36°08'05" D	1182
3	Sivas	Sivas	1975– 2014	39°74'37" K 37°00'20" D	1294
4	Sivas	Şarkışla	1975– 2009	39°33'31" K 36°44'08" D	1253
5	Kırşehir	Çiçekdağı	1975– 2010	39°60'67" K 34°42'35" D	900
6	Kırıkkale	Keskin	1977– 2012	39°66'82" K 33°61'18" D	1140
7	Kırıkkale	Kırıkkale	1975– 2014	39°84'33" K 33°51'81" D	751
8	Ankara	Bala	1975– 2013	39°55'46" K 33°10'89" D	1250
9	Konya	Kulu	1975– 2012	39°07'88" K 33°06'57" D	1005
10	Nevşehir	Ürgüp	1979– 2012	38°62'18" K 34°91'44" D	1068
11	Çorum	Çorum	1975– 2014	40°54'61" K 34°93'62" D	776
12	Çorum	Osmancık	1976– 2012	40°97'87" K 34°80'11" D	419
13	Kastamonu	Tosya	1975– 2011	41°01'32" K 34°03'67" D	870
14	Kastamonu	Kastamonu	1975– 2013	41°37'10" K 33°77'56" D	800
15	Çankırı	Ilgaz	1975– 2012	40°91'56" K 33°62'58" D	885
16	Samsun	Bafra	1975– 2012	41°55'15" K 35°92'47" D	103

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılacak aylık yağış verilerine ait temel istatistik değerler

İstasyon Adı	Yıllar	Yıllık toplam yağış ortalaması (mm)	Standart Sapma	Çarpıklık	Mak Değer	Min Değer
Tomarza	1975-2010	397.56	26.13	0.77	129.4	0
Gemerek	1975- 2014	420.85	28.28	1.04	159.9	0
Sivas	1975- 2014	457.84	29.24	0.80	139.2	0
Şarkışla	1975- 2006	319.19	22.94	1.21	135.1	0
Çiçekdağı	1975- 2010	357.19	24.34	1.23	171.1	0
Keskin	1977- 2012	445.14	29.49	0.91	145.9	0
Kırıkkale	1975- 2014	390.66	26.68	0.91	138.2	0
Bala	1975- 2013	312.43	26.95	1.27	158.7	0
Kulu	1975- 2012	450.33	38.56	2.58	312.1	0
Ürgüp	1979- 2012	373.88	25.65	0.89	138.3	0
Çorum	1975- 2014	446.57	29.01	1.45	220.1	0
Osmancık	1976- 2012	380.63	23.91	1.00	124.3	0
Tosya	1975- 2011	481.41	28.09	0.91	156.4	0
Kastamonu	1975- 2013	496.02	31.41	1.97	278.4	0
Ilgaz	1975- 2012	443.47	28.35	1.16	188.2	0
Bafra	1975- 2012	797.07	45.97	1.47	343.9	0

Çalışma yapılacak akım gözlem istasyonları Kızılırmak havzasında bulunan Yamula, Söğütlühan ve Bulakbaşı'dır. Akım gözlem istasyonlarına ait özellikler Çizelge 3.3'de, akım verilerine ait temel istatistik değerler ise Çizelge 3.4.'de verilmektedir.

Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılacak akım gözlem istasyonlarına ait özellikler

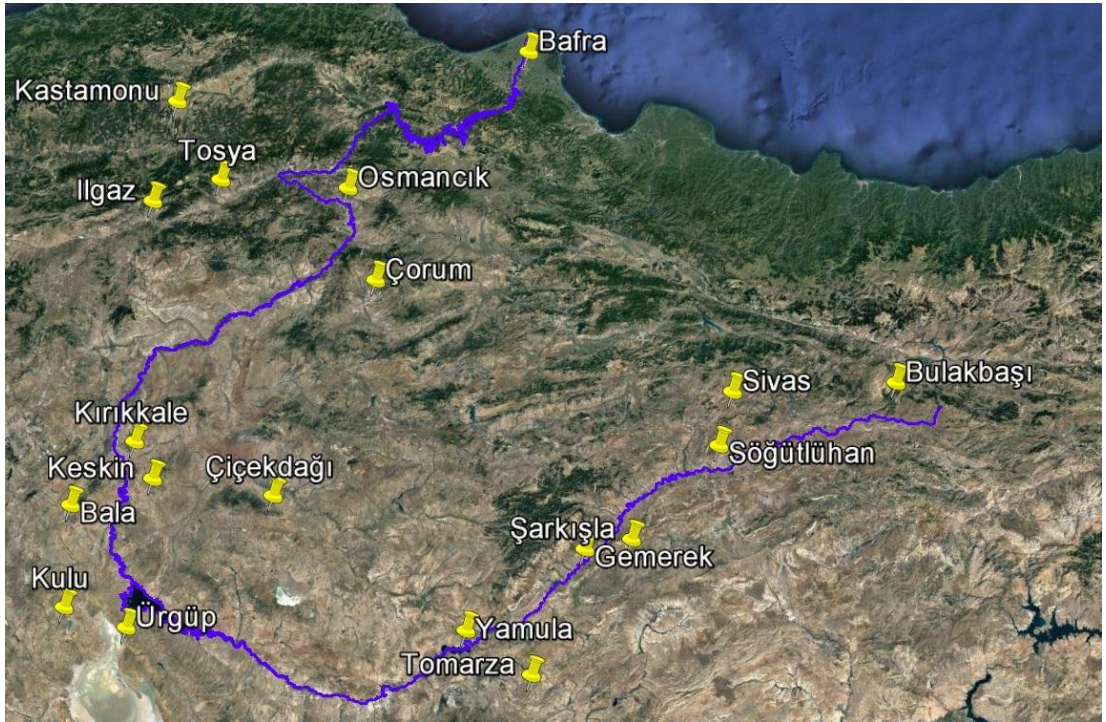
No	İl	İstasyon adı	Akım ölçüm aralıkları	Enlem - Boylam	Yükseklik (m)
1	Sivas	Söğütlühan	1963-2009	39°43'59" K 36°58'59" D	1243
2	Kayseri	Yamula	1939-2003	38°89'02" K 35°25'86" D	995
3	Sivas	Bulakbaşı	1972-2009	39°87'80" K 37°56'30" D	1298

Çizelge 3.4. Çalışmada kullanılacak aylık akım verilerine ait temel istatistik değerler

İstasyon Adı	Yıllar	Yıllık toplam akım ortalaması (hm <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	Standart Sapma	Çarpıklık	Mak Değer	Min Değer
Söğütlühan	1963-2009	1174.15	127.88	2.30	892.17	7.72
Yamula	1939-2003	2121.34	208.15	2.25	1295.48	14.20
Bulakbaşı	1972-2009	423.72	54.25	2.50	365.99	0.17

Çalışmada kullanılan istasyonlar belirlenirken, ölçüm alınan bölgede ve membasında herhangi bir su alma yapısı olmamasına dikkat edilmiştir. Böylece elde edilen tahmini verilere doğruya yakın bir biçimde ulaşılmıştır. Yamula barajı 2004 yılında su tutmaya başladığından, Yamula istasyonunun 2004 ve sonraki yıllardaki akım verileri çalışmaya dâhil edilmemiştir.

Yağış ve akım gözlem istasyonlarının havza üzerindeki yerleri Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Yağış ve akım gözlem istasyonları

### 3.2. Kuraklık İndisleri

Günümüzde yağış verisi kullanılarak modellenen bazı kuraklık indisleri şunlardır; Normal Yüzde İndisi, Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi, Yüzey Su Sağlama İndisi, Ürün Nem İndisi, Erinç İndisi, SPI.

McKee ve diğerleri (1995) 1996'daki kuraklık şartlarının ABD için standart yağış indisi ile izlenmesini çalışmışlardır. Kuraklığın tanımlanması ve izlenmesi zordur. SPI'nin faydası Palmer'den daha çabuk kurak ayları göstermesi ve farklı zaman dilimlerinde hesaplama yapılabilmesidir. Bir çok su sağlama planlamacısı birden fazla indise başvurarak karar verir. Kuraklık indisleri, yaygın olarak kullanılan Palmer kuraklık şiddeti indisi, planlama için kuraklığın izlenmesini ve önleme politikaları geliştirilmesine sınırlı olarak cevap verir. SPI basittir, zamanla esnektir ve su kaynaklarının bütün zaman dilimleri için izlenmesine izin verir (Sırdaş & Şen, 2003).

Bu çalışmada SPI ve SDI kullanılarak Kızılırmak havzasında kuraklık tahmini yapılacaktır. Çalışmaya ek olarak veri madenciliği yöntemi kullanılarak farklı meteorolojik parametrelerle akım ve akım kuraklık indisinin tahmin edilebilirliği araştırılacaktır.

#### 3.2.1. Standart yağış indisi (SPI)

Standart yağış indisi, yağışın esas olarak belirlenen zaman dilimi içerisinde ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilen değerdir (McKee vd., 1993). SPI ile var olan yağış verisi kayıtlarından dünyanın herhangi bir yerindeki belirli bir zaman içerisinde kurak veya sulak olaylarındaki anormallikleri belirleyebilirler (Sırdaş, 2002).

SPI denklemi,

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

Bu denklemde;

X : Yağış miktarı

$\bar{X}_i$  : Yağış ortalaması

$\sigma$  : Standart sapma

Yağış serisi, genellikle anormal dağılıma sahiptir. İndisin hesaplanması; yağışın 12 ay ve daha az zaman aralıklarında normal dağılıma uymaması nedeniyle karmaşıktır. Bu sebepten öncelikle yağış dizileri normal dağılıma uygun hale getirilir. Bu aşamada elde edilen SPI değerleri, yağış eksilmeleri ile doğrusal olarak eksilir veya artar. SPI değerlerinin normal dağılıma uygun hale getirilmesiyle beraber seçilen zaman aralığı içerisinde kurak ve nemli dönemler aynı şekilde temsil edilmiş olur. “SPI değerleri dikkate alınarak ele alınan kuraklık değerlendirmelerinde indisin devamlı olarak negatif çıktığı zaman aralığı, kurak dönem olarak nitelendirilir. İndisin sıfır değerinin altına düştüğü ilk zaman kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilir. SPI değeri pozitif değere yükseldiği zaman kuraklığın bitimidir (McKee vd., 1995)”. Bu yöntemle göre SPI değerlerine karşılık gelen kuraklık kategorileri Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. SPI değerlendirme tablosu (McKee vd., 1993)

SPI	Kuraklık Kategorisi	Zaman Kategorisi
$SPI \geq 0,0$	Kuraklık Yok	
$-1,0 \leq SPI < 0,0$	Hafif Kurak	% 34,1
$-1,5 \leq SPI < -1,0$	Orta Derecede Kurak	% 9,2
$-2,0 \leq SPI < -1,5$	Şiddetli Kurak	% 4,4
$SPI < -2,0$	Aşırı Kurak	% 2,3

SPI değerlerinin hesaplanmasında, en az 30 yıllık sürekli periyoda sahip aylık yağış dizileri hazırlanır. Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına etkisi dikkate alınarak indislerdeki değişimin gözleneceği 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık (i) gibi farklı zaman dilimleri belirlenir. Bu zaman dilimleri yağıştaki eksikliğin kullanılabilir su kaynaklarına olan etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği gibi öznel bir mantığa göre seçilmiştir. Örneğin herhangi bir ayda yağışta meydana gelen azalma toprak nemine hemen etki edebilirken, yer altı sularının ve nehirlerin bundan etkilenmesi daha uzun süreli bir zaman dilimi içerisinde olur. Her zaman dilimindeki veri dizileri kayan bir özellikte olup, o ayın indis değeri önceki ay değerlerine göre bulunur. Daha sonra gama dağılımına uydurulur ve böylece gözlenmiş yağış olasılıkları tanımlanır (Pamuk vd., 2004).

Gamma dağılımı, iklimsel zaman serilerine en uygun dağılımdır. Gamma dağılımı, dağılım frekansı veya olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanmaktadır (Thom, 1958). Gamma dağılımı,

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad x, \alpha, \beta > 0 \quad (3.2)$$

Bu denklemde:

$\alpha$  : Şekil Parametresi

$\beta$  : Ölçek Parametresi

$x$  : Yağış Miktarı

$\Gamma(\alpha)$  : Gamma Fonksiyonudur ve  $\alpha$ 'nın pozitif değeri için;

$$\Gamma(a) = \int_0^\infty y^{a-1} e^{-y} dy \quad (3.3)$$

denklemleri ile hesaplanır.

Optimum  $\alpha$  ve  $\beta$  tahminlerinde kullanılacak olan maksimum olasılık çözümleri ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3.4)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (3.5)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (3.6)$$

Burada  $n$ : yağış gözlemlerinin sayısıdır. Parametreler, bir istasyondaki zaman ölçekleri için yağışın kümülatif olasılık dağılım fonksiyonunu oluşturmak için bulunur. Toplam olasılık fonksiyonu,

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (3.7)$$

$t = x/\beta$  olduğunda, bu denklem eksik gamma fonksiyonunu oluşturur,

$$G(x) = \int_0^x \frac{1}{\Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (3.8)$$

Gamma fonksiyonu  $x: 0$  için tanımsız olur ve yağış dağılımı sıfır değerleri içerebilir, bu durum için toplam olasılık dağılımı,

$$H(x) = q + (1-q)G(x) \quad (3.9)$$

Bu denklemde q sıfırın olasılığıdır, m yağış zaman serisindeki sıfırların sayısı ise;

$$q = m/n \quad (3.10)$$

denklemleri yardımıyla hesaplanır. Thom (1966), toplam olasılık fonksiyonu olan  $G(x)$ 'i belirlemek için eksik gamma fonksiyonu tablolarını kullanır. McKee ve diğerleri (1993), Press ve diğerlerinin (1992) geliştirmiş olduğu bilgisayar yazılımı kullanarak toplam olasılık fonksiyonundan elde edilen yağış olasılıklarını standart yağışlara çevirmişlerdir. Bu şekilde ortalaması sıfır (0) ve varyansı bir (1) değerinde standart yağışlar değerini ifade eden Z değişkenleri elde edilir.  $H(x)$ , SPI'nin değeridir. Bu durum, Panofsky ve Brier (1958) tarafından tanımlanan formun dağılımının bir değişim olarak yeni bir dağılıma dönüşümü için gerekli özelliştir (Sırdaş, 2002).

### 3.2.2. Akım kuraklık indisi (SDI)

Hidrolojik kuraklığı tanımlayan indisler, genelde verilerde zorlu ve yoğun hesaplamalar içerir. Son zamanlarda çok basit ve etkili olarak SDI gündeme gelmiştir. SDI, hidrolojik yıl içerisindeki 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemlerdeki akım verilerini içerir (Nalbantis, 2008). SDI, kümülatif akış hacmi,  $V_{i,k}$  her bir k referans periyodunda i. hidrolojik yılı baz alarak tanımlanmıştır (Tabari vd., 2012).

$$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - \bar{V}}{S_k} \quad (3.11)$$

- i : Hidrolojik yıl (1, 2, ...)  
k : Referans periyodu (1, 2, 3, 4)  
 $V_k$  : Kümülatif akış hacmi  
 $S_k$  : Standart sapma

Olarak tanımlanır. Bu değerler, uzun ve sürekli zaman periyotlarında hesaplanır. Hidrolojik kuraklık denklemi standartlaştırılmış akım miktarı denklemiyle aynıdır. Bu tanımda kesim seviyesi  $V_k$ 'ya göre ayarlanmasına rağmen diğer değerler de kullanılabilir. Bahsi geçen k referans periyodu, 3 aylık için k= 1 iken Ekim – Aralık ayları arasında, 6 aylık için k= 2 iken Ekim - Mart, 9 aylık için k= 3 iken Ekim - Haziran ayları, 12 aylık için k= 4 iken ise Ekim - Eylül aylarını ifade



etmektedir. SDI sonuçlarının değerlendirilmesi Çizelge 3.6'da gösterildiği gibi yapılmaktadır.

Çizelge 3.6. SDI değerlendirme tablosu (Nalbantis, 2008)

Durum	SPI	Kuraklık Kategorisi	Olasılık
0	Kuraklık Yok	$SDI \geq 0,0$	50,0
1	Hafif Kurak	$-1,0 \leq SDI < 0,0$	34,1
2	Orta Derece Kurak	$-1,5 \leq SDI < -1,0$	9,2
3	Şiddetli Kurak	$-2,0 \leq SDI < -1,5$	4,4
4	Aşırı Kurak	$SDI < -2,0$	2,3

### 3.3. Veri Madenciliği

Veri madenciliği, büyük miktarlardaki verilerin içinden, geleceği tahmin etmeye yardımcı olacak anlamlı bağlantı ve kuralların bilgisayar programları aracılığıyla aranması ve analizidir (Kalikov, 2006). Veri madenciliği tek başına bir çözüm değildir. Mevcut problemleri çözmek, kritik kararları almak veya geleceğe yönelik tahminleri yapmak için gerekli olan bilgileri elde etmeye yarayan bir araçtır. Ortaya çıkarılması hedeflenen bilgiler; üstü kapalı, çok net olmayan, önceden bilinmeyen, daha önce keşfedilmemiş ancak potansiyel olarak kullanışlı, anlamlı ve kritik bilgilerdir (Argüden & Erşahin, 2008). Bu işlemlerin uygulama alanı oldukça geniştir. Bu alanlar arasında veri tabanı sistemleri, veri görselliği, yapay sinir ağları, istatistik, yapay öğrenme, vb. gibi disiplinler bulunmaktadır (Savaş vd., 2012).

#### 3.3.1. Veri madenciliği tanımı

Günümüzde teknolojinin gelişimiyle birlikte hemen her alanda veriler oluşturulmakta ve bu veriler kaydedilmektedir. Veri hacimlerindeki bu büyük artış veri tabanı sistemlerini yetersiz kılmış, verilerden faydalanmayı zorlaştırmıştır. Veri madenciliği veri havuzlarında toplanan büyük verilerin anlamlı hale getirilip, veriye ulaşma, veriyi kullanma, ve bu verilerin gelecekteki durumunu tahmin etmeyi amaçlar.

Farklı kaynaklarda veri madenciliğinin pek çok tanımı mevcuttur. Bu kaynaklardan bazılarına göre veri madenciliğinin tanımı şöyledir: Jacobs veri madenciliğini, ham datanın tek başına sunamadığı bilgiyi çıkararak, veri analizi süreci olarak ifade etmiştir (Jacobs, 1999). Hand (1998) veri madenciliğini istatistik, veri

tabanı teknolojisi, örüntü tanıma, makine öğrenme ile etkileşimli yeni bir disiplin ve geniş veri tabanlarında önceden tahmin edilemeyen ilişkilerin ikincil analizi olarak tanımlamıştır. Kitler ve Wang (1998), veri madenciliğini oldukça tahminci anahtar değişkenlerin binlerce potansiyel değişkenden izole edilmesini sağlama yeteneği olarak tanımlamışlardır. Veri madenciliği, büyük veri yığınları arasından gelecekle ilgili tahminde bulunabilmemizi sağlayabilecek bağlantıların, bilgisayar programı kullanarak aranması işidir (Doğan & Türkoğlu, 2007). Gartner Group tarafından yapılan bir diğer tanımda ise veri madenciliği, istatistik ve matematik tekniklerle birlikte örüntü tanıma teknolojileri kullanarak, depolama ortamlarında saklanmış bulunan veri yığınlarının elenmesi ile anlamlı yeni korelasyon, örüntü ve eğilimlerin keşfedilmesi süresidir örüntü belirli ancak bilinmeyen bir sınıfta yer alan nesne ve olayları tanımlamaktadır. Bir görüntünün daha sonra bilgisayar tarafından algılanabilmesi için bu görüntü sınıfına ait olan görüntü örnekleri (örneğin A karakterinin değişik yazılışları), ses örnekleri örüntü olarak isimlendirilmektedir. Örüntü tanıma ve sınıflama problemleri üzerinde yoğunlaşan yapay zeka ve istatistik disiplinlerdeki gelişmeler veri madenciliğinin temellerini oluşturmaktadır. Ayrıca veri madenciliği yapay zeka çalışmalarının uzantısı olan makine öğretimi ve uzman sistemlerin yanı sıra veri tabanları, optimizasyon, görselleştirme, yüksek performanslı işlemciler gibi çeşitli disiplin ve teknolojilerden de etkilenmektedir (Akpınar, 2000). Veri madenciliği kendi başına bir çözüm değil çözüme ulaşmak için verilecek karar sürecini destekleyen, problemi çözmek için gerekli bilgileri sağlamaya yarayan bir araçtır. Veri madenciliği; analistine, iş yapma aşamasında oluşan veriler arasındaki şablonları ve ilişkileri bulması konusunda yardım etmektedir (Baykal, 2006).

Temel olarak veri madenciliği, veri setleri arasındaki desenlerin ya da düzenin, verinin analizi ve yazılım tekniklerinin kullanılmasıyla ilgilidir. Veriler arasındaki ilişkiyi, kuralları ve özellikleri belirlemekten bilgisayar sorumludur. Amaç, daha önceden fark edilmemiş veri desenlerini tespit edebilmektir. Veri madenciliğini istatistiksel bir yöntemler serisi olarak görmek mümkün olabilir. Ancak veri madenciliği, geleneksel istatistikten birkaç yönde farklılık gösterir. Veri madenciliğinde amaç, kolaylıkla mantıksal kurallara ya da görsel sunumlara çevrilebilecek nitel modellerin çıkarılmasıdır. Bu bağlamda, veri madenciliği insan merkezlidir ve bazen insan - bilgisayar arayüzü birleştirilir (URL-4

### **3.3.2. Veri madenciliği süreci**

#### **Sorunun tanımlanması**

Veri madenciliğinin hangi amaç doğrutulsunda yapıldığı net olarak bilinmelidir. Çalışmanın başarılı olabilmesi için soruna uygun bir veri madenciliği çalışması yapılmalı ve çalışmanın başarılı olup olmadığının test edilebilir olması gerekmektedir.

#### **Verilerin hazırlanması**

Çalışmada kullanılacak verilere karar verilirken bu verilerin model kurmaya uygun olup olmadığına bakılır eğer değilse uygun hale getirilir. Verilerin kurulacak modele uymaması durumunda bu aşama tekrar edilmek durumundadır.

#### **Toplama ve uyumlaştırma**

Sorunun çözümlü için gerekli veriler ilgili kaynaklardan temin edilir. Kullanılacak verilerin yetersiz olması çalışmayı eksik bırakacağı gibi istenilenden fazla olması da veri kirliliğine neden olur. Veriler temin edilirken kaynakların güvenilirliği çalışmanın doğruluğu açısından önem taşır. Çalışmada kullanılacak veri gruplarının birbirleriyle uyumlarına dikkat edilmelidir.

#### **Birleştirme ve temizleme**

Farklı kaynaklardan edinilen verilerin tek bir veri tabanında ve birbirleriyle uygun formatta toplanıp, gereksiz ya da eksik verilerin ayıklanması aşamasıdır.

#### **Modelin kurulması ve değerlendirilmesi**

Tanımlanan problem için en uygun modelin bulunabilmesi, olabildiğince çok sayıda modelin kurularak denenmesi ile mümkündür. Bu nedenle veri hazırlama ve model kurma aşamaları, en iyi olduğu düşünölen modele varılıncaya kadar yinelenen bir süreçtir. Model kuruluğu çalışmalarının sonucuna bağlı olarak, aynı teknikle farklı parametrelerin kullanıldığı veya başka algoritma ve araçların denendiği değişik

modeller kurulabilir. Model kuruluş çalışmalarına başlamadan önce, hangi tekniğin en uygun olduğuna karar verebilmek güçtür. Bu nedenle farklı modeller kurarak, doğruluk derecelerine göre en uygun modeli bulmak üzere sayısız deneme yapılmasında yarar bulunmaktadır. Kurulan modelin doğruluk derecesi ne denli yüksek olursa olsun, gerçek dünyayı tam anlamı ile modellediğini garanti edebilmek mümkün değildir. Yapılan testler sonucunda geçerli bir modelin doğru olmamasındaki başlıca nedenler, model kuruluşunda kabul edilen varsayımlar ve modelde kullanılan verilerin doğru olmamasıdır (Terzi vd., 2011).

### Modelin izlenmesi

Zaman içerisinde bütün sistemlerin özelliklerinde ve dolayısıyla ürettikleri verilerde ortaya çıkan değişiklikler, kurulan modellerin sürekli olarak izlenmesini ve yeniden düzenlenmesini gerektirecektir (Savaş vd., 2012).

### **3.3.3. Veri madenciliği modelleri ve yöntemleri**

Veri madenciliğinde kullanılan modeller, tahmin edici ve tanımlayıcı olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir. Tahmin edici modellerde, sonuçları bilinen verilerden hareket edilerek bir model geliştirilmesi ve kurulan bu modelden yararlanılarak, sonuçları bilinmeyen veri kümeleri için sonuç değerlerin tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Tanımlayıcı modeller ise, karar vermeye rehberlik etmede kullanılacak mevcut verilerdeki örüntülerin tanımlanmasını sağlamaktadır. Sınıflama ve regresyon modelleri tahmin edici, kümeleme, birliktelik kuralları ve ardışık zamanlı örüntü modelleri tanımlayıcı modellerdir (Akpınar, 2000).

Veri madenciliği yöntemleri şu şekilde sıralanabilir; sınıflama ve regresyon, kümeleme, birliktelik kuralları.

### Sınıflama ve regresyon

Verilerin içerdiği ortak özellikleri kullanılarak söz konusu verileri sınıflandırmak mümkündür. Benzer biçimde bir veri kümesi içinde ortak özellikleri ya da farklılıkları ortaya koyacak biçimde sınıflandırma yapılabilir.

Sınıflandırma bir öğrenme algoritmasına dayanır. Tüm veriler kullanılarak eğitime işi yapılmaz. Bu veri topluluğuna ait bir örnek veri üzerinde gerçekleştirilir. Öğrenmenin amacı bir sınıflandırma modelinin yaratılmasıdır. Bir başka deyişle sınıflandırma, hangi sınıfa ait olduğu bilinmeyen bir kayıt için bir sınıf belirleme sürecidir (Özkan, 2013).

Sınıflama veri madenciliğinde sıkça kullanılan bir yöntem olup, veri tabanlarındaki gizli örüntüleri ortaya çıkarmakta kullanılır. Verilerin sınıflandırması için belirli bir süreç izlenir. Öncelikle var olan veri tabanının bir kısmı eğitim amacıyla kullanılarak sınıflandırma kurallarının oluşturulması sağlanır. Daha sonra bu kurallar yardımıyla yeni bir durum ortaya çıktığında nasıl karar verileceği belirlenir.

Mevcut verilerden hareket ederek geleceğin tahmin edilmesinde faydalanılan ve veri madenciliği teknikleri içerisinde en yaygın kullanıma sahip olan sınıflama ve regresyon modelleri arasındaki temel fark, tahmin edilen bağımlı değişkenin kategorik ve süreklilik gösteren bir değere sahip olmasıdır. Ancak çok terimli lojistik regresyon gibi kategorik değerlerin de tahmin edilmesine olanak sağlayan tekniklerle, her iki model giderek birbirine yaklaşmakta ve bunun bir sonucu olarak aynı tekniklerden yararlanılması mümkün olmaktadır. Sınıflama ve regresyon modellerinde kullanılan başlıca teknikler; karar ağaçları, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, K en yakın komşu, bellek temeli nedenleme, Bayes lojistik regresyondur (Akpınar, 2000).

### Kümeleme

Verileri birbirlerine benzeyen elemanlardan oluşan sınıflara (kümelere) ayırarak, heterojen bir veri grubundan, homojen alt veri grupları elde edilmesi işlemidir. Kümeleme fonksiyonu genellikle bölümlenme sorunlarını çözmekte kullanılır. Kümelemenin temel hedefleri arasında; geniş veri yığınları için tanımlayıcı veriler belirleyerek, işlenecek veri hacmini daraltmak, veri yığınlarındaki doğal kümeleri ortaya çıkararak aynı kümede olması gereken verileri belirlemek, belirlenmiş kümelerin dışında kalan istisna durumları tanımlamak sayılabilir. Başlangıç aşamasında verilerin hangi kümelere ayrılacağı veya kümelemenin hangi değişken özelliklerine göre yapılacağı bilinmemekte, konunun uzmanı olan bir kişi tarafından kümelerin neler olacağı tahmin edilmektedir. Kümeleme algoritmaları; küme içinde

benzerliğin maksimize (küme içi uzaklıkların minimize edilmesi) edilmesi, kümeler arası benzerliğin minimize (kümeler arası uzaklıkların maksimize edilmesi) edilmesi kavramına dayanır. Sonuçta elde edilen farklı kümelere ait elemanlar arasında benzerlik azdır. Kümeleme fonksiyonu ile sınıflandırma fonksiyonu arasındaki en önemli fark, kümelemenin önceden tanımlanmış girdilere dayanmıyor olmasıdır. Sınıflandırma fonksiyonunda tanımlı girdiler ve bunların geçmişte aldıkları değerler temel modeli oluştururken, kümeleme fonksiyonunda önceden tanımlanmış girdiler ve örnekler yoktur. Veriler kendi içlerindeki benzerliklere göre gruplanırlar. Benzerliği tanımlayacak boyutlar ve özellikler modeli kuran tarafından öngörülür. Kümeleme fonksiyonu bazı durumlarda başka bir veri madenciliği fonksiyonun öncesinde kullanılabilir (Argüden & Erşahin, 2008).

#### Birliktelik kuralları

Veri tabanı içinde yer alan kayıtların birbirleriyle olan ilişkilerini inceleyerek, hangi olayların eş zamanlı olarak birlikte gerçekleşebileceklerini ortaya koymaya çalışan veri madenciliği yöntemleri bulunmaktadır. Bu ilişkilerin belirlenmesiyle “birliktelik kuralları” (association rules) elde edilir (Akpınar, 2000)

#### **3.3.4. WEKA'nın tanıtılması**

WEKA, makine öğrenimi amacıyla Waikato Üniversitesinde geliştirilmiş ve “Waikato Environment for Knowledge Analysis” kelimelerinin baş harflerinden oluşmuş yazılımın ismidir. Günümüzde yaygın kullanımı olan çoğu makine öğrenimi algoritmalarını ve metotlarını içermektedir. 1993 yılında, Waikato Üniversitesi tarafından ilk WEKA paketi, TCL/TK, C ve Makefiles'dan oluşan bir şekilde dünyaya duyuruldu. 1997 yılında, JAVA'nın da gelişimi ile WEKA paketinin yeni baştan Java dilinde yazılması kabul edildi ve proje Java'ya taşındı. 2005 yılında WEKA, dünyanın en prestijli veri madenciliği ödülllerinden olan SIGKDD “Data Mining and Knowledge Discovery Service Award”, ödülüne layık görüldü. 2006 yılında, Pentaho Corporation firması tarafından iş zekası uygulamalarında kullanılmak üzere WEKA'nın lisansı satın alındı. Bu tarihten sonra WEKA “Pentaho Business Intelligence Suite” isimli paketin içinde de yer almaya başlamıştır. 2011 yılı itibariyle 2,487,213 indirme ile en popüler 200 Sourceforge projesinden birisi olmuştur (URL-5).

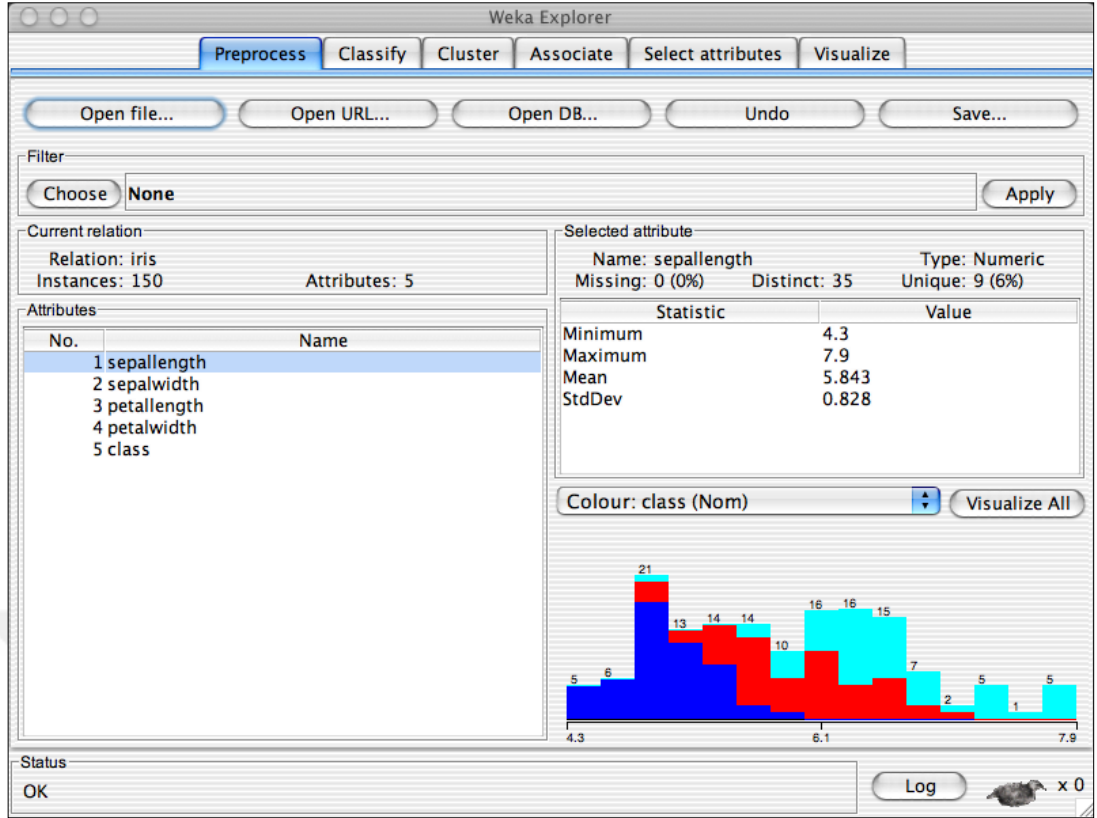
WEKA, tamamen modüler bir tasarıma sahip olup, içerdiği özelliklerle veri kümeleri üzerinde görselleştirme, veri analizi, iş zekası uygulamaları, veri madenciliği gibi işlemler yapabilmektedir. WEKA yazılımı, kendisine özgü olarak bir arff uzantısı desteği ile gelmektedir. Ancak WEKA yazılımının içerisinde CSV dosyalarını da ARFF formatına çevirmeye yarayan araçlar mevcuttur. Temel olarak aşağıdaki üç veri madenciliği işlemi WEKA ile yapılabilir: sınıflandırma (classification), kümeleme (clustering), ilişkilendirme (association). Bu işlemlere ilave olarak, veri kümeleri üzerinde ön ve son işlemler; veri ön işleme (data pre-processing), görselleme (visualization) de yapılabilir.

WEKA kütüphanesinde veri kümelerini içeren dosyalar üzerinde çalışan çok sayıda hazır fonksiyon bulunmaktadır. Veri kümelerini içeren dosyalar, çok farklı veri çeşitlerinin WEKA da çözümü imkanı sunarak, programın kavranmasını da kolaylaştırmaktadır (URL-6).

WEKA'nın ara yüzünün tanıtılması için aşağıda kısa bilgiler verilecektir.

#### Ön işleme paneli (Preprocess panel)

Bilgi dolaşıcısının (knowledge explorer) başlangıç noktası ön işleme panelidir. Bu panelde veri kümeleri (dataset) yüklenebilir veya WEKA içerisinde bulunan filitreler ile veriler üzerinde işlemler yapılarak veri işlenebilmektedir. Şekil 3.3'te ön işleme paneline ait ekran görüntüsü bulunmaktadır.

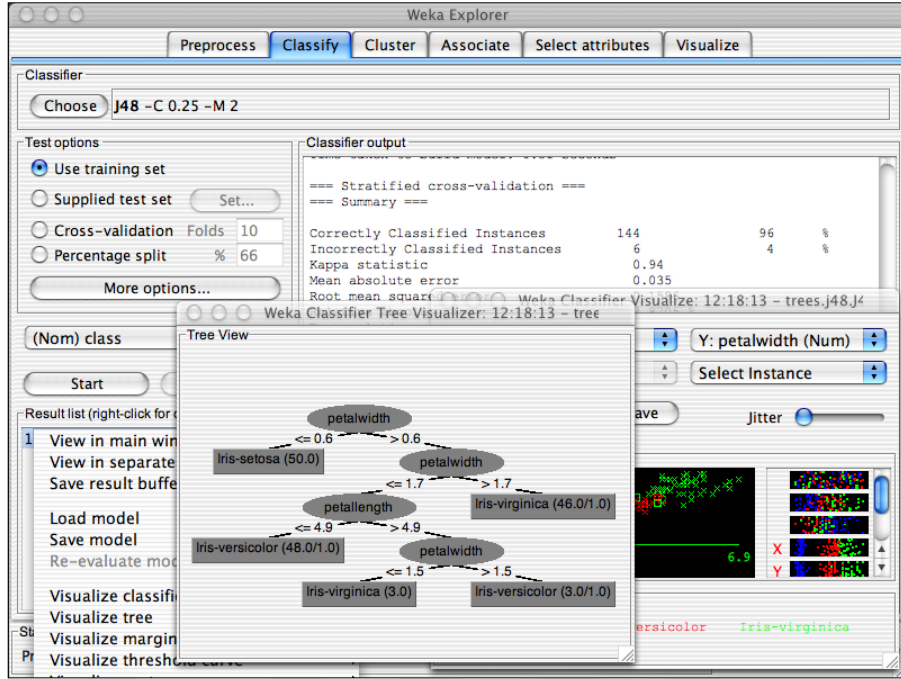


Şekil 3.3. WEKA Explorer ön işleme paneli ekran görüntüsü

### Sınıflandırıcı paneli (Classifier panel)

WEKA içerisinde yüklü olan sınıflandırma algoritmalarından herhangi birisini kullanarak mevcut veri kümesi üzerinde bu ekran marifetiyle sınıflandırma yapılabilmektedir. Ayrıca bu ekranda test ve sağlama (validation) için ayrı kümeler kullanmak da mümkündür. Sınıflandırma hataları ayrı bir ekranda açılır ve şayet sınıflandırma algoritması bir karar ağacı (decision tree) oluşturursa bu da ayrıca bir ekranda görüntülenebilmektedir. Şekil 3.4'te sınıflandırma paneliyle ilgili ekran görüntüsü bulunmaktadır.

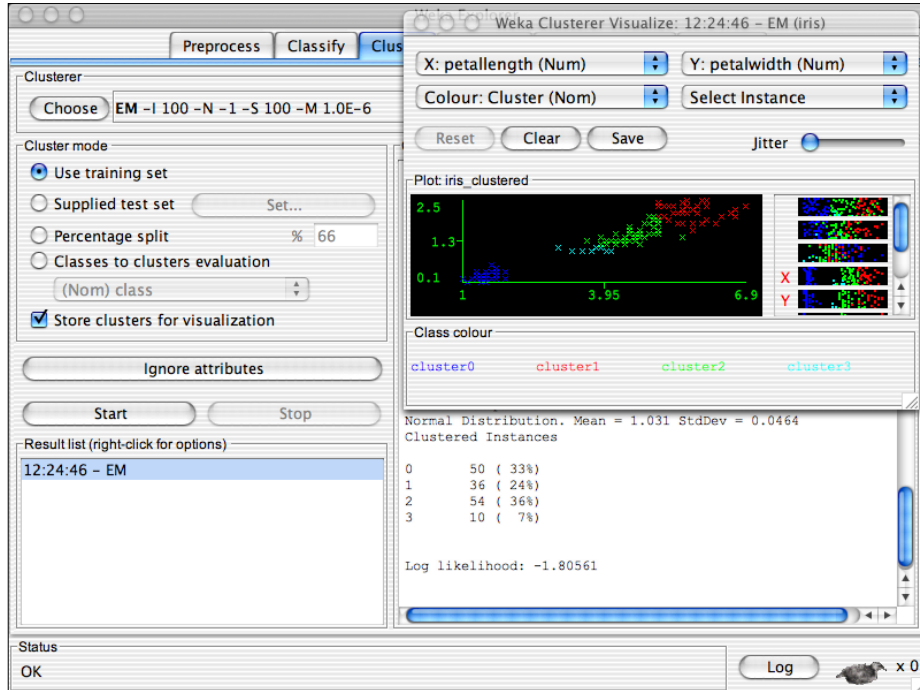




Şekil 3.4. WEKA sınıflandırma paneli ekran görüntüsü

### Klasör paneli (Cluster panel)

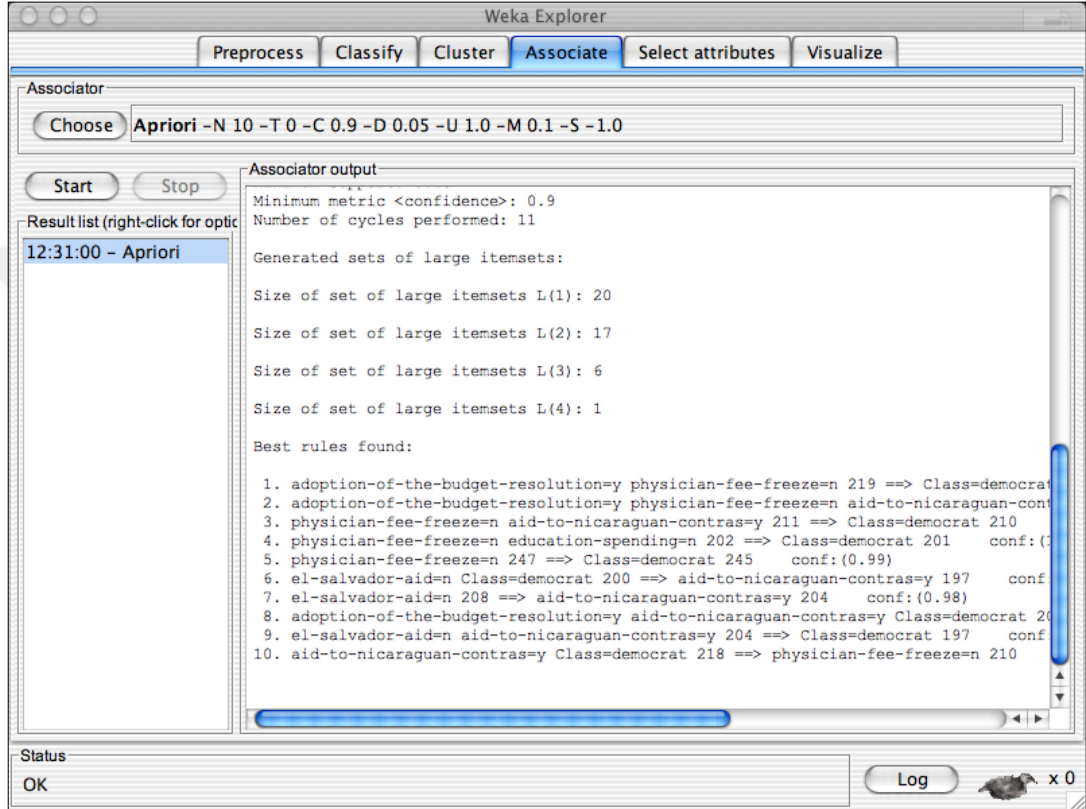
Sınıflamaya benzer şekilde klasörleme (gruplama) için kullanılan ekrandır ve benzer şekilde görselleştirme arayüzü bulunmaktadır. Klasörleme paneliyle ilgili ekran görüntüsü Şekil 3.5'te verilmektedir.



Şekil 3.5. WEKA klasör paneli ekran görüntüsü

### Birleştirme paneli (Associate panel)

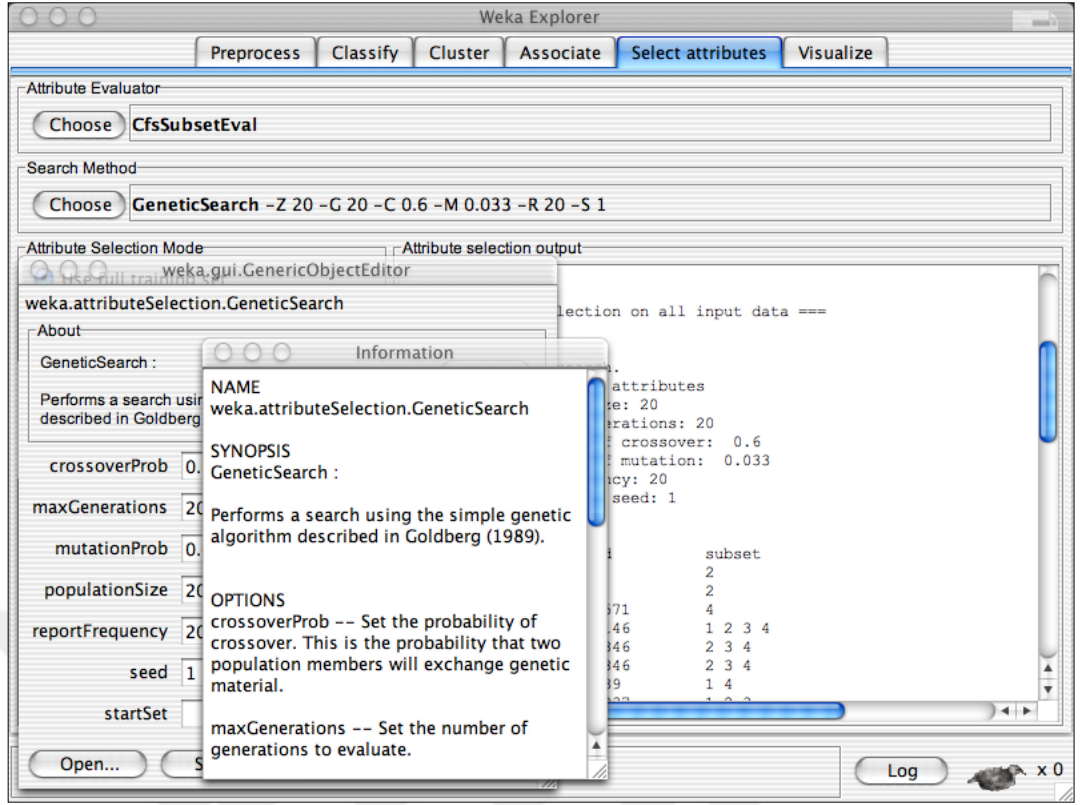
Birleştirme paneli WEKA içerisinde tanımlı birleştirme algoritmaları kullanılarak, mevcut veri kümesi üzerinde veri madenciliği (data mining) işlemi yapılmasını sağlamaktadır. Birleştirme paneliyle ilgili ekran görüntüsü Şekil 3.6'da verilmektedir.



Şekil 3.6. WEKA birleştirme paneli ekran görüntüsü

### Seçim özellikleri paneli (Select attributes panel)

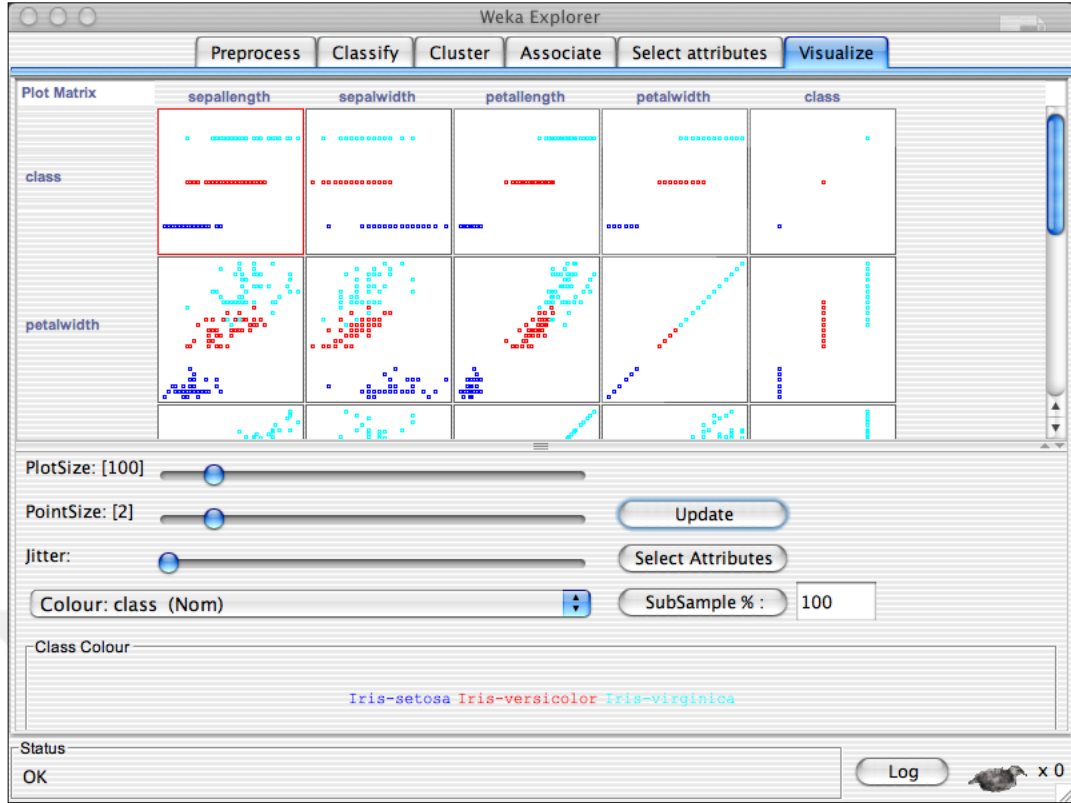
Seçim özellikleri paneli, veri kümesi üzerinde yapılan seçme ve işleme özelliklerini ayarlamayı sağlamaktadır. Şayet seçme şemalarından birisi veriyi dönüştürüyorsa, dönüşmüş veri, görselleştirme ekranında görüntülenebilmektedir. Seçim özellikleri paneli ile ilgili ekran görüntüsü Şekil 3.7'de verilmektedir.



Şekil 3.7. WEKA seçim özellikleri paneli ekran görüntüsü

### Görselleştirme paneli (Visualize panel)

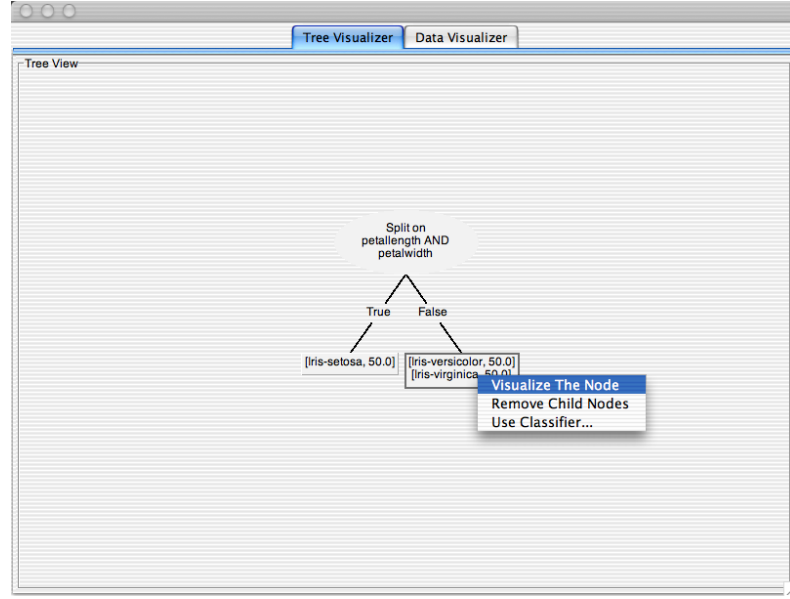
Bu panelde veri kümesi üzerinden bir çizim gösterilebilmektedir. Hücrelerin ve noktaların boyutları, ekranın alt tarafındaki panelden ayarlanabilmektedir. Seçim özellikleri ekranından, matris üzerindeki hücre sayısı değiştirilebilmektedir. Ayrıca çok büyük veri kümeleri ile çalışılırken, işlem kolaylığı olması açısından sadece alt örneklem uzayının kullanılması da mümkündür. Görselleştirme paneli ile ilgili ekran görüntüsü Şekil 3.8’de verilmektedir.



Şekil 3.8. WEKA görselleştirme paneli ekran görüntüsü

### Etkileşimli karar ağacı inşası (Interactive decision tree construction)

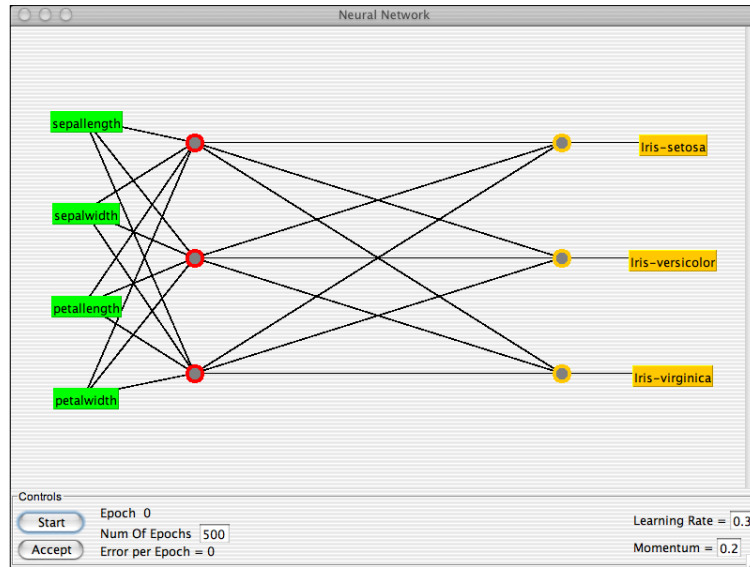
WEKA içerisindeki bu araç ile çift alternatifli (bi-variate) bölünmeleri ve bu bölünmeler üzerinde bir ağaç yapısını etkileşimli olarak inşa etmek, inşa edilen bu ağacın yeniden değerlendirilmesi veya değiştirilmesi mümkündür. Etkileşimli karar ağacı inşası ile ilgili ekran görüntüsü Şekil 3.9'da verilmektedir.



Şekil 3.9. WEKA etkileşimli karar ağacı inşası ekran görüntüsü

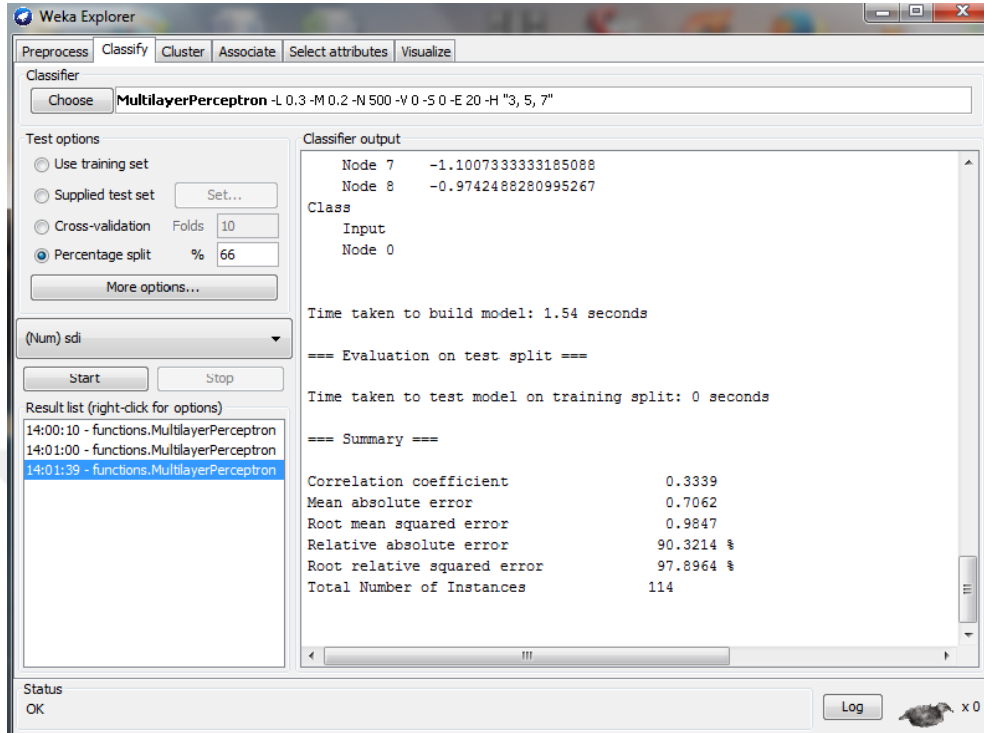
### Yapay sinir ağı (Neural network GUI)

WEKA içerisinde bulunan yapay sinir ağı (neural network) arayüzüdür. Bu arayüz sayesinde çok seviyeli algılayıcı (multilayer perceptron) ve eğitimi kontrol eden parametrelerin girilmesi mümkündür. Yapay sinir ağları arayüzüne ait bir ekran görüntüsü Şekil 3.10’ da verilmektedir.



Şekil 3.10. WEKA yapay sinir ağları arayüzü ekran görüntüsü

Ayrıca WEKA'da çözüm alındıktan sonra Şekil 3.11'de bulunan ekranda hata oranlarını görülebilmektedir.



Şekil 3.11. WEKA hata oranları ekranı

WEKA hata oranları ekranında gösterilen hata oranları aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

#### Korelasyon katsayısı (Correlation coefficient):

Korelasyon katsayısı( $r$ ), iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemek amacıyla kullanılan bir ölçüdür. Korelasyon katsayısı, -1 ile +1 arasında değerler almaktadır. Katsayı -1'e yaklaştığında, değişkenler arasında ters yönlü, +1'e yaklaştığında aynı yönlü ilişkinin giderek güçlendiğini ifade etmektedir. Katsayı 0 değerini aldığı anda ise iki değişken arasında ilişki olmadığını ifade etmektedir. Korelasyon katsayısı değişkenlerin kovaryansının ilgili standart sapmaların çarpımına bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$\text{Korelasyon katsayısı (r)} = \text{cov}(x,y)/s_x s_y \quad (3.12)$$

$$\text{Ortalama mutlak hata (MAE)} = \frac{|p_1-a_1|+\dots+|p_n-a_n|}{n} \quad (3.13)$$

$$\text{Karesel ortalama hata (RMSE)} = \sqrt{\frac{(p_1-a_1)^2+\dots+(p_n-a_n)^2}{n}} \quad (3.14)$$

$$\text{Göreceli mutlak hata (RAE)} = \frac{|p_1-a_1|+\dots+|p_n-a_n|}{|a_1-\bar{a}|+\dots+|a_n-\bar{a}|} \quad (3.15)$$

$$\text{Göreceli karesel hata (RRSE)} = \sqrt{\frac{(p_1-a_1)^2+\dots+(p_n-a_n)^2}{(a_1-\bar{a})^2+\dots+(a_n-\bar{a})^2}} \quad (3.16)$$

Bu denklemlerde;

P : tahmin edilen değer

A : gerçek değer

N : özellik sayısı

$\bar{a}$  : gerçek değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.

Tahmin edilen değerle gerçek değerlerin farkı, tahmin edilmek istenen değer gerçeğe yakınlığını ifade edeceğinden, buradaki hata değerlerinin 0'a olan yakınlığı, tahminin doğruluk derecesini ifade etmektedir (URL-6).

### 3.3.4. Veri Madenciliği Algoritmaları

WEKA' da kullanılan bazı sınıflandırma algoritmaları aşağıda kısaca anlatılmıştır.

#### K-star

Uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılmasında son yıllarda kullanılan K-star sınıflandırıcısı iki piksel arasındaki spektral uzaklığın veya iki piksel arasındaki benzerliğin belirlenmesinde bilgi teorisine dayanan entropik uzaklık ölçüsünü kullanmaktadır. K-star algoritması iki özelliği birbirine bağlayan en kısa uzaklık olarak Kolmogorov mesafesini dikkate almaktadır. Bu durumda K-star uzaklığı, iki özellik arasındaki tüm olası dönüşümlerin toplamı olmaktadır (Cleary & Trigg, 1995).

### IBk (En Yakın Komşuluk Sınıflandırıcısı)

Bu yöntem, sınıfları belli olan bir örnek kümesindeki gözlem değerlerinden yararlanarak, örneğe katılacak yeni bir gözlemin hangi sınıfa ait olduğunu belirlemek amacıyla kullanılır. Bu algoritmalar eğitim verisinden en çok bezeyen tek bir örneği bulmak için bir takım alan özellikli uzaklık fonksiyonları kullanırlar. Bulunan örnek yeni bir örneğin sınıflandırılması için kullanılır. En yakın komşuluk algoritması eğitim verisindeki piksellerin her birinin, öznelik değeri bilinmeyen test verisindeki bir piksele olan uzaklıkların hesaplanması ve en yakın uzaklığa sahip k sayıda gözlemin seçilmesi esasına dayanmaktadır (URL-7).

### Çok katmanlı algılayıcı

Yapay sinir ağları teknolojisinin ortaya çıktığı ilk yıllarda en çok eleştirildiği husus gerçek dünyada karşılaştırılan problemlerin çoğunlukla doğrusal olmaması ve doğrusal yapıdaki yapay sinir ağlarının bu tür problemlerin çözümünde yetersiz bir teknik olduğuydu. Ancak Rumelhart vd. 1986 tarafından geliştirilen bir ağ yapısı olan çok katmanlı algılayıcı ile bu sorunun üstesinden gelinmiştir. Çok katmanlı algılayıcılar, ağın beklenen çıktısı ile ağın ürettiği çıktı arasındaki farkı minimize edecek şekilde eğitilir. Ağın yapısı ileri beslemelidir ve döngü içermez. Dolayısıyla bu yapı ile sonuca hızla ulaşılabilir. Çok katmanlı sinir ağları bir ya da daha fazla gizli katmanı olan ileri beslemeli sinir ağlarıdır. Genelde bu ağ bir girdi katmanı, en az bir gizli katman ve bir de çıkış katmanından oluşur (URL-8).

### Basit lineer regresyon

Lineer regresyon bir veya birden fazla (bağımsız) değişken ile başka bir (bağımlı) değişken arasındaki bağlantıyı modellemek için kullanılan bir yöntemdir. En düşük karesel hatayla nitelenen özellikleri seçer. Bu algoritmada veri kümesinde eksik değerlere izin verilmez yalnızca sayısal verilerle çözüm alınır.

### Lineer regresyon

Model seçimi için Akaike ölçütünü kullanır ve ağırlıklı örnekleri ele alır.



#### 4. KIZILIRMAK HAVZASINDA SPI VE SDI İLE KURAKLIK İNDİSİ VE VERİ MADENCİLİĞİ UYGULAMASI

Çalışmanın üçüncü bölümünde anlatılan SPI ve SDI metodlarıyla Kızılırmak Havzası'nın kuraklık durumu belirlenmiştir. SPI ve SDI indislerinin hesabında kesintisiz en az otuz yıllık yağış ve akım verileri kullanılmış, verilerin toplanıp, indis hesaplamalarının yapılması zorlu bir süreç olmuştur. Özellikle akımın, tahmin ve elde edilebilirliği çok güç bir veri olması nedeniyle çalışmanın bu kısmında veri madenciliği yöntemiyle akım kuraklık indisinin ve akım verisinin tahmin edilebilir olup olmadığı irdelenmiştir. Akım kuraklık indisinin hesabında kullanılmayan, ancak kuraklığa etki edebileceği düşünülen bazı meteorolojik parametrelerle akım kuraklık indisinin yani hidrolojik kuraklığın tahmini, akım verisi olmaksızın hidrolojik kuraklık hakkında fikir edinebilmeyi sağlayacağından çalışmanın olumlu sonuçlar vermesi önem taşımaktadır.

Veri madenciliğiyle akım indisinin tahmininde örnek olarak Tomarza istasyonu ele alınmıştır. Bu iş için örnek istasyona ait Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen yağış, sıcaklık ve nem değerleri kullanılmıştır. Tomarza istasyonunda akım verisi ölçümü yapılmadığından akım verileri bölgeye en yakın olan Yamula istasyonundan alınmıştır. Bu verilerin ortak periyotta bulunduğu süreler 1976 - 2003 yılları arasındadır ve çalışma bu 29 yıllık zamanı kapsamaktadır.

WEKA veri madenciliğinin hemen her algoritmasını kolay ve hızlı bir şekilde çözebilme imkanı sunduğu için veri madenciliği uygulamasında bu programdan yararlanılmıştır.

Veriyi bazı durumlarda veri madenciliği çözümlmelerine aynen katmak uygun olmayabilir. Değişkenlerin ortalama ve varyansları birbirlerinden önemli ölçüde farklı olduğu takdirde büyük ortalama ve varyansa sahip değişkenlerin diğerleri üzerindeki baskısı daha fazla olur ve onların rollerini önemli ölçüde azaltır. Ayrıca değişkenlerin sahip olduğu çok büyük ve çok küçük değerler de çözümlmelerin sağlıklı biçimde yapılmasını engeller. Bu nedenle bir dönüşüm yöntemi uygulayarak söz konusu değişkenlerin normalleştirilmesi veya standartlaştırılması uygun bir yol olacaktır. (URL-9)

### Minimum - Maksimum Normalleştirme

Verileri 0 ile 1 arasındaki sayısal değerlere dönüştürmek için min-mak normalleştirme yöntemi uygulanır. Bu yöntem, veri içindeki en büyük ve en küçük sayısal değer belirlenerek diğerlerini buna uygun biçimde dönüştürme esasına dayanmaktadır. Söz konusu dönüştürme bağıntısı şu şekilde ifade edilmektedir:

$$X^* = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (4.1)$$

Burada  $X^*$  dönüştürülmüş değerleri,  $X$  gözlem değerlerini,  $X_{\min}$  en küçük gözlem değerini ve  $X_{\max}$  en büyük gözlem değerini ifade etmektedir.

Veri madenciliği süresince kurulan modellere ait veri setlerinin tüm düzenlemeleri “Excel” programında yapılmış olup daha sonra “csv” uzantısıyla kaydedilmiş ve modeller WEKA’da çözümlenmiştir.

Veri madenciliği yapılırken sonsuz sayıda model deneme imkanı mevcuttur. Tahmin edilmek istenen çıktı verisiyle ilgisi olan ya da olmayan tüm parametreler modele dahil edilebilmektedir. Bu çalışmanın veri madenciliği sürecinde, akım verisiyle ilgili olabileceği düşünülen meteorolojik parametreler girdi verisi olarak kullanılmıştır. Deneme yanılma yoluyla birçok model denenmiş bu çalışmada en anlamlı sonuçlar elde edilen üç model bu tezde incelenmiştir. Kurulan üç modele ait detaylar aşağıda anlatılmaktadır.

#### **4.1. Model - 1**

Girdi verileri: normalize edilmiş aylık ortalama sıcaklık, normalize edilmiş aylık ortalama nem, SPI

Çıktı verileri: SDI

Modelde yağış yerine yağış indisi akım yerine ise akım indisinin seçilmesinin nedeni yağış ve akım verilerinin kısa sürelerde çok fazla değişkenlik göstermesi ve normal dağılıma uymamasıdır. Daha doğru sonuç alabilmek açısından sıcaklık ve nem değerleri de denklem 4.1’e göre normalize edilmiştir. Her bir veri grubundan 336 veri olmak üzere, toplam 1344 veriden oluşan veri setinin, %80’i eğitim, %20’si test için kullanılmıştır.

#### 4.2. Model - 2

Girdi verileri: aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama nem, SPI

Çıktı verileri: SDI

Her bir veri grubundan 336 veri olmak üzere, toplam 1344 veriden oluşan veri setinin, %80'i eğitim, %20'si test için kullanılmıştır. Bu modelde veri setine müdahale edilmemiş sadece akım ve yağışı temsil etmek üzere akım ve yağış kuraklık indisleri kullanılmıştır.

#### 4.3. Model - 3

Girdi verileri: yıllık ortalama sıcaklık, yıllık ortalama nem, yıllık ortalama yağış

Çıktı verileri: yıllık ortalama akım

Her bir veri grubundan 28 veri olmak üzere toplam 112 veri bulunan veri setinin %80 i eğitim %20'si test için kullanılmıştır. Veri setinde gerçek ölçüm değerleri kullanılmış böylece veri setinde hiçbir düzenleme yapılmadığında ortalama akımın tahmin edilebilirliği görülmek istenmiştir.

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

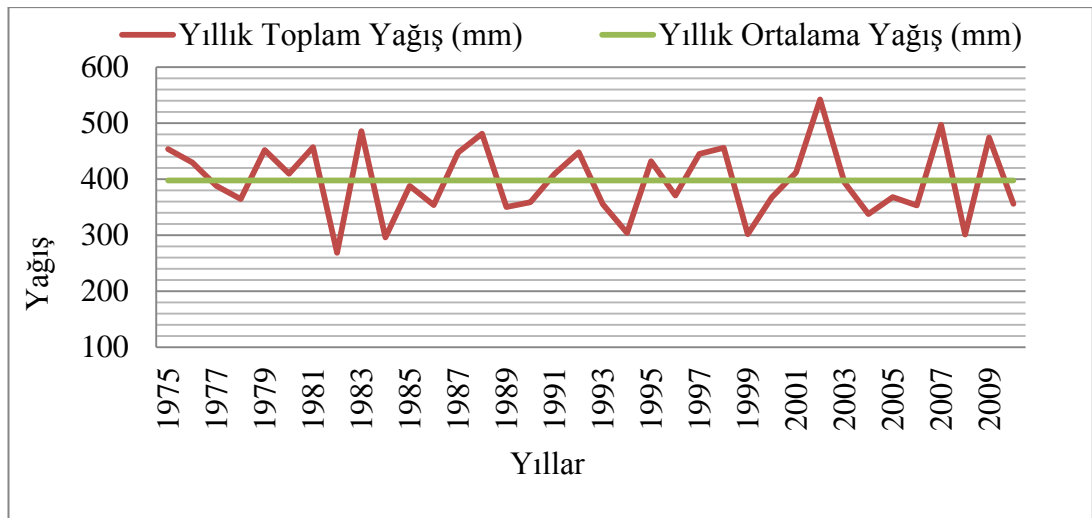
### 5.1. SPI Sonuçlarının İrdelenmesi

Meteorolojik kuraklık normalin altındaki yağış gidişleri ile oluşur ve genellikle bölgesel özelliktedir. Bölgesel klimatoloji davranışlarına göre tahmin edilebilir. Meteorolojik değişkenler farklı zaman ve konum özelliklerini içerirler. Böylece dünyanın bir çok değişik kısmı için farklı kuraklık çözümleri geliştirilmeye çalışılır (Sırdaş, 2002).

Yağış miktarının beklenen değerin altında olması kurak devre olarak adlandırılır. Kurak devrelerin incelenmesinde şu hususların belirlenmesi gerekir.

1. Kuraklığın şiddeti: Yağışın beklenen değerin ne kadar altına düştüğü,
2. Kuraklığın süresi: Kurak devrenin ne kadar sürdüğü,
3. Kuraklığın frekansı: Göz önüne alınan kurak devrenin ortalama olarak hangi aralıklarla tekerrür ettiği,
4. Kuraklığın yerel dağılımı: Göz önüne alınan yerdeki kurak devrenin yakınındaki diğer yerlerde görülüp görülmediğidir.

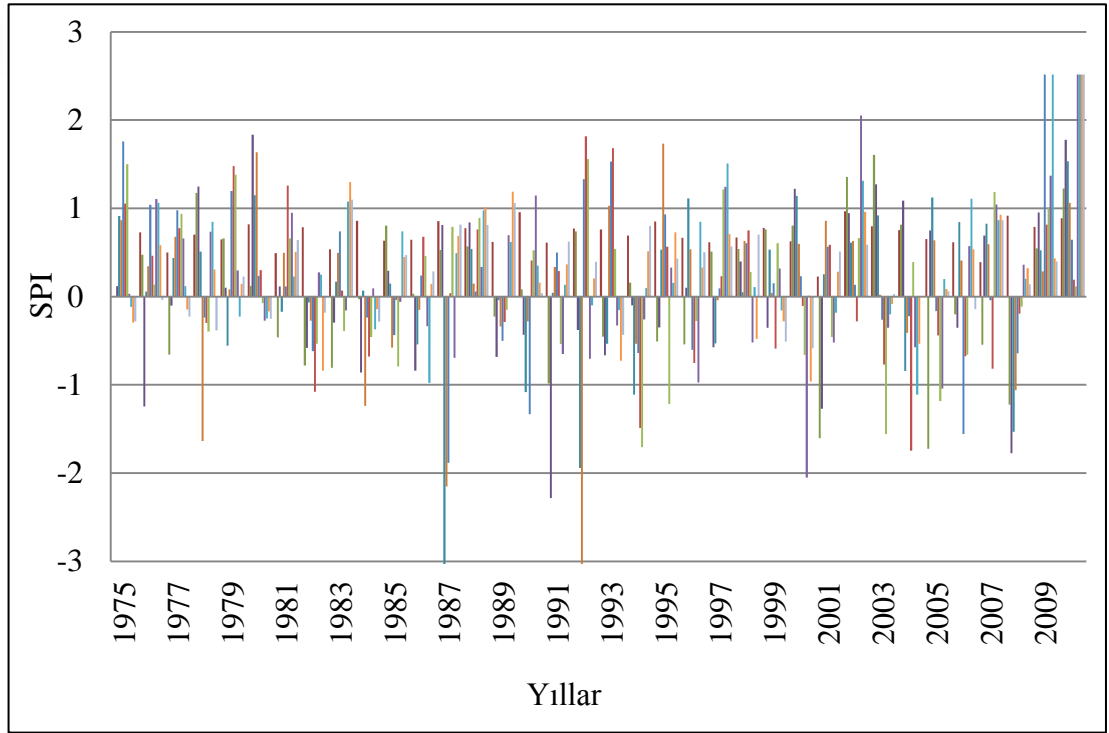
Kuraklık değerlendirmesi için örnek istasyon olarak seçilen Tomarza meteoroloji istasyonunun 1975 - 2010 yıllarına ait yıllık yağış serisi Şekil 5.1'de verilmektedir.



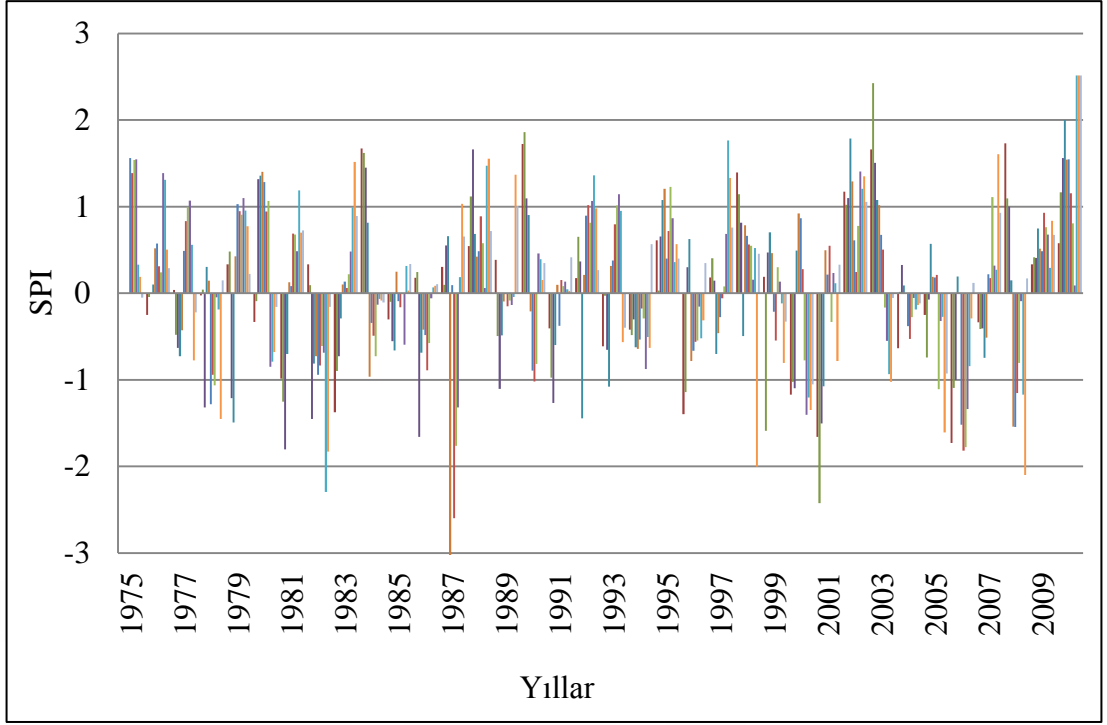
Şekil 5.1. Tomarza meteoroloji istasyonunun yıllık yağış serisi

Şekil 5.1'den anlaşılacağı üzere 1975-2010 yılları arasında istasyonda ölçülen yıllık ortalama yağış miktarı 400 mm'dir ve yıllık toplam yağış miktarı sıkça normal değerinin altına düşmüştür. Yağış miktarının beklenen değerinin altında olduğu kurak devreler görülmektedir.

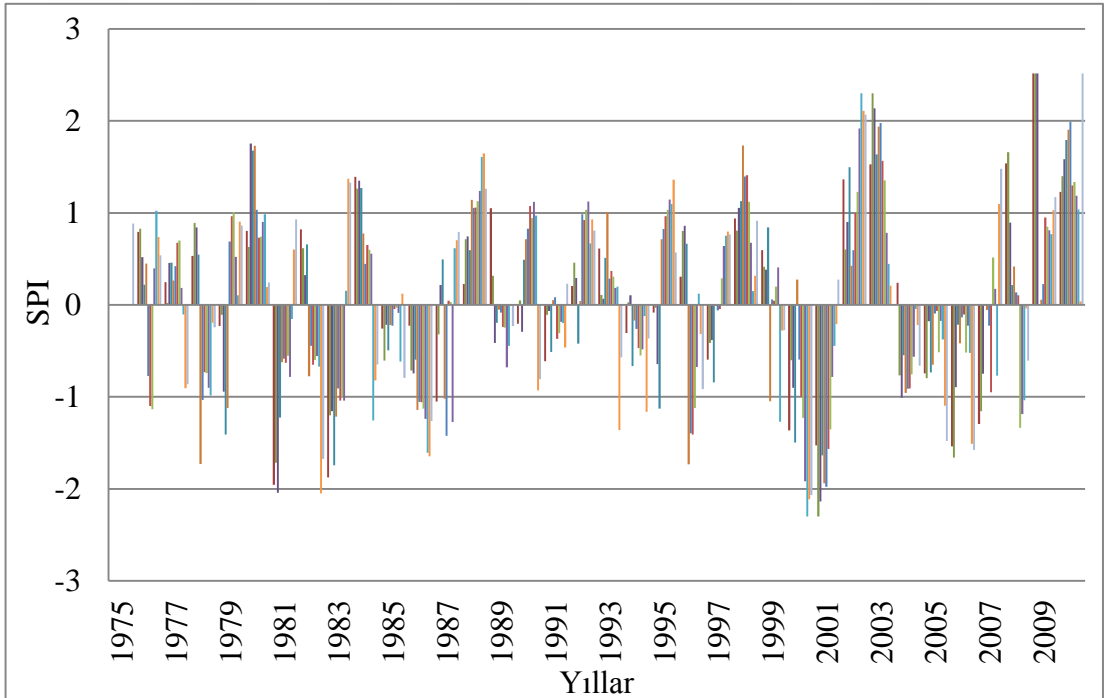
Bu çalışmada Kızılırmak Havzasında meteorolojik kuraklığın tespiti için SPI analizi yapılmıştır. Tomarza meteoroloji istasyonunun yağış verilerine ait 3, 6, 12 ve 24 aylık SPI grafikleri Şekil 5.2, 5.3, 5.4 ve 5.5'de verilmektedir. Diğer 15 adet meteoroloji istasyonunun 3, 6, 12 ve 24 aylık SPI grafikleri ise Ek-1'de verilmektedir.



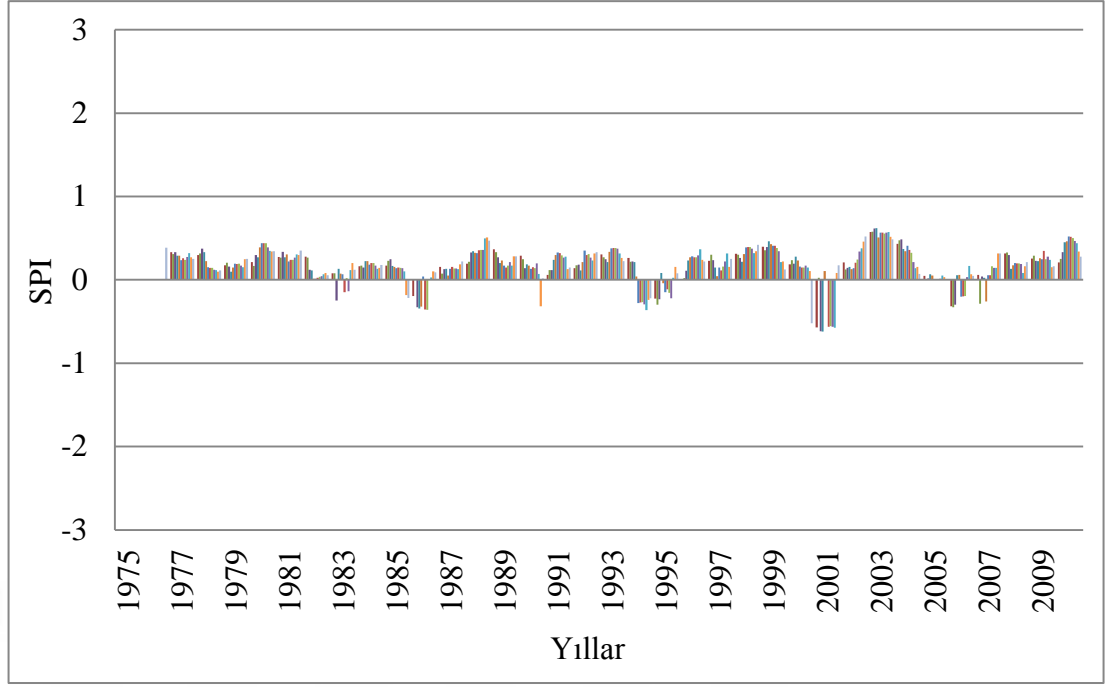
Şekil 5.2. Tomarza İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri



Şekil 5.3. Tomarza İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri



Şekil 5.4. Tomarza İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



Şekil 5.5. Tomarza İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri

Yukarıdaki grafikler incelendiğinde en şiddetli kuraklıkların 3 ve 6 aylık zaman serilerinde görüldüğü, 12 aylık zaman serilerinde ise kuraklık şiddetlerinin nispeten daha az olmakla birlikte kurak dönemlerin yoğun olduğu görülmektedir. 24 aylık zaman serilerinde genelde ciddi kuraklıklar görülmemiş olup hafif şiddetli olarak görülen bu kuraklıkların sayıları diğer zaman serilerine oranla daha azdır. Buradan anlaşılacağı üzere kuraklık görülen yerlerde, zaman serilerine göre şiddetleri farklı sınıflandırılrsa bile hemen her zaman serisinde kuraklıklar gözlemlenmektedir. Zaman serilerinin kısa yada uzun periyotlu olması kuraklığın görülüp görülmediğini genelde değiştirmemekle birlikte uzun periyotlarda şiddetin hafif olarak nitelendirilmesine sebep olmaktadır. Ek-1’de verilen diğer istasyonların SPI grafikleri incelendiğinde de benzer sonuçlar görülmektedir. 3, 6 ve 12 aylık periyotlarda SPI değerleri 0 ve -3 arasında değişirken, 24 aylık periyotta 0 ve -1 arasında değişmektedir. Havza genelinde kuraklıkların en yoğun olduğu dönemler 1982 – 1987, 1990 – 1997 ve 2000 – 2008 yılları arasındadır.

Çizelge 5.1’de yağış istasyonlarında görülen en uzun kuraklık dönemlerine ait bilgiler verilmiştir. Çizelgeye göre SPI değerinin 0’ın altına düştüğü en uzun dönem maksimum kuraklık dönemi olarak seçilmiştir, bu en uzun dönemdeki SPI değerlerinin toplamı kuraklık derecesini ifade etmektedir, maksimum kuraklık şiddeti

ise zaman periyoduna ait SPI değerlerinin minimum değeridir, kuraklık frekansı zaman serisinde görülen kuraklık tekerrür sayısıdır.

Çizelge 5.1 incelendiğinde, genellikle en uzun ve en şiddetli kuraklık dönemlerinin 12 aylık zaman periyodunda gözlemlendiği anlaşılmaktadır.

3 aylık periyotlar mevsimselliği ifade edeceğinden ve nispeten daha kısa bir zaman periyodu olmasından, 24 aylık periyotlar ise oldukça uzun bir zaman periyodu olması nedeniyle, kuraklık şiddetini nispeten daha az ve kuraklıkları daha seyrek olarak yansıtacağından, havzanın kuraklık durumunu belirlemede 6 ve 12 aylık zaman periyotlarındaki kuraklık değerlerinin daha belirleyici olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 5.1. Yağış istasyonlarında görülen maksimum kuraklık dönemleri

İstasyon	Zaman Periyodu (Aylık)	Kuraklık Frekansı	Mak Kuraklık Süresi (Ay)	Mak Kuraklık		Mak Kuraklık Şiddeti	Kuraklık Derecesi
				Başlangıcı	Bitişi		
Bafra	3	65	13	1984/10	1985/09	-2.83	-11.82
	6	38	17	2006/07	2007/11	-2.60	-16.03
	12	25	39	2005/12	2008/11	-2.66	-26.99
	24	15	9	1982/05	1983/01	-0.49	-1.65
Bala	3	35	13	1986/03	1987/03	-4.12	-22.71
	6	22	22	2001/02	2002/11	-5.46	-11.71
	12	25	26	1988/10	1990/11	-3.68	-27.39
	24	5	62	1986/03	1991/04	-1.38	-33.13
Çiçekdağı	3	61	12	1994/04	1995/03	-3.13	-10.77
	6	34	26	1981/08	1983/09	-3.07	-21.83
	12	26	28	2006/05	2008/08	-2.42	-17.62
	24	13	12	2008/01	2008/12	-0.51	-4.31
Çorum	3	64	8	1976/03	1976/10	-2.75	-9.25
	6	41	16	1993/08	1994/11	-2.90	-11.50
	12	30	27	2006/11	2009/01	-2.29	-30.07
	24	12	22	1994/06	1996/03	-0.64	-1.45
Gemerek	3	65	12	2002/11	2003/10	-3.08	-12.34
	6	44	16	1994/05	1995/08	-3.23	-7.54
	12	31	19	1994/04	1994/10	-3.35	-3.64
	24	9	12	1994/11	1995/10	-0.41	-2.22
Ilgaz	3	55	13	1975/09	1976/09	-2.25	-9.10
	6	38	30	2006/03	2008/08	-2.36	-18.88
	12	22	34	2006/04	2009/01	-2.41	-33.55
	24	15	23	2007/03	2009/01	-0.78	-9.72

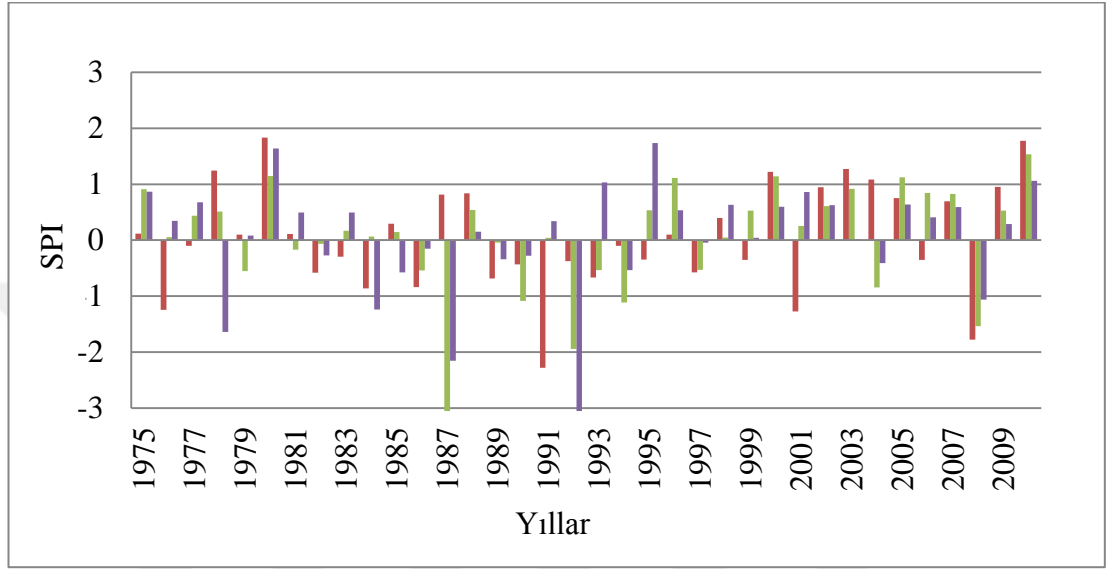


Çizelge 5.1. Yağış istasyonlarında görülen maksimum kuraklık dönemleri (devam)

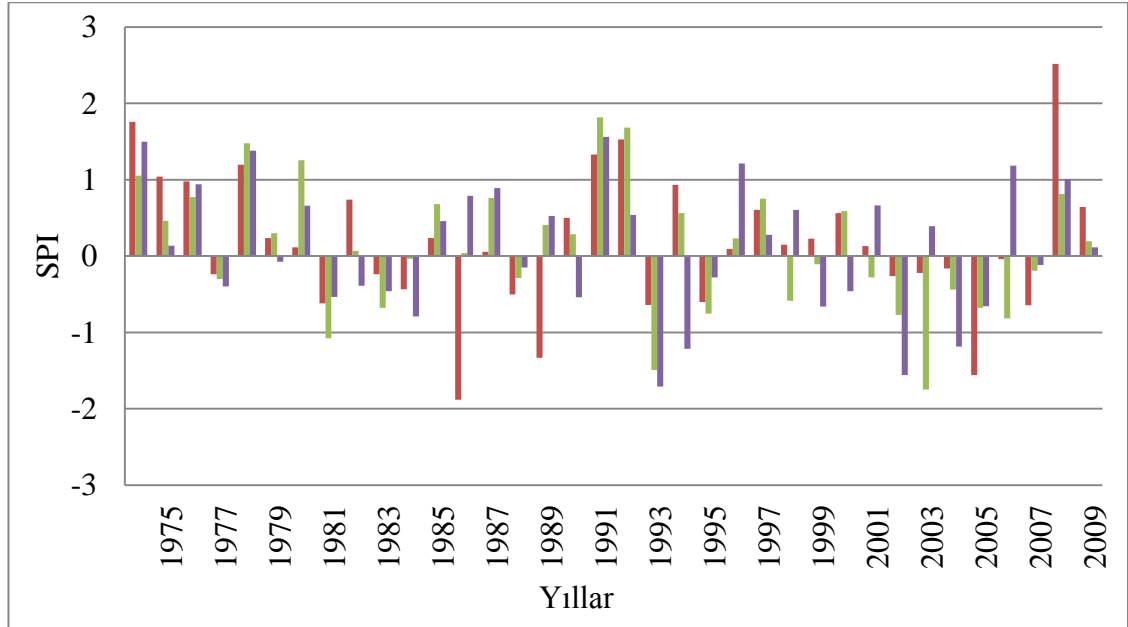
İstasyon	Zaman Periyodu (Aylık)	Kuraklık Frekansı	Mak Kuraklık Süresi (Ay)	Mak Kuraklık		Mak Kuraklık Şiddeti	Kuraklık Derecesi
				Başlangıcı	Bitişi		
Kastamonu	3	70	11	2007/02	2007/12	-2.66	-12.71
	6	42	31	1975/06	1977/12	-2.78	-18.64
	12	27	29	2006/04	2008/08	-2.85	-39.80
	24	14	23	1994/06	1996/04	-0.92	-1.51
Keskin	3	63	9	1994/02	1994/10	-4.99	-9.05
	6	30	41	1991/11	1995/03	-2.55	-31.83
	12	16	47	1992/04	1996/02	-2.14	-31.89
	24	10	35	1992/12	1995/10	-0.47	-6.09
Kırıkkale	3	67	8	1979/03	1979/10	-3.14	-6.23
	6	45	21	1993/06	1995/02	-2.57	-10.38
	12	24	61	1992/04	1997/04	-2.55	-69.13
	24	20	52	1992/09	1996/12	-0.77	-14.02
Kulu	3	48	8	1989/02	1989/09	-5.43	-3.79
	6	40	9	2004/02	2004/10	-5.59	-4.58
	12	23	60	2004/04	2009/03	-3.33	-36.54
	24	18	62	2005/04	2010/05	-0.93	-9.14
Osmançık	3	65	11	1986/02	1986/12	-3.73	-7.27
	6	32	25	2006/12	2008/12	-2.38	-25.68
	12	23	39	1976/12	1980/02	-2.06	-15.15
	24	12	15	1994/06	1995/08	-0.77	-2.66
Sivas	3	67	11	1984/02	1984/12	-1.90	-7.10
	6	43	13	1993/11	1994/11	-2.74	-7.12
	12	26	14	2004/03	2005/04	-0.29	-2.86
	24	8	1	1979/12	1979/12	-0.35	-0.35
Tomarza	3	58	7	2008/02	2008/08	-3.05	-6.54
	6	38	14	1982/03	1983/04	-3.69	-13.64
	12	24	42	2004/02	2007/07	-2.30	-27.98
	24	17	10	1994/06	1995/03	-0.36	-2.70
Tosya	3	69	11	2007/02	2007/12	-2.39	-13.86
	6	38	25	2006/12	2008/12	-2.56	-33.75
	12	24	41	1992/02	1995/06	-2.60	-34.66
	24	13	24	2007/03	2009/02	-0.89	-12.45
Ürgüp	3	52	6	1984/07	1984/12	-3.56	-2.40
	6	32	18	2003/03	2004/08	-2.06	-6.93
	12	25	25	2003/07	2006/05	-2.48	-19.96
	24	12	23	2004/07	2006/05	-0.71	-1.68
Şarkışla	3	51	11	1994/02	1994/12	-2.96	-7.63
	6	34	31	1993/01	1995/07	-2.82	-25.79
	12	22	47	1920/04	1996/02	-3.63	-60.73
	24	7	38	1993/04	1996/05	-0.76	-10.08

Tarımsal su ihtiyacı, bitkilerin gelişimi, su tüketiminin yoğun olduğu dönemler, su yapılarının inşası ve kuraklıkla ilgili alınması gereken önlemler düşünüldüğünde

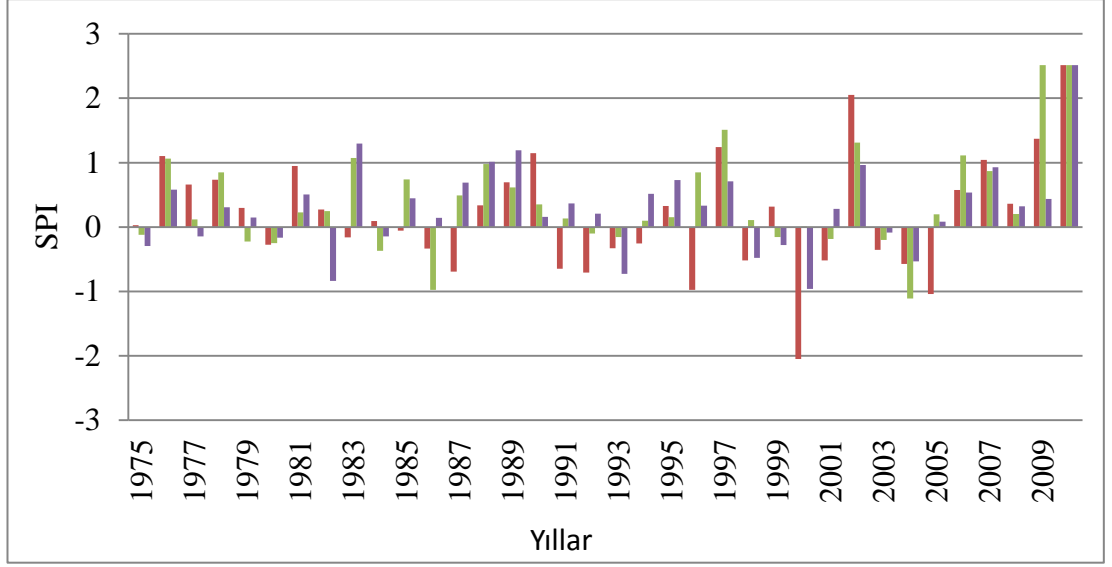
mevsimsel kuraklık durumunun belirlenmesi de önem taşımaktadır. 3 aylık SPI değerlendirmesi sonuçlarına bakılarak kuraklıkların mevsimsel dağılımlarını incelemek mümkündür. Örnek olarak Tomarza istasyonu için mevsimsel SPI grafikleri Şekil 5.6., 5.7., 5.8 ve 5.9.'da gösterilmiştir. Diğer istasyonlara ait mevsimsel kuraklık dağılımları ise Çizelge 5.2.'de verilmektedir.



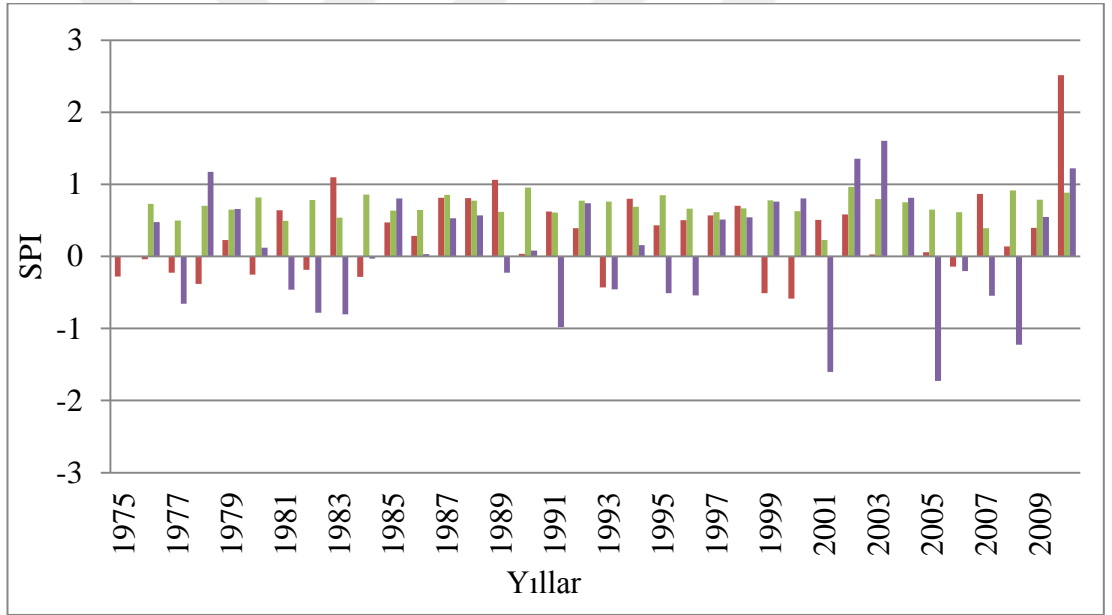
Şekil 5.6. Tomarza İstasyonu ilkbahar mevsimi kuraklık dağılımları



Şekil 5.7. Tomarza İstasyonu yaz mevsimi kuraklık dağılımları



Şekil 5.8. Tomarza İstasyonu sonbahar mevsimi kuraklık dağılımları



Şekil 5.9. Tomarza İstasyonu kış mevsimi kuraklık dağılımları

Grafikler incelendiğinde ilkbahar döneminde kuraklıkların diğer mevsimlere oranla daha fazla ve şiddetli olduğu, gözlenen kuraklık sayıları ve şiddetlerinin sırasıyla yaz, sonbahar ve kış mevsimlerine gidildikçe azaldığı görülmektedir.

Çizelge 5.2. incelendiğinde Tomarza, Gemerek, Sivas, Şarkışla, Kulu, Kastamonu, Ilgaz istasyonlarında en fazla ilkbahar mevsiminde kuraklık gözlenmiştir. Keskin, Bala, Ürgüp, Çorum Osmancık ve Tosya istasyonlarında en fazla kuraklık sonbahar mevsiminde gözlenmiştir. Çiçekdağı, Gemerek, Kırıkkale,

ve Bafra istasyonlarında ise en fazla kuraklık yaz mevsiminde gözlenmiştir. En fazla kuraklığın görüldüğü mevsim istasyonlara göre farklılık gösterebilir. Havza genelinde en fazla kuraklık sırasıyla ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde gözlenmiştir.



Çizelge 5.2. Yağış istasyonlarına göre kuraklıkların mevsimsel dağılımları

Meteoroloji İstasyonları	Tomarza	Gemerek	Sivas	Şarkışla	Çiçekdağı	Keskin	Kırıkkale	Bala	Kulu	Ürgüp	Çorum	Osmancık	Tosya	Kastamonu	Ilgaz	Bafra
İncelenen Zaman Aralığı/yıl	36	40	40	35	36	36	40	39	38	34	40	37	37	39	38	38
Kış mevsiminde gözlenen kuraklıklar	3	9	7	12	12	11	6	4	0	6	15	14	15	13	1	12
Çok şiddetli	0	0	1	1	1	1	1	3	0	1	2	3	2	2	0	4
Şiddetli	2	3	2	2	5	3	0	1	0	0	7	4	6	4	0	3
Orta şiddetli	1	6	4	9	6	7	5	0	0	5	6	7	7	7	1	5
İlkbahar mevsiminde gözlenen kuraklıklar	14	23	26	22	12	21	11	2	7	3	16	14	18	19	16	18
Çok şiddetli	4	3	2	1	1	5	0	2	3	0	3	2	1	1	0	0
Şiddetli	4	5	7	7	3	4	2	0	0	1	5	5	6	5	2	5
Orta şiddetli	6	15	17	14	8	12	9	0	4	2	8	7	11	13	14	13
Yaz mevsiminde gözlenen kuraklıklar	10	23	21	12	15	11	20	5	6	3	14	19	22	13	12	25
Çok şiddetli	0	2	3	2	5	2	2	3	2	0	5	3	3	2	1	4
Şiddetli	5	6	3	3	1	4	5	0	1	0	2	3	6	4	2	10
Orta şiddetli	5	15	15	7	9	5	13	2	3	3	7	13	13	7	9	11
Sonbahar mevsiminde gözlenen kuraklıklar	3	15	16	9	14	23	12	6	4	7	17	21	26	18	8	20
Çok şiddetli	1	5	4	2	3	3	1	2	3	2	3	3	2	4	1	2
Şiddetli	0	3	4	3	4	5	5	0	1	0	4	5	7	6	2	7
Orta şiddetli	2	7	8	4	7	15	6	4	0	5	10	13	17	8	5	11

## 5.2. SDI Sonuçlarının İrdelenmesi

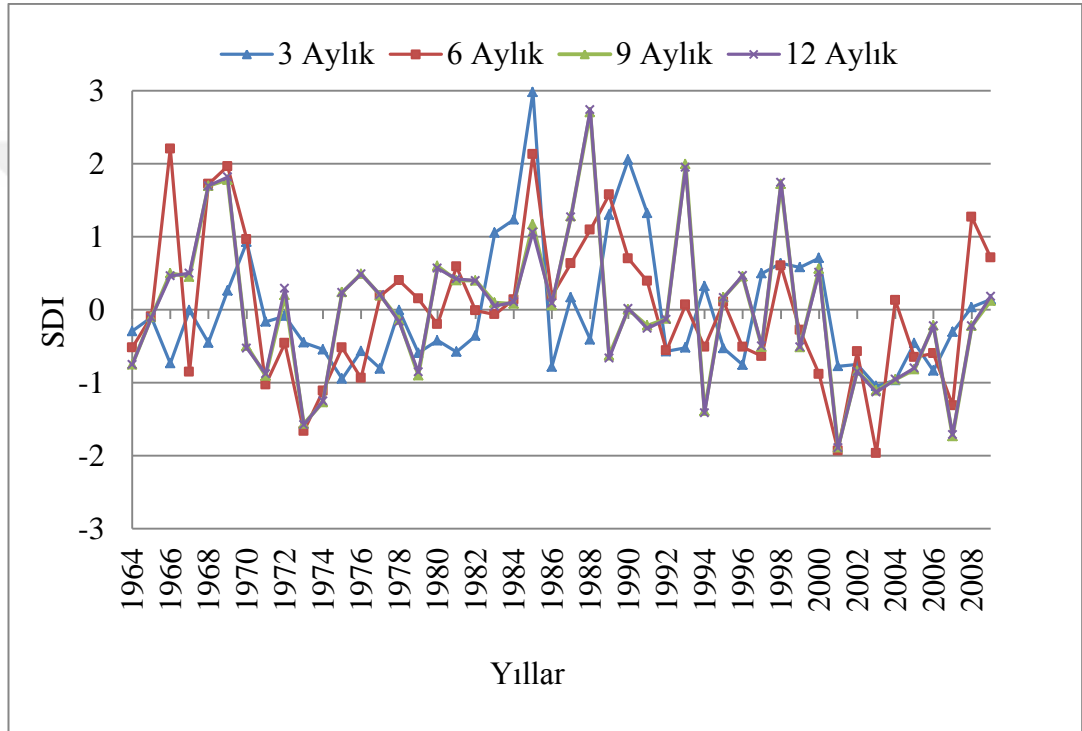
Akım kuraklık indisine göre yapılan kuraklık değerlendirmesine göre; her üç istasyon için farklı periyotların (3, 6, 9, 12 aylık) her birinde kuraklıklar gözlenmiştir. Çizelge 5.3. de akım istasyonlarında görülen en uzun kuraklık dönemlerine ait bilgiler verilmiştir. Tabloya göre SDI değerinin 0'ın altına düştüğü en uzun dönem maksimum kuraklık dönemi olarak seçilmiştir, bu en uzun dönemdeki SDI değerlerinin toplamı kuraklık derecesini, maksimum kuraklık şiddeti zaman periyoduna ait SDI değerlerinin minimum değerini, kuraklık frekansı ise zaman serisinde görülen kuraklık tekerrür sayısını ifade etmektedir.

Çizelge 5.3. Akım gözlem istasyonlarında görülen maksimum kuraklık dönemleri

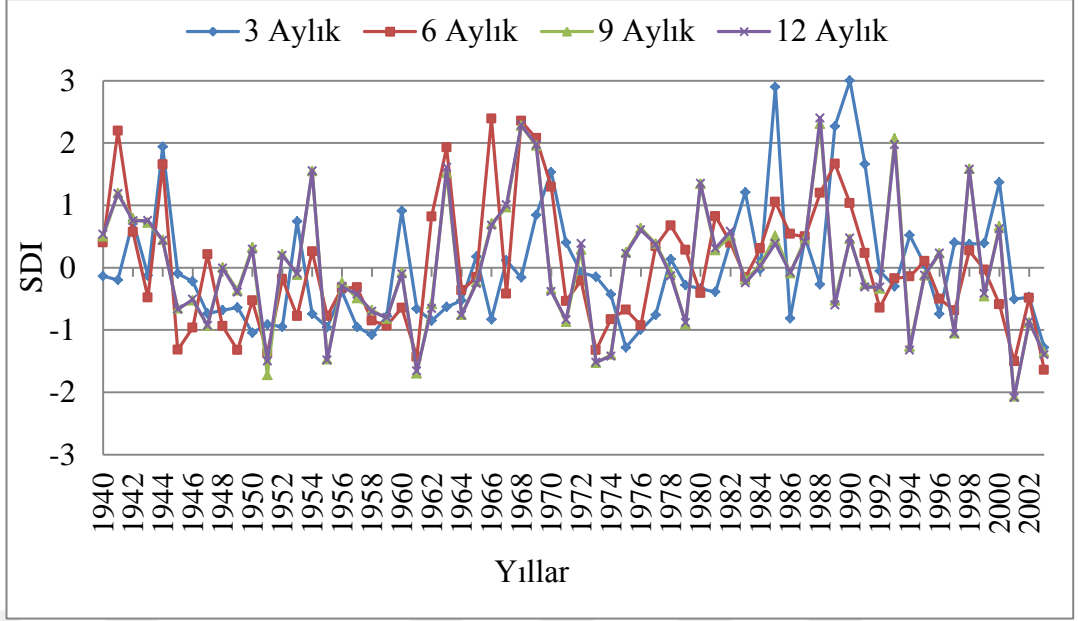
İstasyon	Zaman Periyodu (Aylık)	Kuraklık Frekansı	Max Kuraklık Süresi (Ay)	Max Kuraklık		Max Kuraklık Şiddeti	Kuraklık Derecesi
				Başlangıcı	Bitişi		
Söğütlühan	3	48	10	2001/06	2002/03	-0.86	-5.93
	6	42	20	1972/10	1974/05	-1.22	-13.7
	12	16	94	2001/04	2009/01	-1.92	-92.58
	24	7	110	2000/08	2009/09	-1.93	-118.90
Yamula	3	66	20	2000/08	2002/03	-0.95	-12.83
	6	58	29	1972/11	1975/03	-1.30	-21.19
	12	20	94	1955/04	1963/01	-2.14	-71.47
	24	15	56	1956/03	1963/04	-2.18	-83.01
Bulakbaşı	3	39	10	1994/06	1995/03	-0.82	-5.96
	6	34	19	2000/10	2002/04	-1.20	-14.26
	12	21	60	2001/04	2006/03	-2.11	-53.76
	24	10	62	2001/03	2006/04	-2.16	-73.34

SPI indisinin sonuçlarının aksine, SDI indisinde uzun zaman periyotlarında kuraklıkların şiddet ve süresinin arttığı görülmektedir. Her iki indiste de kısa zaman periyotlarına oranla uzun zaman periyotlarında görülen kuraklık frekansı azalmıştır. En uzun ve şiddetli kuraklıklar 2000 yılından sonra görülmüştür ve maksimum kuraklık dönemleri SPI indisiyle benzerdir.

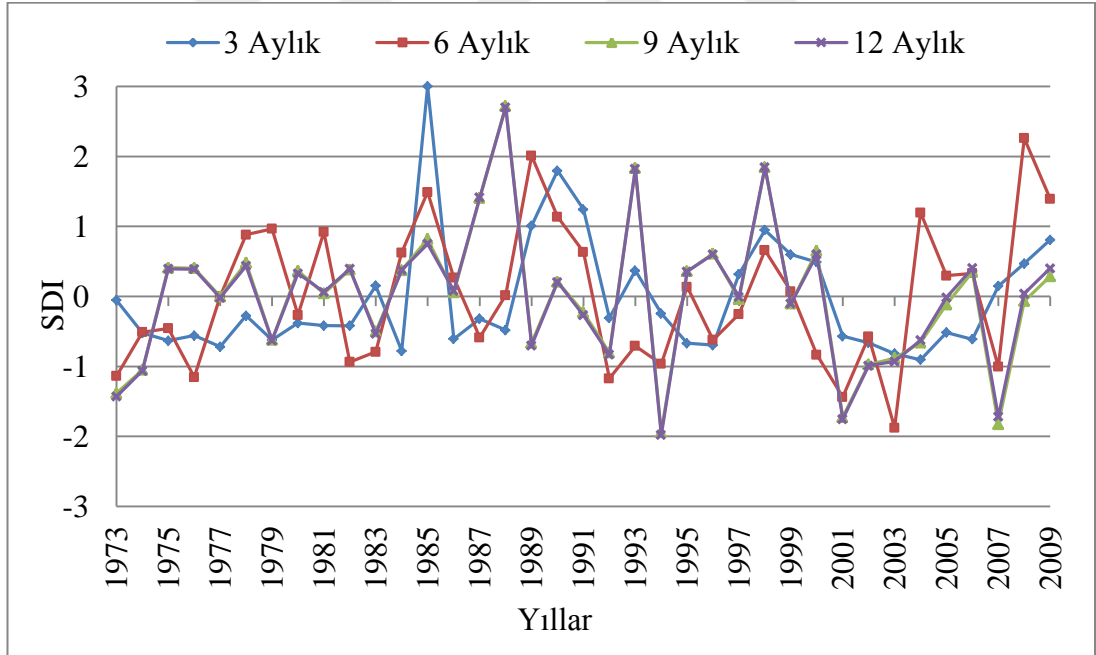
Şekil 5.10., Şekil 5.11. ve Şekil 5.12.'de her üç akım istasyonunun yıllara göre SDI değerlerinin 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlardaki değişim eğrilerini gösteren grafikler bulunmaktadır.



Şekil 5.10. Söğütluhan İstasyonu, 1964 - 2009 yıllarına ait akım verilerinin 3, 6, 9 ve 12 aylık SDI değerleri



Şekil 5.11. Yamula İstasyonu, 1940 - 2003 yıllarına ait akım verilerinin 3, 6, 9 ve 12 aylık SDI değerleri



Şekil 5.12. Bulakbaşı İstasyonu, 1973 - 2009 yıllarına ait akım verilerinin 3, 6, 9 ve 12 aylık SDI değerleri



### 5.3.SPI ve SDI Sonuçlarının Birlikte İrdelenmesi

Meteorolojik kuraklık görülen dönemlerde, hidrolojik kuraklığın da görülüp görülmediğini ve bu iki indisin birbiriyle uyumlu olup olmadığını anlamak açısından, birbirine yakın konumlarda bulunan, yağış ve akım gözlem istasyonlarına ait SPI ve SDI indislerinin eş periyotlu sonuçları karşılaştırılmıştır.

Sivas yağış ve Bulakbaşı akım istasyonları birlikte değerlendirilmiştir. SPI indisine göre Sivas istasyonunda görülen maksimum kuraklıklar Çizelge 5.2 de verilmektedir. Bulakbaşı istasyonuna ait SDI indisinin çeşitli zaman periyotlarındaki değişim grafiği ise Şekil 5.12’de verilmiştir. SPI sonuçlarına göre 3 aylık periyotta 1984 yılının 2. ayında başlayıp 11 ay boyunca görülen kuraklığın ortalama şiddeti -0.66 olarak hesaplanmıştır ve hafif kuraklık olarak derecelendirilmiştir. Benzer yıllarda aynı zaman periyoduna ait SDI sonuçlarına bakıldığında, 1983 yılının 9. ayında başlayan ve 1984 yılının 2. ayında biten ortalama şiddeti -0.69 olarak hesaplanan, 7 ay süren, hafif derecede bir kuraklık görülmüştür. 1984 yılının 8. Ayına kadar kuraklık görülmemiş olup 1984 yılının 8. ve 11. ayları arasında ortalama şiddeti -0.48 olan, 4 ay süren başka bir hafif kuraklık görülmüştür. SPI indisinin 6 aylık zaman periyodunda 1993 yılının 11. ayında başlayan ve 13 ay süren kuraklığın ortalama şiddeti -0.55 olarak hesaplanmış ve hafif derecede kuraklık olarak nitelenmiştir. SDI sonuçlarının 6 aylık zaman periyodunda benzer yıllar incelendiğinde, 1992 yılının 10. ayında başlayan ve 1993 yılının 4. ayına kadar devam eden ortalama şiddeti -0.96 hesaplanan bir kuraklık görülmüş daha sonra ise 1993 yılının 11. ayında başlayıp 1995 yılının 3. ayında biten başka bir kuraklık gözlenmiş ve ortalama şiddeti -0.84 olarak hesaplanmıştır. SPI sonuçlarına göre 12 aylık periyotta 2004 yılının 3. ayında başlayıp 2005 yılının 4. ayında biten ve şiddeti -0.20 olarak hesaplanan 14 ay süren kuraklık için aynı zaman periyodu ve benzer yıllarda SDI sonuçların incelendiğinde, 2001 yılının 4. ayında başlayan ve 2006 yılının 4. ayına kadar devam eden ortalama şiddeti -0.90 olarak hesaplanan, 60 ay boyunca süren bir kuraklık görülmüştür.

Şarkışla yağış istasyonu ile Söğütlühan akım istasyonu birlikte değerlendirilmiştir. Şarkışla istasyonunda görülen maksimum kuraklıklar Çizelge 5.2’de verilmiştir. Söğütlühan istasyonuna ait SDI indisinin çeşitli zaman periyotlarındaki değişim grafiği ise Şekil 5.14’de verilmiştir. SPI ne göre 3 aylık

periyotta görülen maksimum kuraklık 1994 yılının 2. ayında başlayıp 11 ay sürmüştür. SDI nin 3 aylık periyodundaki sonuçlara bakıldığında 1993 yılının 8. ayında başlayan kuraklık 1994 yılının 4. ayına kadar devam etmiş bundan sonraki 2 ay boyunca kuraklık görülmemiş, 1994 yılının 6. ayından 1995 yılının 3. ayına kadar kuraklık sürmüştür. Bu kuraklık boyunca SDI ye göre ortalama kuraklık şiddeti -0.59 olarak hesaplanmış olup, ortalama kuraklık şiddeti -0.69 bulunan SPI sonucuyla uyum içindedir ve ikisinde hafif kuraklık olarak nitelendirilmektedir. 6 aylık SPI sonuçlarına göre 1993 yılının 1. ayında başlayıp 31 ay devam eden 1995 yılının 7. ayında biten kuraklık, 6 aylık zaman periyodundaki SDI sonuçlarına göre 1993 yılının 11. ayında başlamış ve 1995 yılının 3. ayına kadar devam etmiş, 17 ay sürmüştür ve ortalama kuraklık şiddeti -0.70 olarak hesaplanmıştır. SPI ye göre ortalama kuraklık şiddeti -0.83 olup bu kuraklık boyunca her iki indis de hafif kuraklığı ifade etmektedir. 12 aylık SPI sonuçlarında 1992 yılının 4. ayında başlayıp 1996 yılının 2. ayına kadar, 47 ay boyunca devam eden maksimum kuraklığın ortalama şiddeti -1.29 ve orta derecede kuraklıktır. SDI sonuçlarının bu süreyi kapsayan dönemleri incelendiğinde, 1990 yılının 10. ayında başlayıp, 1993 yılının ikinci ayına kadar devam eden bir kuraklık olmuş, 29 ay sürmüştür ve ortalama kuraklık şiddeti -0.23 olarak hesaplanmıştır. 1994 yılının 4. ayına kadar kuraklık görülmemiştir, 1994 yılının 4. ayından 1995 yılının 5. ayına kadar olan dönemde ise yeni bir kuraklık görülmüş ve ortalama şiddeti -1.23 olarak hesaplanmıştır, 13 ay süren bu kuraklık orta derecede kuraklık olarak nitelendirilmiştir. 1996 yılının 3. ayında bir aylık -0.06 şiddetinde kuraklık gözlenmiş ve 1997 yılının 3. ayına kadar başka bir kuraklık görülmemiştir.

Tomarza yağış istasyonu ile Yamula akım istasyonu birlikte değerlendirilmiştir. Tomarza yağış istasyonunda görülen maksimum kuraklıklar Çizelge 5.2'de verilmiştir. Yamula istasyonuna ait SDI indisinin çeşitli zaman periyotlarındaki değişim grafiği ise Şekil 5.11 de verilmiştir. SPI ye göre 3 aylık periyotta maksimum kuraklık 2008 yılında, 12 aylık periyotta ise 2004 ve 2007 yılları arasında görülmüştür, ancak Yamula barajının 2004 yılında su tutması nedeniyle 2004 ve sonraki yıllarda SDI hesaplanmamıştır. 6 aylık SPI sonuçlarına göre maksimum kuraklık 1982 yılının 3. ayında başlamış ve 1983 yılının 4. ayında sona ermiştir. 14 ay boyunca süren bu kuraklığın ortalama şiddeti -0.97 olarak hesaplanmış, hafif kuraklık olarak derecelendirilmiştir. Aynı periyot ve zaman

aralığında SDI sonuçları incelendiğinde 1982 yılının 10. ayında başlayan kuraklık 1983 yılının 4. ayına kadar devam etmiş ve bu 6 ay boyunca süren kuraklığın ortalama şiddeti -0.64 olarak hesaplanmış, hafif kuraklık olarak nitelendirilmiştir. Daha sonra 1983 yılının 9 ayında başka bir kuraklık başlamış ve 1984 yılının 4. ayına kadar devam etmiştir. 6 ay boyunca süren bu kuraklığın ortalama şiddeti ise -0.77 olarak hesaplanmış ve hafif kuraklık olarak nitelendirilmiştir.

Özetle; SDI kuraklık indisi sonuçlarına bakıldığında, genelde SPI kuraklık indisine göre kuraklıkların süresi ve şiddeti nispeten daha az olsada, Sivas ve Bulakbaşı istasyonlarında hidrolojik kuraklıklar meteorolojik kuraklıklara göre daha şiddetli ve uzun süreli görülmüştür. SPI metodunda kuraklıkların şiddet ve süresi incelenen zaman periyodunun süresi uzadıkça azalmaktayken, SDI metodunda kuraklıkların şiddet ve süresi incelenen zaman periyodunun artmasıyla artabilmektedir. Karşılaştırılan akım ve yağış istasyonlarında meteorolojik kuraklığın görüldüğü dönemlerde hidrolojik kuraklık da görülmüştür. Meteorolojik kuraklığın kesintisiz sürdüğü zaman dilimlerinde hidrolojik kuraklığın kesintili olarak görüldüğü, her iki indisin kuraklık başlangıç ve bitiş zamanları birebir aynı olmasada birbirine yakın olduğu fark edilmiştir. Hidrolojik kuraklık, kimi zaman meteorolojik kuraklıktan önce, kimi zaman daha sonra başlamış ve aralıklı olarak sürmüş olsada, kuraklıkların görüldüğü zaman dilimleri birbirini kapsar niteliktedir. SDI indisi hesaplanırken, SPI'dan farklı olarak su yılının baz alındığı düşünülürse kuraklık başlangıç ve bitiş zamanlarının birebir aynı olmaması makul görülebilir bir durumdur. Buradan anlaşılacağı üzere meteorolojik ve hidrolojik kuraklık indisleri birbirleriyle uyumlu sonuçlar vermektedir ve meteorolojik kuraklığın etkileri kısa sürede daha fazla görülebilmektedir.

#### **5.4. Veri Madenciliği Sonuçlarının İrdelenmesi**

Veri madenciliğinde kullanılan bir paket program olan WEKA'da kurulan ve bölüm 4.1, 4.2 ve 4.3'de anlatılan modellerin, uygun veri madenciliği algoritmalarına göre çıkan sonuçları aşağıda anlatılmıştır.

#### 5.4.1. Model – 1 çözümler

Örnek olarak seçilen Tomarza istasyonu için girdi verileri; aylık normalize edilmiş sıcaklık, aylık normalize edilmiş nem ve SPI, olan modelde SDI tahmin edilmeye çalışılmıştır. Veri setinin %80'i eğitim %20'si test için kullanılmıştır. Veri setine uygun algoritmalar için sonuçlar Çizelge 5.4.' de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Model – 1 için WEKA'da bulunan sonuçlar

Sonuçlar	Algoritmalar				
	Çok Katmanlı Algılayıcı	K-Star Algoritması	Lineer Regresyon	Basit Lineer Regresyon	IBk
Korelasyon Katsayısı	0.5048	0.3633	0.3232	0.2504	0.1485
Ortalama Mutlak Hata	0.6416	0.6691	0.7275	0.7307	0.771
Karesel Ortalama Hata	0.8628	0.9445	0.9411	0.9629	1.0236
Göreceli Mutlak Hata (%)	88.67	86.35	93.89	94.30	127.42
Göreceli Karesel Hata (%)	94.88	94.71	94.37	96.55	131.63

Korelasyon katsayısının 1 değerine yakınlığı modelin başarısını ifade etmektedir. Sonuçlardan anlaşıldığı üzere bu modelde en iyi sonuç “çok katmanlı algılayıcı” algoritmasında bulunmuştur, ancak korelasyon katsayısı için 0.5048 değeri, algoritmanın hata oranlarının yüksek olduğu göz önüne alındığında, modelin başarılı sonuç verdiğini söylemeye yetmemiştir.

#### 5.4.2. Model – 2 çözümler

Örnek istasyon Tomarza için girdi verileri; aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama nem ve SPI seçilerek, SDI tahmin edilmeye çalışılmıştır. Veri setinin %80'i eğitim %20'si test için kullanılmıştır. Veri setine uygun algoritmalar için çözümler Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Model – 2 için WEKA’da bulunan sonuçlar

Sonuçlar	Algoritmalar				
	Çok Katmanlı Algılayıcı	K-Star Algoritması	Lineer Regresyon	Basit Lineer Regresyon	IBk
<b>Korelasyon Katsayısı</b>	0.5193	0.4552	0.3531	0.2628	0.5396
<b>Ortalama Mutlak Hata</b>	0.5735	0.578	0.6649	0.6473	0.546
<b>Karesel Ortalama Hata</b>	0.7854	0.8106	0.8498	0.8742	0.7642
<b>Göreceli Mutlak Hata (%)</b>	79.26	79.87	91.89	89.46	75.45
<b>Göreceli Karesel Hata (%)</b>	86.37	89.14	93.46	96.13	84.04

Çıkan sonuçlar incelendiğinde “IBk en yakın komşu” algoritması en iyi sonucu vermiş ve korelasyon katsayısı 0,5396 bulunmuştur. Model – 1’e göre hata oranları ve korelasyon katsayısı nispeten daha iyi sonuç vermiş olsa da akım indisinin doğru tahmin edilebilir olduğunu söylemek bu model için de yeterli olmamıştır. Model - 1’de “IBk en yakın komşu” algoritmasının korelasyon katsayısı 0.1485 bulunmuştu, Model – 1’de en kötü sonucu veren bu algoritma model – 2 için en iyi sonucu vermiştir. Buradan anlaşıldığı üzere her veri seti için en doğru algoritma farklıdır. Model – 2’de model – 1’e göre nispeten daha az hata oranları ve daha iyi korelasyon katsayıları bulunmuştur. Model – 1’in veri setinde Model – 2’den farklı olarak kullanılan normalize edilmiş nem ve sıcaklık değerlerinin sonuca olumlu bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

#### 5.4.3. Model – 3 çözümler

Tomarza istasyonuna ait yıllık ortalama sıcaklık, yıllık ortalama nem ve yıllık ortalama yağış verileri kullanılarak yıllık ortalama akım tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu modelde veri setine hiçbir müdahale yapılmamış ve normal dağılıma uymayan yağış ve akım verileri doğrudan kullanılmıştır. Veri setinin %80’i eğitim

%20'si test için kullanılmıştır. Ham verilerle kurulan modelin çeşitli algoritmalarındaki sonuçları Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Model – 3 için WEKA'da bulunan sonuçlar

Sonuçlar	Algoritmalar				
	Çok Katmanlı Algılayıcı	K-Star Algoritması	Lineer Regresyon	Basit Lineer Regresyon	IBk
<b>Korelasyon Katsayısı</b>	0.5645	-0.0126	0	-0.325	0.4365
<b>Ortalama Mutlak Hata</b>	14.2881	14.4536	11.7347	11.6869	10.4711
<b>Karesel Ortalama Hata</b>	15.4931	18.3992	16.1582	17.0406	14.7054
<b>Göreceli Mutlak Hata (%)</b>	121.75	123.16	100	99.59	89.23
<b>Göreceli Karesel Hata (%)</b>	95.88	113.86	100	105.46	91.00

Modelin en iyi sonucunu “çok katmanlı algılayıcı” algoritması vermiştir. Korelasyon katsayısı 0.5645 bulunmuştur. Önceki iki modele göre bu değer yüksek olsada hata oranları da daha fazla olduğundan Model – 3, önceki iki modele göre daha iyi sonuç üretememiştir. “IBk (en yakın komşu)” algoritmasının sonuçları Model – 2 ve Model – 3'te birbirine yaklaşmış olsa da Model – 2 daha başarılı sonuçlar üretmiştir. Bu modelde “lineer regresyon” algoritmasında diğer iki modelin aksine girdi ve çıktı verileri arasında hiç ilişki kurulamamış ve korelasyon katsayısı “0” bulunmuştur. “K-star” algoritmasında ise önceki iki modelden farklı olarak girdi ve çıktı verileri arasında ters yönlü bir ilişki kurulmuş olsada korelasyon katsayısı “-1” değerine neredeyse hiç yaklaşmadığından sonuç anlamlı değildir. Genel tabloya bakıldığında Model – 3'ün önceki modellerden daha kötü sonuçlar ürettiği görülmektedir. Buradan anlaşıldığı üzere veri setlerinde çeşitli düzenlemeler yapılması modellerin başarısını arttırmak açısından önemlidir. Akım ve yağış verileri normal dağılıma uymamakla beraber yıllar içinde çok fazla ve ani değişimler göstermektedir. Veri setlerindeki ani ve fazla değişimler modelin öğrenme kapasitesini düşürerek veriler arasında ilişki kurulmasını zorlaştırmaktadır. Akım ve yağış verilerindeki ani değişimleri tolere edebilme düşüncesiyle Model – 3'te yıllık ortalama veriler kullanılmıştır ancak buna rağmen model başarılı olamamıştır. Yıllık ortalama veri kullanılması Model – 3'ün veri sayısını azaltsa da aylık veriler

kullanılarak kurulan diğer modellerle arasında çok ciddi bir başarı farkı yaratmamıştır.

Her üç modelde hidrolojik kuraklığı tahmin etmede yeterli olmamıştır ancak, 0.50'nin üzerindeki korelasyon katsayıları meteorolojik verilerle hidrolojik kuraklığın ilişkisini destekler niteliktedir. Bu ilişkiden yola çıkılarak daha farklı model ya da veri setleriyle daha anlamlı sonuçlara ulaşılabileceği anlaşılmıştır. Uygulamanın tek bir istasyona yapılabilmiş olması ve aynı periyottaki verilerin kısıtlı yıllar içinde bulunması, bölgeyi temsil edebilir nitelikte olduğu halde akım istasyonu ile meteoroloji istasyonunun aynı noktada olmaması bu çalışma açısından bir dezavantaj olmuştur.



## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kızılırmak havzası için yapılan bu çalışmada kuraklık durumu hidrolojik ve meteorolojik açıdan analiz edilmiştir.

Meteorolojik kuraklık için SPI indisi 3, 6, 12 ve 24 aylık periyotlarda hesaplanmıştır. Havza genelinde SPI sonuçları incelendiğinde en şiddetli kuraklıkların 3 ve 6 aylık periyotlarda görüldüğü, 12 aylık periyotlarda ise kuraklık şiddetleri nispeten daha az olmakla birlikte sık olduğu anlaşılmıştır. 24 aylık periyotlarda genelde çok az kuraklık görülmüş ve görülen kuraklıkların hepsi hafif kuraklık olarak sınıflandırılmıştır. SPI indisine göre incelenen zaman periyodu uzadıkça kuraklığın şiddet ve yoğunluğu azalmıştır. SPI'nın 3 aylık zaman periyotlarına bakılarak havzada mevsimsel kuraklıklar incelenmiş ve havza genelinde en fazla kuraklıkların sırasıyla ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde yaşandığı görülmüştür.

Hidrolojik kuraklığı ifade eden SDI indisi 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanmıştır. İncelenen zaman aralıklarında genelde en büyük kuraklıklar 2000 ve sonrası yıllarda görülmüştür. SPI sonuçlarının aksine, SDI indisinde uzun zaman periyotlarında kuraklığın şiddet ve süresi artmıştır.

Maksimum meteorolojik kuraklığın görüldüğü dönemlerde hidrolojik kuraklık da görülmüştür. Uzun süre kesintisiz devam eden bir meteorolojik kuraklık, hidrolojik kuraklık açısından kesintilidir ve kuraklık başlangıç-bitiş süreleri birebir aynı değildir ancak, kuraklıkların bulunduğu zaman dilimleri birbirini kapsar niteliktedir.

Yağış ve akım verileriyle hesaplanan kuraklık indisleriyle kuraklık tespitinin yanı sıra, veri madenciliği yöntemi kullanılarak, meteorolojik verilerle hidrolojik kuraklığın tahmin edilip edilemeyeceği araştırılmıştır. Yapılan veri madenciliği uygulamasında da görüldüğü üzere doğadaki olayları tahmin etmek oldukça zordur. Veri madenciliği sürecinde çok sayıda model denenmiştir, kurulan modellerde gerçeğe yakın sonuçlar elde edilememiş olsa da, veriler arasında ilişki kurulabilmiş, daha geniş alanlarda, daha büyük veri kümeleriyle yapılacak benzer bir çalışmanın daha doğru sonuçlar üretebileceği düşünülmüştür.



Kuraklığın tespit ve takibinde bağımsız değişkenlerin veri madenciliği sürecinde değerlendirilebiliyor olması, karmaşık indis hesaplamalarından bağımsız olarak pratik ve hızlı bir yol olarak önerilmektedir.

Kuraklık, meteorolojik kuraklık olarak başlayan tarımsal, hidrolojik kuraklık olarak gelişen ve sosyo ekonomik kuraklık olarak devam eden bir afettir. Kuraklığın etkileri en fazla, suya talebin en çok olduğu zamanlarda hissedilmektedir ve bu dönemlerde kriz yönetimleri yapılmaktadır, ancak ülkemiz yarı kurak bir iklime sahip olduğundan kriz yönetimleri yerine, düzenli olarak risk yönetimleri yapılmalı kuraklıkla ilgili önlemler alınmalı ve bu önlemler daima geliştirilmelidir. Su havzaları ve çevrelerinin iklimleri düzenli olarak takip edilmelidir.

Kuraklıkla mücadelede alınması gereken önlemler şu şekilde sıralanabilir;

Kuraklık riskinin yüksek olduğu bölgelerde meteorolojik ve hidrolojik istasyon sayıları artırılmalı ve düzenli ölçümler yapılmalıdır. Toplam su eksikliği tespit edilerek, su fazlalığı olan bölgelerden su kıtlığı olan bölgelere havzalar arası su transferleri yapılmalıdır. Kısa ve uzun vadeli tahminlerle su rezervuarlarındaki su miktarları sürekli olarak belirlenmeli ve mevcut su planlı bir şekilde kullanılmalıdır.

Tarımsal ilaçların ve gübrelerin bilinçsizce kullanımı, sulama veriminin düşük olması yada aşırı sulamaların yapılması var olan su kalite ve miktarını düşürmektedir. Su tasarrufu ve su kaynaklarının akılcı kullanımıyla ilgili okullarda, kurumlarda, halk merkezlerinde eğitimler verilmeli ve toplumda kuraklık farkındalığı oluşturulmalıdır.

Ülkemiz için tarım ve enerji açısından suyun önemi büyüktür. Sulama ve enerji üretimde kullanılmak üzere bir çok su yapısı tesis edilmiştir ve hala bu konuda yatırımlar yapılmaktadır. Su yapılarının amaçlarına hizmet etmesi ve yatırımların rantabilitesini koruması ancak yeterli miktarda yağışın düşmesiyle mümkündür.

Bilimsel çalışmaları yürütebilmek için geçmişteki meteorolojik ve hidrolojik verilerin bulunması oldukça önemli olmakla birlikte, ölçümlerin; kesintisiz, eş zamanlı ve uzun yıllardır kaydediliyor olması bilimsel çalışmalarda kullanılabilir veri olma özelliği taşımaktadır. Günümüzde ve gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutması açısından doğadaki olayları kaydeden istasyonların gerçeği en iyi yansıtacak şekilde ve sıklıkta konumlandırılmış olup, doğru, düzenli, kesintisiz ölçümler yapabilen nitelikte olması gerekmektedir.

Topluma hizmet eden akademik çalışmaları yürütmede kullanılan verilerin elde edilmesi araştırmacılara ciddi bir maddi yk olabilmektedir. Kurumlar tarafından ölçümü yapılıp, kaydedilmiş verilerin akademik çalışmalarda kullanılmak üzere araştırmacılara bedelsiz verilmesi daha fazla veriyle çalışma imkanı sunacağından daha doğru ve daha fazla bilgi üretimine imkan sağlar, bilime ışık tutar.



## KAYNAKLAR

- Akbaş A (2014). Türkiye zerindeki önemli kurak yıllar. Coğrafi Bilimler Dergisi, 12 (2), 101-118 , Ardahan
- Akpınar H (2000). Veri tabanlarında bilgi keşfi ve veri madenciliği. İ.. İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt 29(1), 1-22.
- Angelidis P, Maris F, Kotsovinos N & Hrissanthou Y (2012). Computation of drought index spi with alternative Distribution functions. Springer Science Business Media B.Y., 2453-2473
- Argüden Y & Erşahin B (2008). Veri madenciliği veriden bilgiye, masraftan değere ARGE Danışmanlık Yayınları No:10
- Asrari E, Masoudi M & Hakimi S (2012). Gis overlay analysis for Hazard Assessment of drought in Iran using standardized precipitation index (SPI) Payame Noor University, Tehran 19395-4697, Iran.
- Bacanlı  G & Saf B (2005). Kuraklık belirleme yöntemlerinin Antalya İli rneğinde incelenmesi. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Sempozyumu, Antalya, 22-25/09/2005.
- Baykal A (2006). Veri madenciliği uygulama alanları, D.. Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi, 7, 95-107.
- Cleary J G & Trigg L E (1995) An instance based-learner using an entropic distance measure. Proceeding of the 12th International Conferance on Machine Learning, Tahoe City, California, USA, 108-114
- Çalış Ç (2010). Veri madenciliği yöntemleri kullanılarak yüksek tansiyon hastalığı için ilaç dozu planlanması. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- elenk ř (1973). Türkiye'nin kuraklık etüdü. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Doğan Ş & Türkoğlu İ (2007). Hypothyroidi and hyperthyroidi detection from thyroid hormone parameters by using decision trees, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi, Cilt 5, No 2, 163-169.
- Erinç S (1949). The climates of Turkey according to Thornthwaite's classifications. Annals Of The Associations Of Amer. Geographers, vol.38, no.1 pp 26-46.
- Erinç S (1950). Climatic types and variation of moisture regions in Turkey. The Geographical Rewiew, Vol. 11 no.2 pp 224-235.
- Erinç S (1957). Tatbiki klimatoloji ve Türkiye iklimi, İ.T.Ü Hidrojeoloji Enstitüsü, İstanbul
- Erinç S (1965). Türkiye'de toprak çalışmaları ve Türkiye toprak coğrafyasının ana çizgileri. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi Cilt.8 Sayı:15. S: 1-39, İstanbul.
- Erkek C & Ağralıoğlu N (1998). Su kaynakları mühendisliği, Beta Yayınları, 3. Baskı, İstanbul.
- Güner Ü & Baykan N O (1997). Büyük Menderes Havzası Kuraklık Çözümlemesi, Türkiye İnşaat Mühendisliği XIV. Teknik Kongre, 597-610 s., İzmir.
- Hall M, Minnsand A & Ashrafuzzaman A (2002). The Application Of Data Mining Techniques For The Regionalisation Of Hydrological Variables Hydrology and earth system sciences, 6(4) 685-694.
- Hand D J (1998). Data Mining: Statistics and More?, The American Statistician. Cilt 52, 112-118.
- Jacobs P (1999). Data Mining: What General Managers Need to Know. Harvard Management Update, Cilt 4, No 10, 8.
- Kadioğlu M (2001). Kuraklık Kıranı. Demokratik Değişim Derneği, Güncel Yayıncılık, İstanbul s:13.
- Kadioğlu M (2008). Kuraklık Kıranı Risk Yönetimi. Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri, 277-300.

- Kadioğlu M (2012). Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi. Türkiye’nin iklim Değişikliği. II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, 172, Ankara.
- Kayaalp K (2007). Asenkron Motorlarda Veri Madenciliği ile Hata Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kalikov A (2006). Veri Madenciliği ve Bir E-Ticaret Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kitler R & Wang W (1998). The Emerging Role of Data Mining. Solid State Technology, Cilt 42, No 11, 45.
- Kömüşçü A & Erkan A (2000). Kuraklık ve lleşme Süreci ve Türkiye Açısından Analiz ve çözümler. Yayınlanmamış Rapor, Ankara.
- Kömüşçü A, Erkan A & Turgu E (2003). Normalleştirilmiş Yağış İndeksi Metodu ile Türkiye’de Kuraklık Oluşum Oranlarının Bölgesel Dağılımı. III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildirileri, 19-21 Mart 2003, 268-275, İstanbul.
- McKee T B, Doesken N J & Kleist J (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Preprints, 8th Conference on applied climatology, 17-22 January Anaheim, CA, 179-184.
- McKee T B, Doesken N J & Kleist J (1995). Drought Monitoring with Multiple Time Scales. Preprints, 9th Conference on applied climatology, Dallas, TX, 233-236.
- Morid S, Smakhtın Y & Moghaddasıc M (2006). Comparison of Seven Meteorological Indices for Drought Monitoring in Iran International Journal of Climatology Int. J. Climatol. 26, 971-985.
- Nalbantis I (2008). Evaluation of a Hydrological Drought Index. Laboratory of reclamation works and water resources management, school of rural and surveying. Engineering, national technical university of athens heroon polytecniou 15773 zographou - greece European water 23/24, 67-77.

- Nişancı A (1976). Türkiye’de Kurak (yada nemli) Alanların Dağılışı. Edebiyat Fakültesi Araştırma Dergisi. Atatürk Üniversitesi Ed. Fak. Yayınları, 7, 235-247.
- Nişancı A (1987). Türkiye’nin Kurak ve Nemli Sahaları. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fak .Dergisi, 2, 58-65, Samsun.
- Oğuztürk G (2010). Kızılırmak Havzası’nda SPI ile Kuraklık Analizi ve YSA Yöntemi ile Kuraklık Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 343327.
- Özkan Y (2013). Veri Madenciliği Yöntemleri, Papatya Yayıncılık Eğitim
- Pamuk G, Özgürel M & Topçuoğlu K (2004). Standart Yağış İndisi (SPI) İle Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 41(1), 99-106 issn 1018-8851
- Panofsky H A & Brier G W (1958). Some Applications os Statistics to Meteorology, Pennsylvania State University Press, 244
- Press W H, Flannerry B P, Teukolsky S A & Vetterling W T (1992). Numerical Reciper: the Art os Scientific Computing (second edn.), Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Sağlam İ (2015). An Integrated Methodology With Data Mining Techniques For Retail Industry. Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Savaş S, Topaloğlu N & Yılmaz M (2012). Veri Madenciliği ve Türkiye’deki Uygulama Örnekleri İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Yıl:11 Sayı: 21 S. 1-23.
- Sırdaş S (2002). Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 127212.
- Sırdaş S & Şen Z (2003). Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması, İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 34469, itüdergisi/d mühendislik Cilt:2, Sayı:2, 95-103, İstanbul

- Silahtaroglu G & Çınar, A (2012). Veri Madenciliği Teknikleriyle Müşteri Memnuniyetine Etki Eden Gizli Nedenlerin Keşfi Marmara Üniveritesi İ.İ.B. Dergisi Sayı: 2 S. 309-330.
- Silay A E & Tomar A (2009). Kuraklığın Etkileri ve Su Kaynakları Yatırımlarının İzmir Ölçeğinde İrdelenmesi. TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, İzmir, 299-313.
- Soleimanil H, Ahmadil H & Zehtabian G (2013). Comparison of Temporal and Spatial Trend Of SPI, DI and CZI as Important Drought Indices to Map Using IDW Method in Taleghan Watershed. Department of Agricultural and Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, 4 (6):46-55.
- Şaylan L, Durak M & Şen O (1994). İ.T.Ü. Uzay ve Uçak Bilimleri Fakültesi Mühendisliği Bölümü, I. Ulusal Hidrometeoroloji Sempozyumu Yayını, İstanbul.
- Şen Z (2001). Kuraklık Kıranı Yuvarlak Masası Toplantısı, 20 Mart 2001, Ankara.
- Şimşek O (2010). Türkiye’de Tarım Yılı Kuraklık Değerlendirmesi ve Bitki Gelişim Modeli ile Buğdayda Kuraklık Verim Analizi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 297567.
- Tabari H, Nikbakht J & Talaee P H (2012). Hydrological Drought Assessment in Northwestern Iran Based on Streamflow Drought Index (SDI), Water Resour Manage DOI 10.1007/s11269-012-0173-3, Iran.
- Tanoğlu, A (1943). Türkiye’de Kuraklık İndisleri (Indicez D’Aridite’De La Turquie). Türk Coğrafya Dergisi, S 36-41.
- Terzi Ö, Kayser M & Keskin M E (2009). Evaporation Modeling for Lake Eğirdir Using Artificial Neural Networks Approach. International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications, 257-260, June 29-July 1, Trabzon.

Terzi Ö, Küçüksille U, Ergin G & İlker A (2011). Veri Madenciliği Süreci Kullanılarak Güneş Işınımı Tahmini. SDÜ International Technologic Science Vol. 3, no 2.

Thom H C S (1958). A note on the Gamma Distribution, monthly weather review, 86(4): 117 - 122.

Thom H C S (1966). Some methods of climatological analysis, W.M.O. technical note, No: 81, Geneva.

Topçuoğlu K, Özgürel M & Pamuk G (2004). Türkiye İçin Yeni Bir Kuraklık İndisi Denemesi Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 41(3):145-153.

Tümertekin E (1956). Türkiye'de Kuraklık Süresinin Coğrafi Dağılışı. Türk Coğrafya Dergisi, (15-16).

Tümertekin E (1957). Kurak Bölgelerde Ziraat. İstanbul Üniv. İktisat Fak. Yayınları No.96, İstanbul.

Türkeş M (1996) .Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey, Int. J. Climatol, 16, 1057-1076.

Türkeş M (2007). Türkiye'nin Kuraklığa, Çölleşmeye Eğilimi ve İklim Değişikliği Açısından Değerlendirilmesi. Pankobirlik 91, 38-47.

Türkeş M, Akgündüz A S & Demirörs Z (2009). Palmer Kuraklık İndisi'ne Göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki Kurak Dönemler ve Kuraklık Şiddeti. Coğrafi Bilimler Dergisi, CBD 7 (2), 129-144.

Uçgun E (2010). Kızılırmak Havzası'ndaki Hidrometeorolojik Verilerin Trend Analizi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale.

URL1:Meteoroloji

Genel

Müdürlüğü

<http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklikanalizi.aspx?d=yonetimsini.f.html> (Erişim tarihi: 28.08.2015).



URL-2:Wikipedia <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kızılırmak> (Erişim tarihi: 28.09.2015)

URL-3:T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı  
[http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/anasayfa/resimlihaber/14-07-09/Turkiye\\_de\\_Havza\\_Yonetiminde\\_Yeni\\_Atilim.aspx?sflang=en](http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/anasayfa/resimlihaber/14-07-09/Turkiye_de_Havza_Yonetiminde_Yeni_Atilim.aspx?sflang=en) (Erişim tarihi: 30.09.2015)

URL-4:Wikipedia [https://tr.wikipedia.org/wiki/veri\\_madencili%c4%9fi](https://tr.wikipedia.org/wiki/veri_madencili%c4%9fi) (Erişim Tarihi 12.12.2015)

URL-5: Wikipedia <https://tr.wikipedia.org/wiki/WEKA> ( Erişim tarihi: 28.08.2015)

URL-6:Bilgisayar Kavramları  
<http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2009/06/01/WEKA/> (Erişim Tarihi 20.04.2016)

URL-7: Çölkesen & Kavzaoğlu, Örnek Tabanlı K-star Algoritması ile Uzaktan Algılanmış Görüntülerin Sınıflandırılması  
<http://www.gtu.edu.tr/Files/UserFiles/80/jeodezi/yayinlar/pdf/Kavzoglucolkese nTUFUAB2011.pdf> (Erişim Tarihi: 10.03.2017)

URL-8: <https://prezi.com/emjzmdls8jre/cok-katmanli-algilayici/> (Erişim Tarihi: 10.03.2017)

URL-9: Veri madenciliği aşamaları <https://mevlutcanvar.com.tr/veri-madenciligi-asamaları/309> (Erişim Tarihi 20.04.2016)

Yeğnidemir M K (2005). İç Anadolu Bölgesinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) Metodu ile Kuraklık Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 168806.

Willeke G, Hosking J R, Wallis J R & Guttman N B (2004). National Drought Atlas. Institute for Water Resources Report 94-NDS-4. US Army Corps of Engineering.

Wei W, David W & Watkins J (2011). Data mining methods for hydroclimatic forecasting Department of civil and environmental engineering, michigan technological university, houghton, mi 49931, USA.

Woodhouse C A & Overpeck J T (1998). 2000 years of drought variability in the central United States. Bulletin of the American Meteorological Society 79.12: 2693-2714.

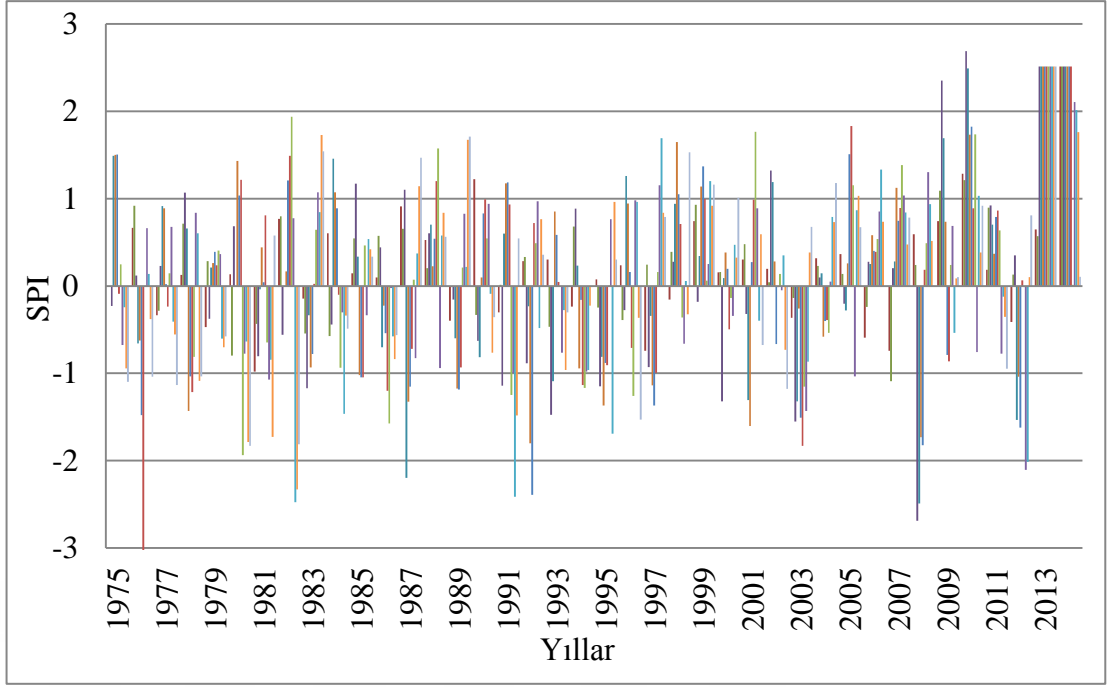
WMO (1997). Extreme Agrometeorological Events, CagM-X Working Group, Geneva.



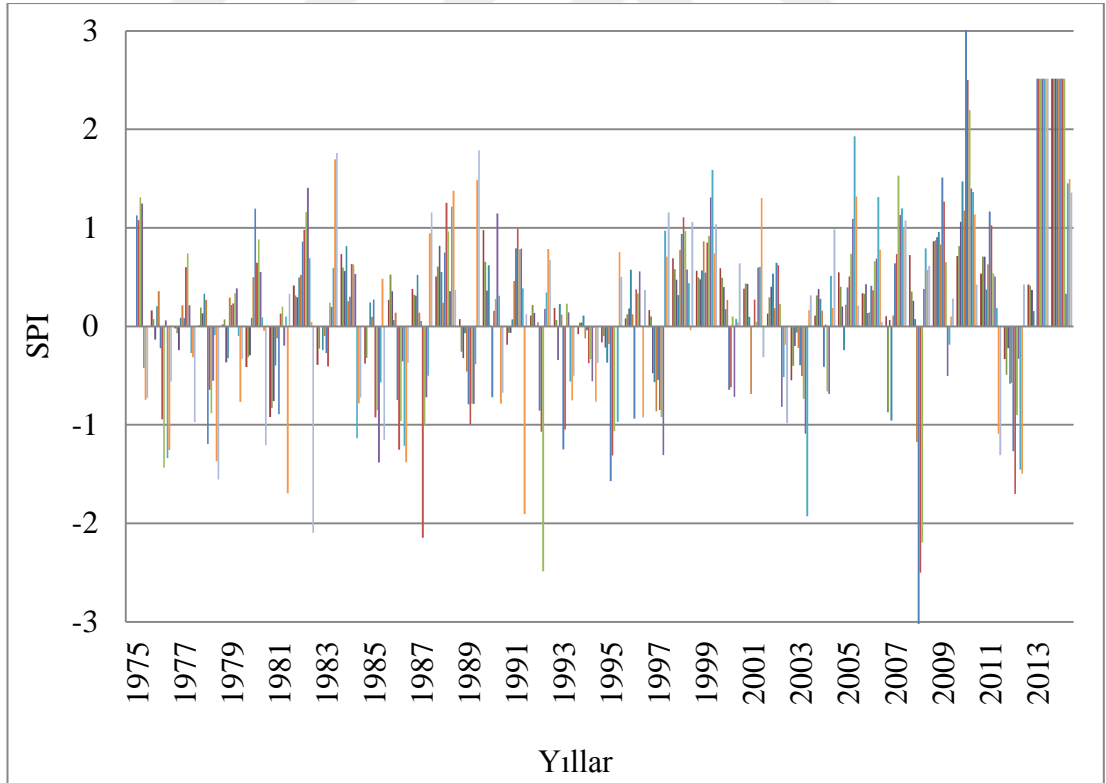
## **EKLER**

**EK 1:** Yağış istasyonlarına ait 3, 6, 12, ve 24 aylık SPI grafikleri

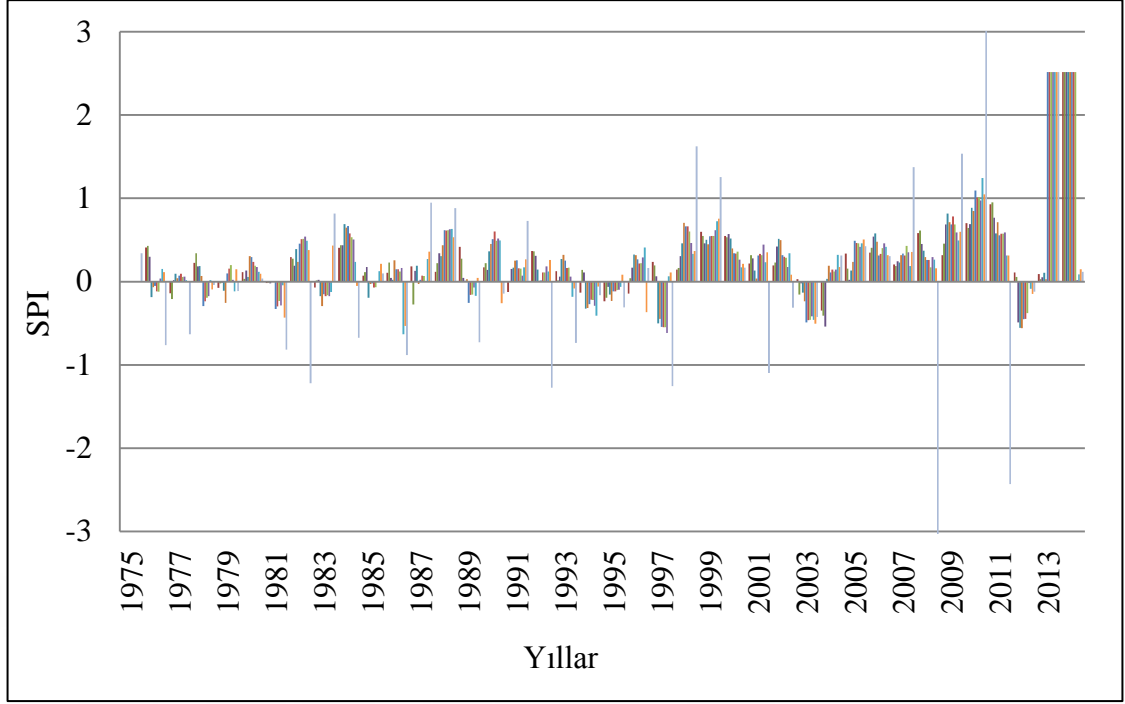




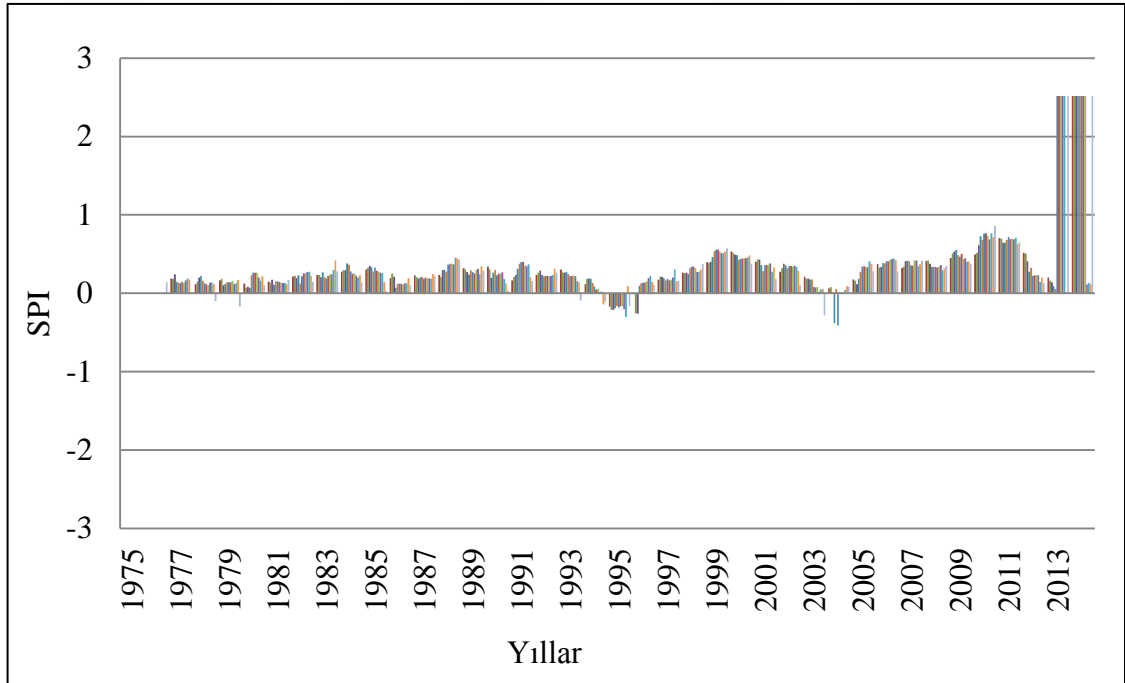
Şekil 5.13. Gemerek İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri



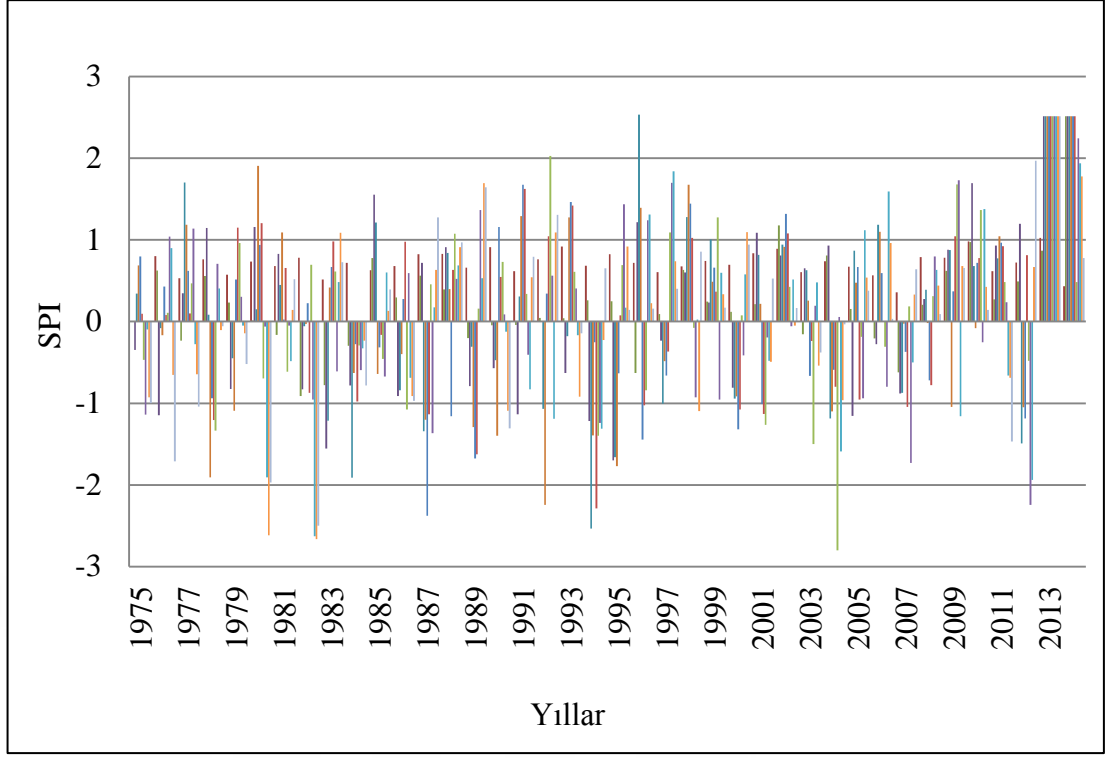
Şekil 5.14. Gemerek İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri



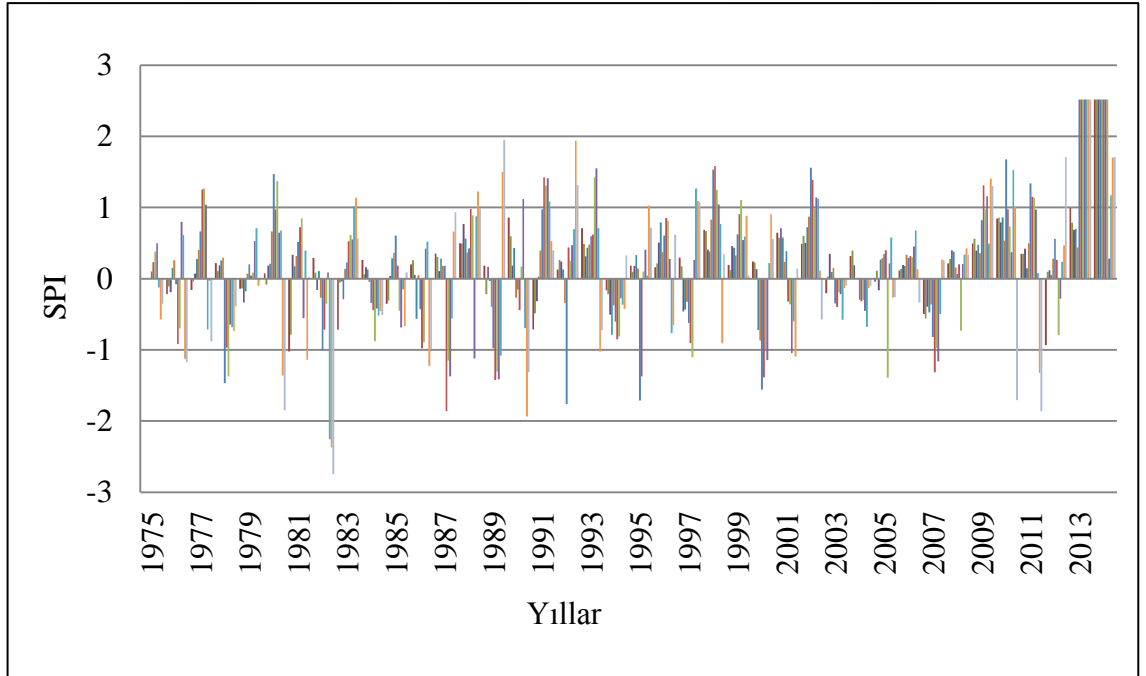
Şekil 5.15. Gemerek İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



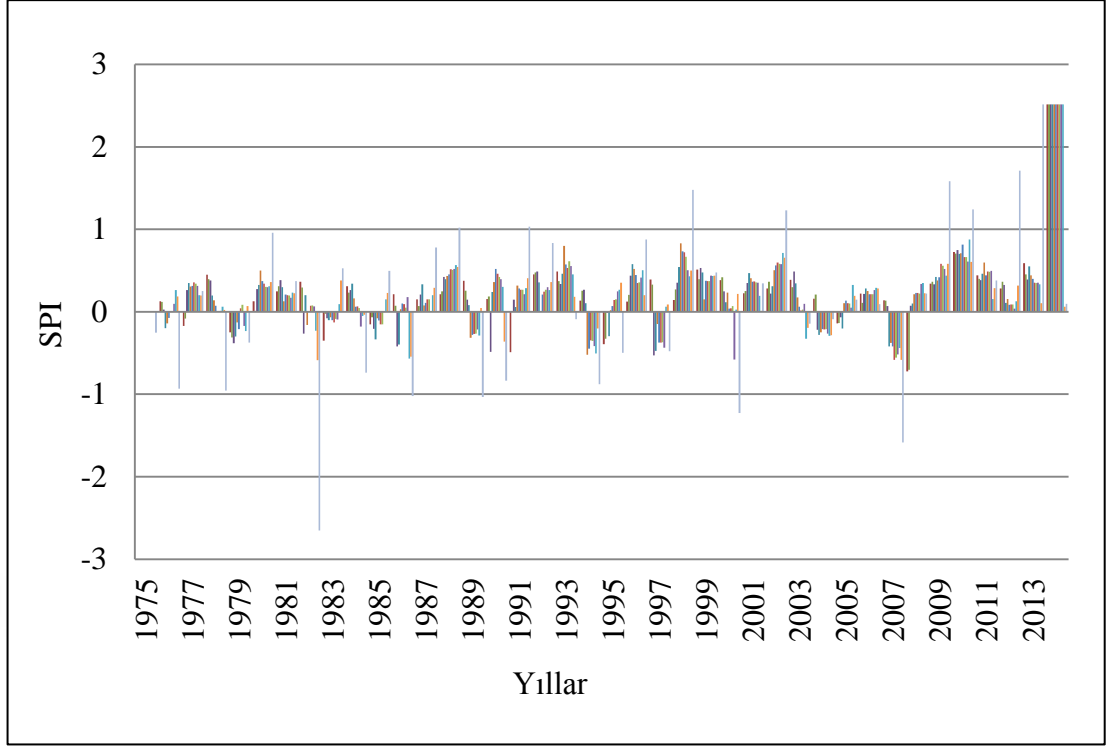
Şekil 5.16. Gemerek İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri



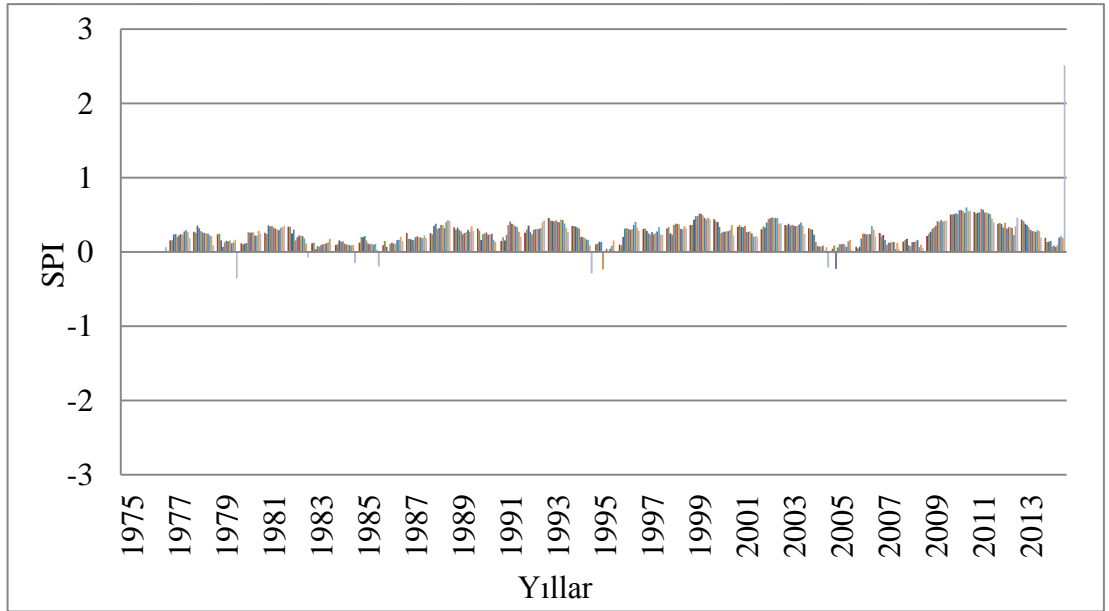
Şekil 5.17. Sivas İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri



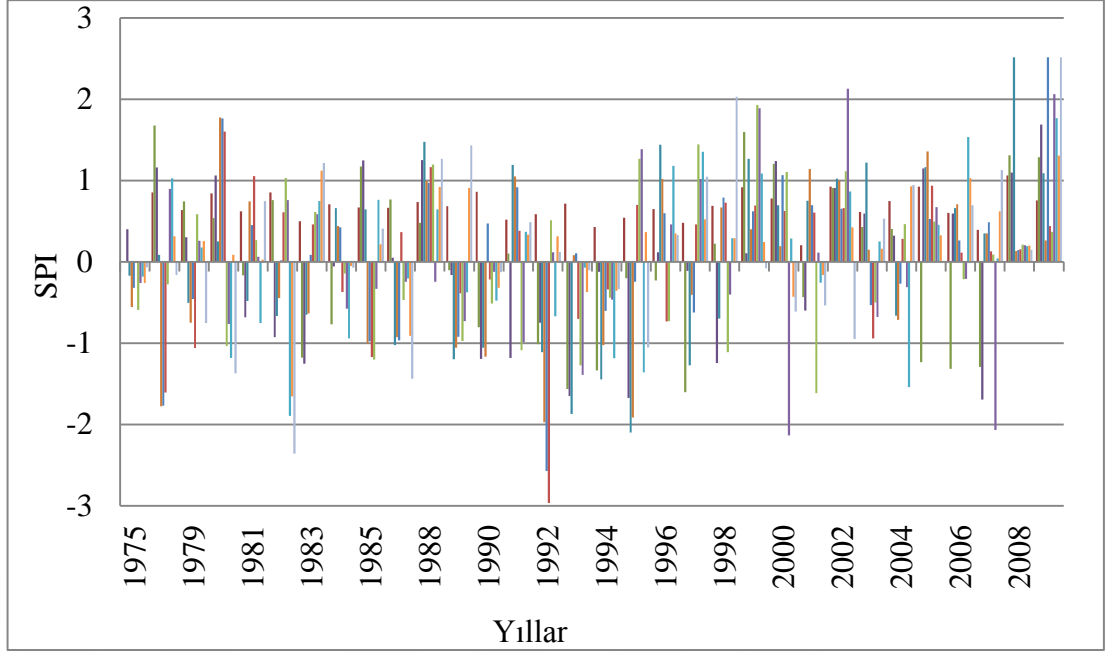
Şekil 5.18. Sivas İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri



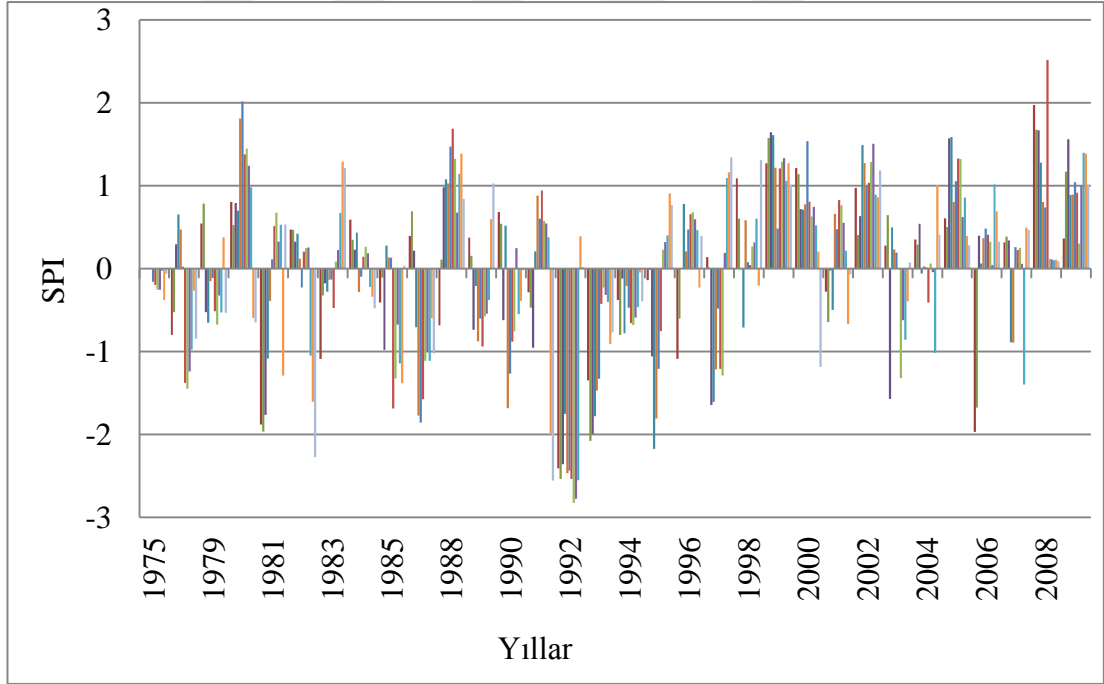
Şekil 5.19. Sivas İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



Şekil 5.20. Sivas İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri

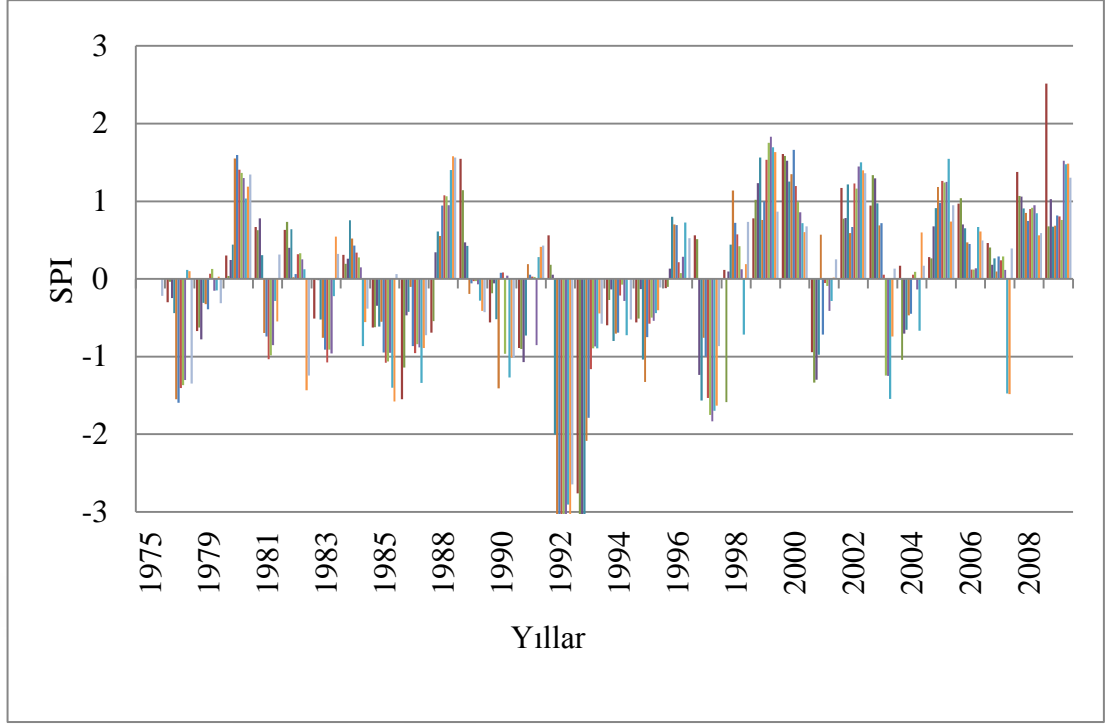


Şekil 5.21. Şarkışla İstasyonu, 1975 - 2009 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri

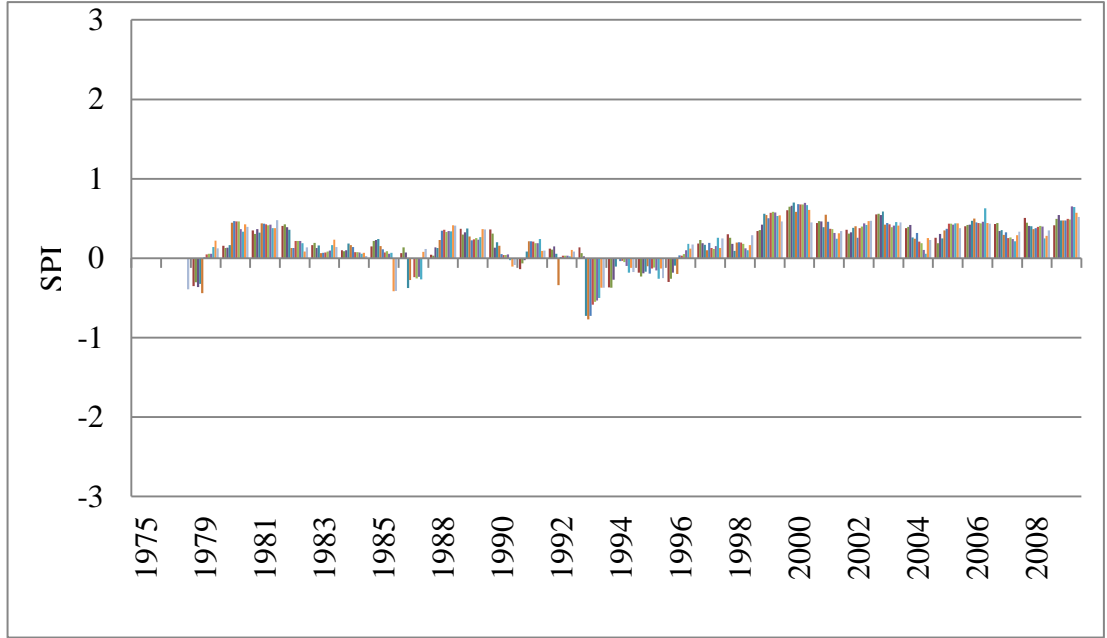


Şekil 5.22. Şarkışla İstasyonu, 1975 - 2009 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri

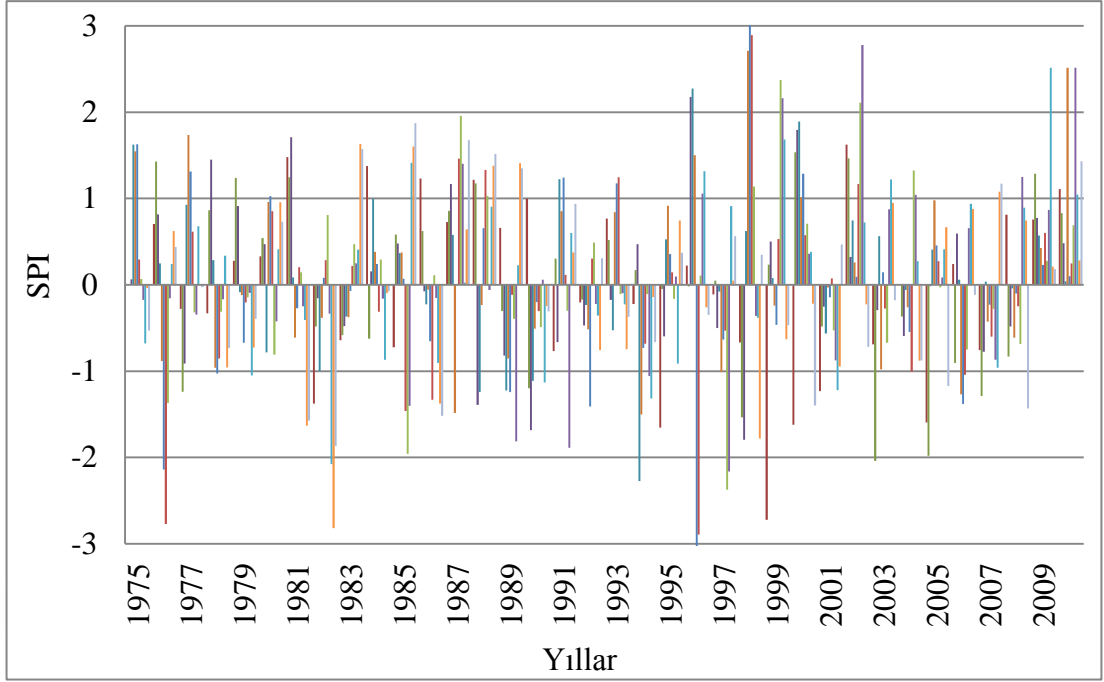




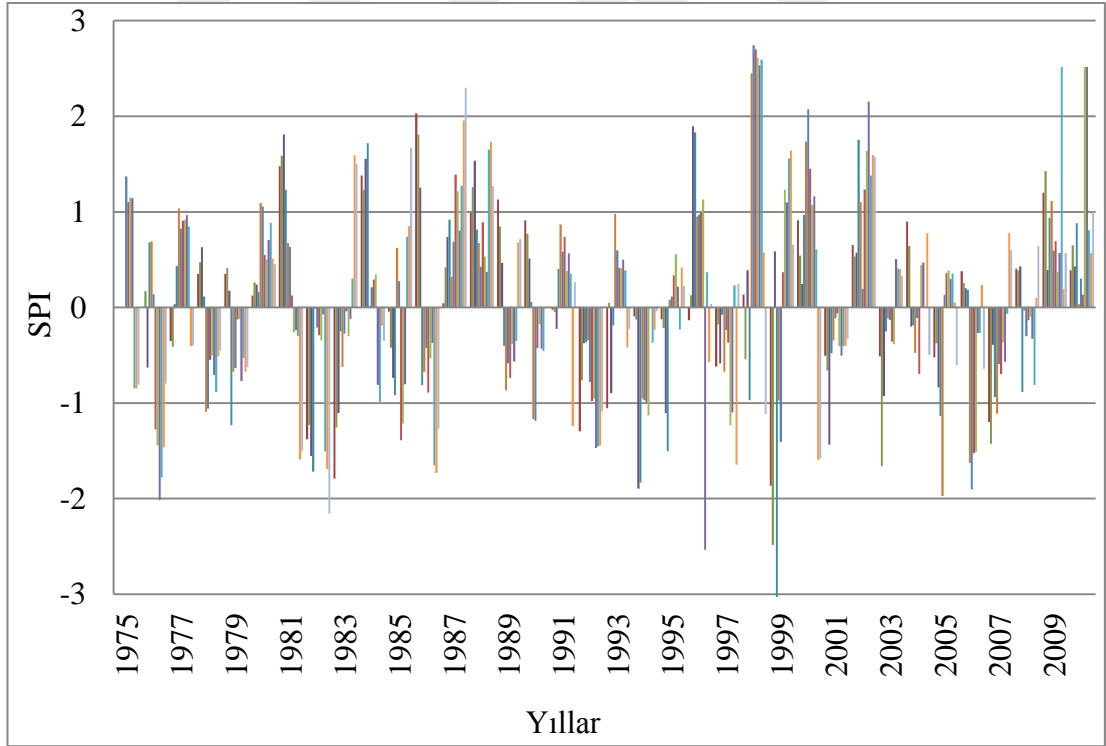
Şekil 5.23. Şarkışla İstasyonu, 1975 - 2009 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



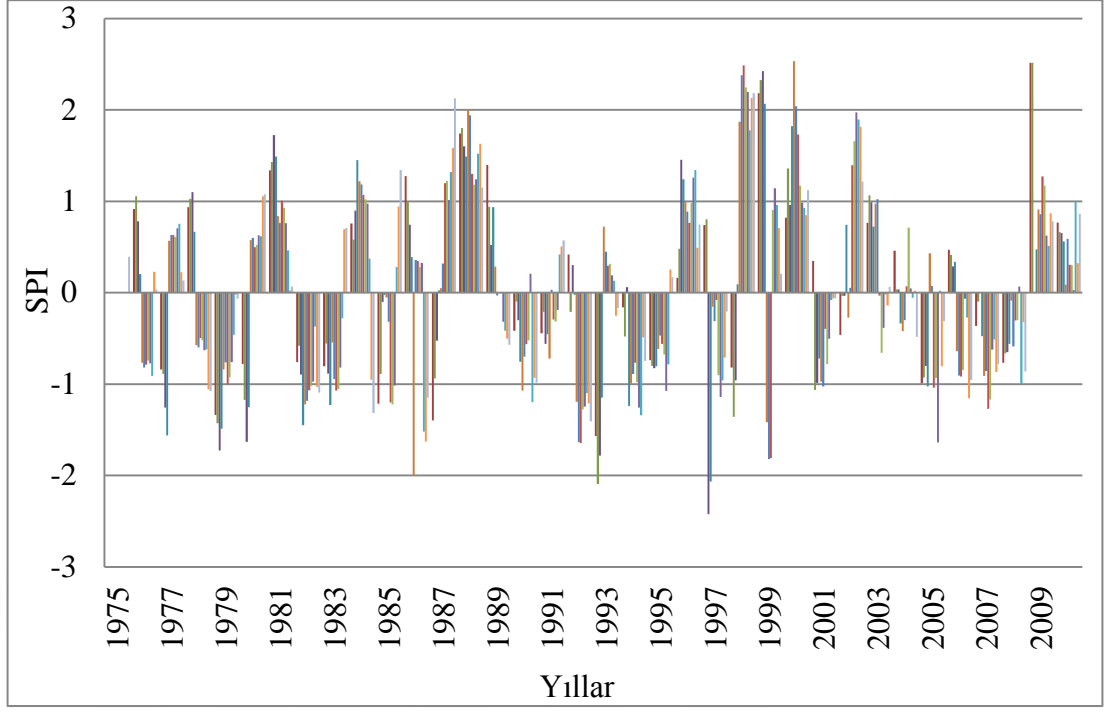
Şekil 5.24. Şarkışla İstasyonu, 1975 - 2009 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri



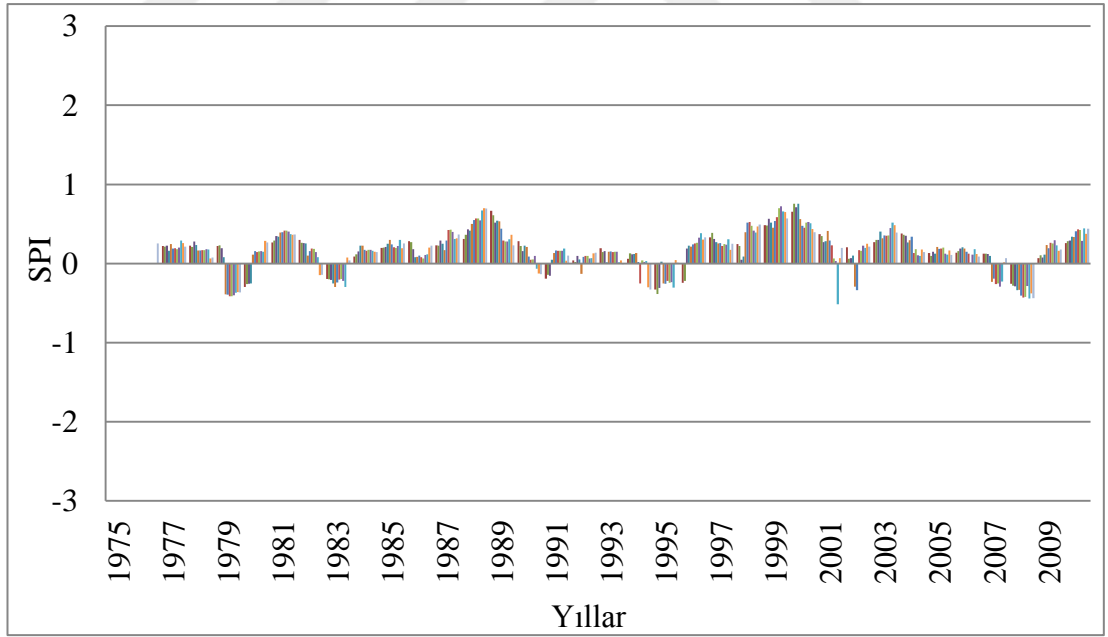
Şekil 5.25. Çiçekdağı İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri



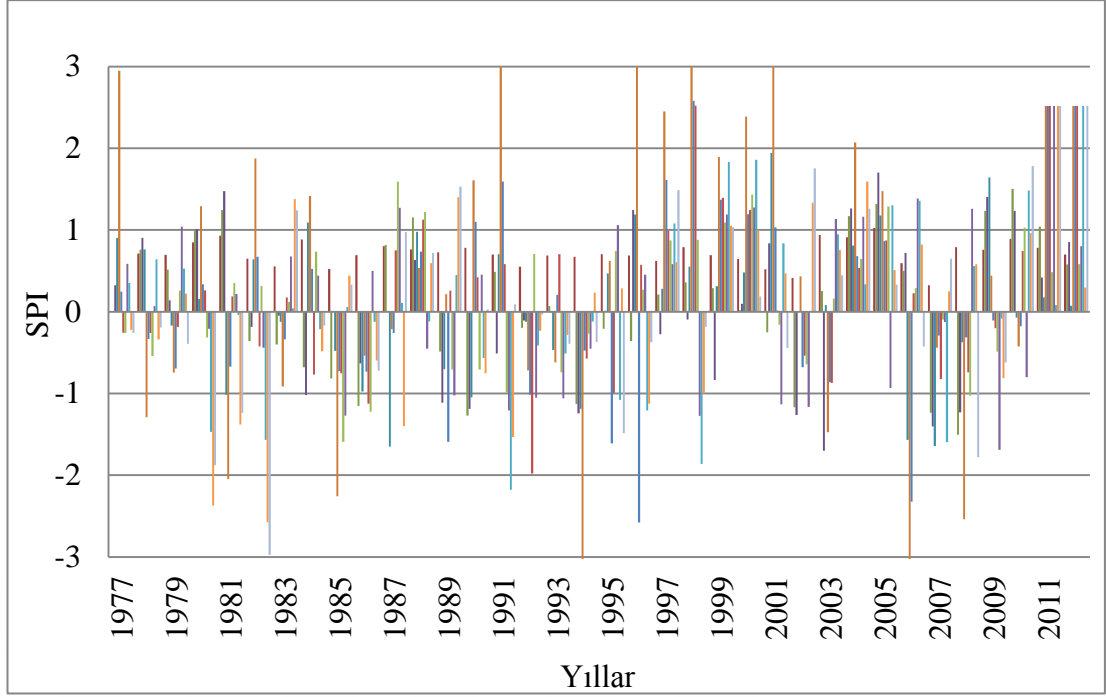
Şekil 5.26. Çiçekdağı İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri



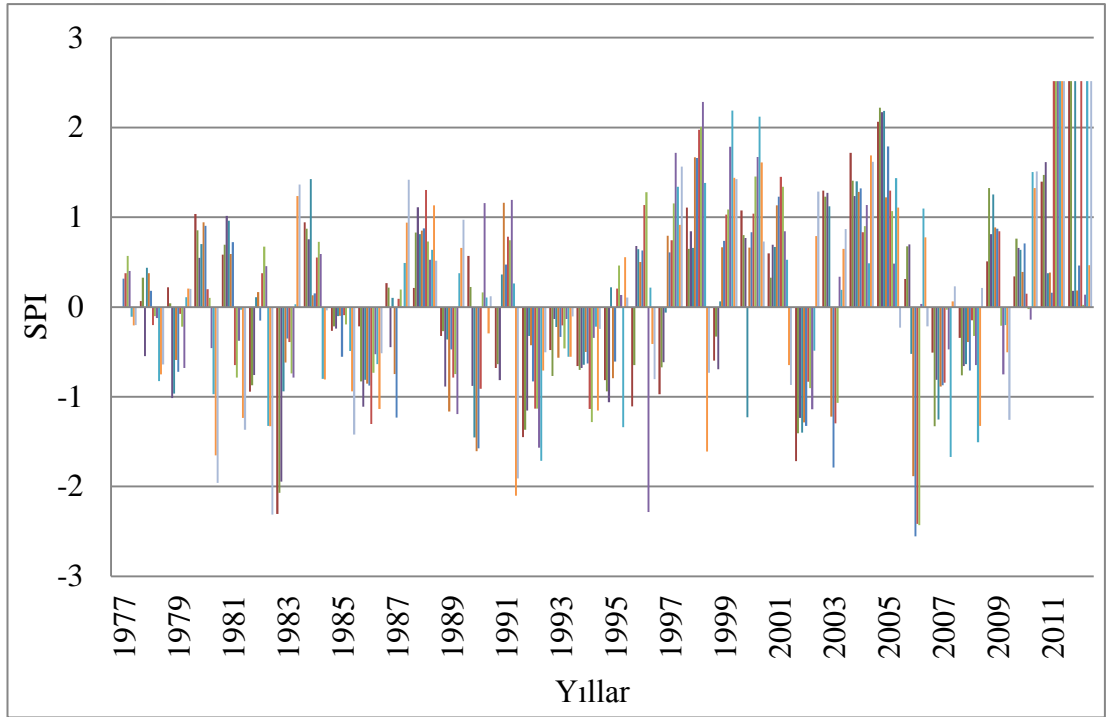
Şekil 5.27. Çiçekdağı İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



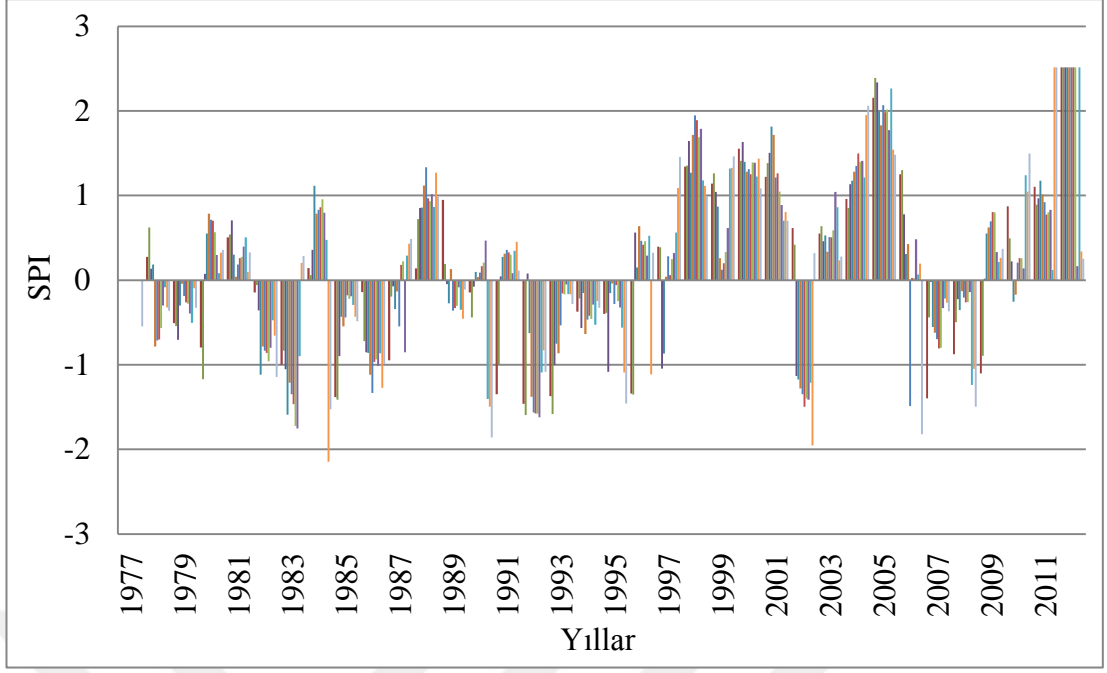
Şekil 5.28. Çiçekdağı İstasyonu, 1975 - 2010 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri



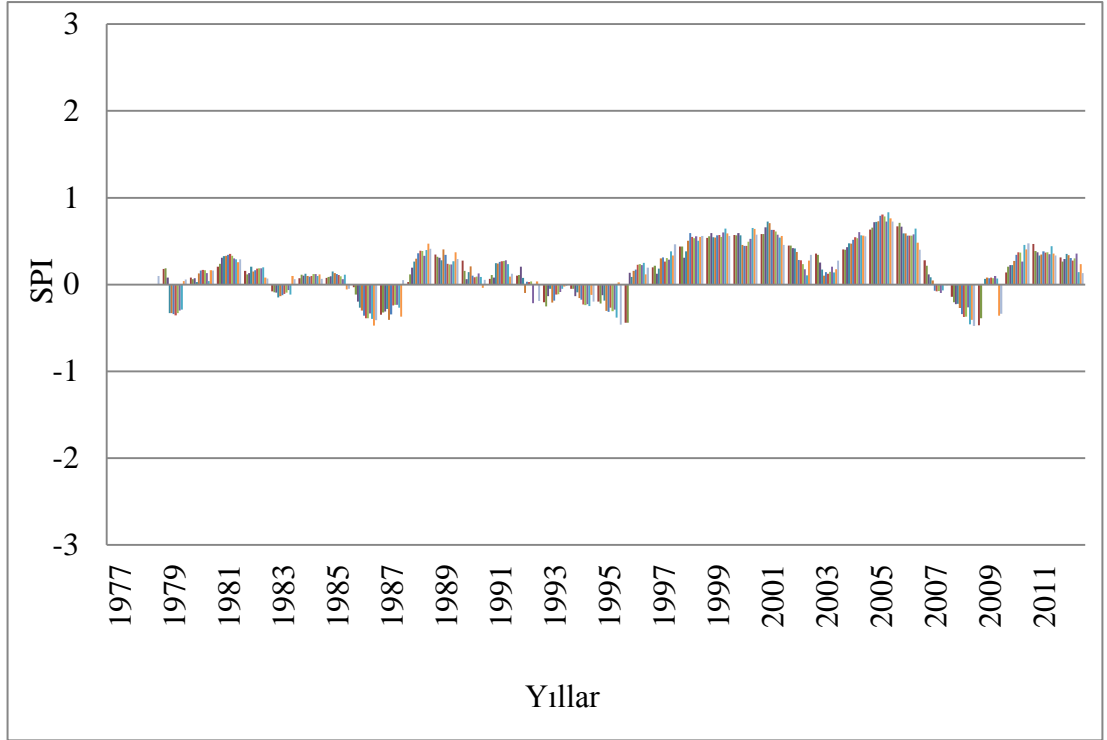
Şekil 5.29. Keskin İstasyonu, 1977 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri



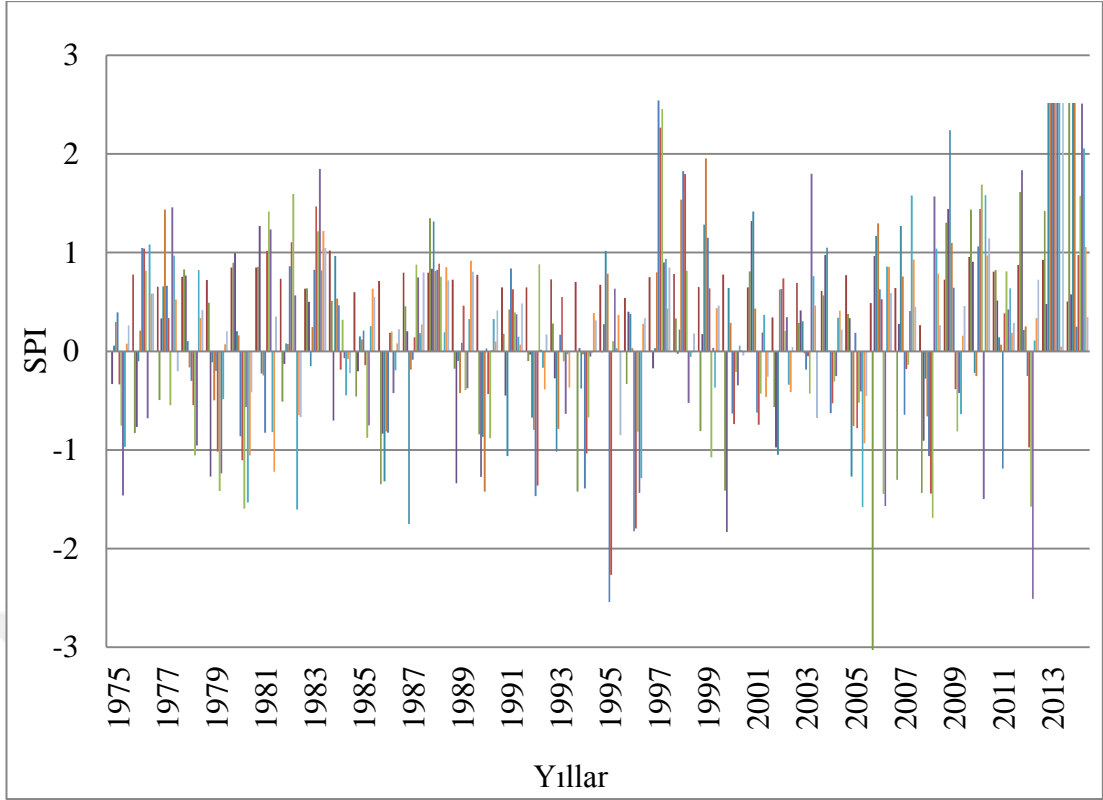
Şekil 5.30. Keskin İstasyonu, 1977 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri



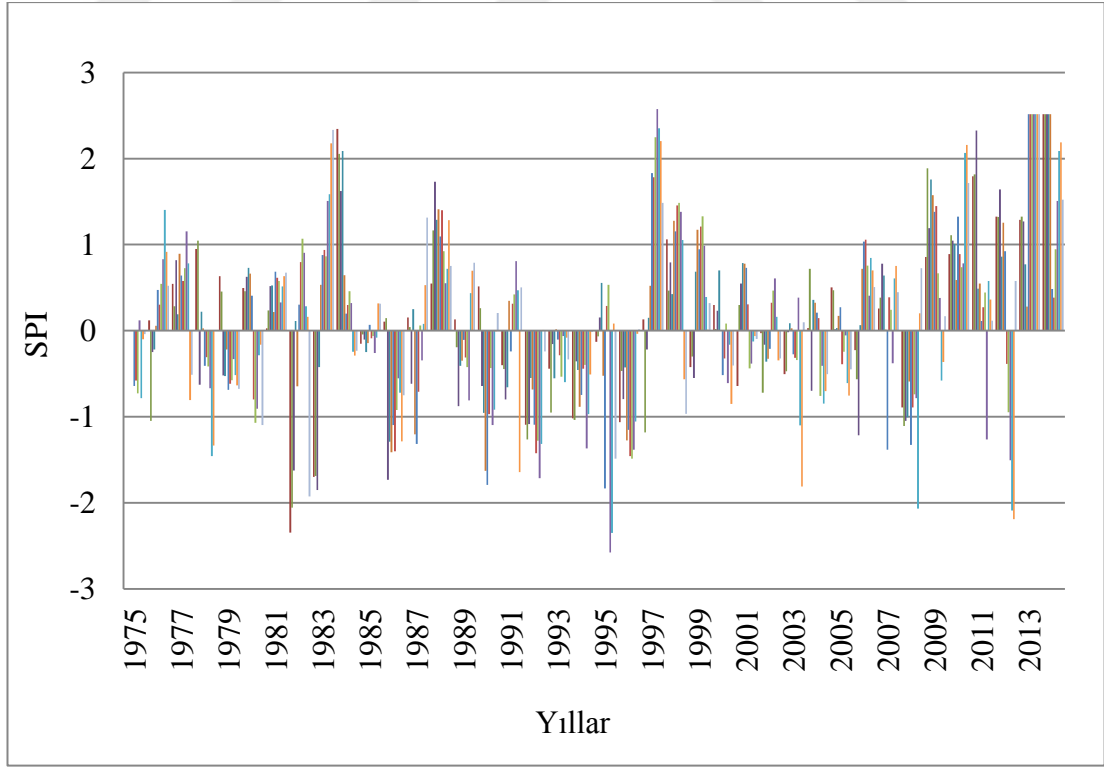
Şekil 5.31. Keskin İstasyonu, 1977 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



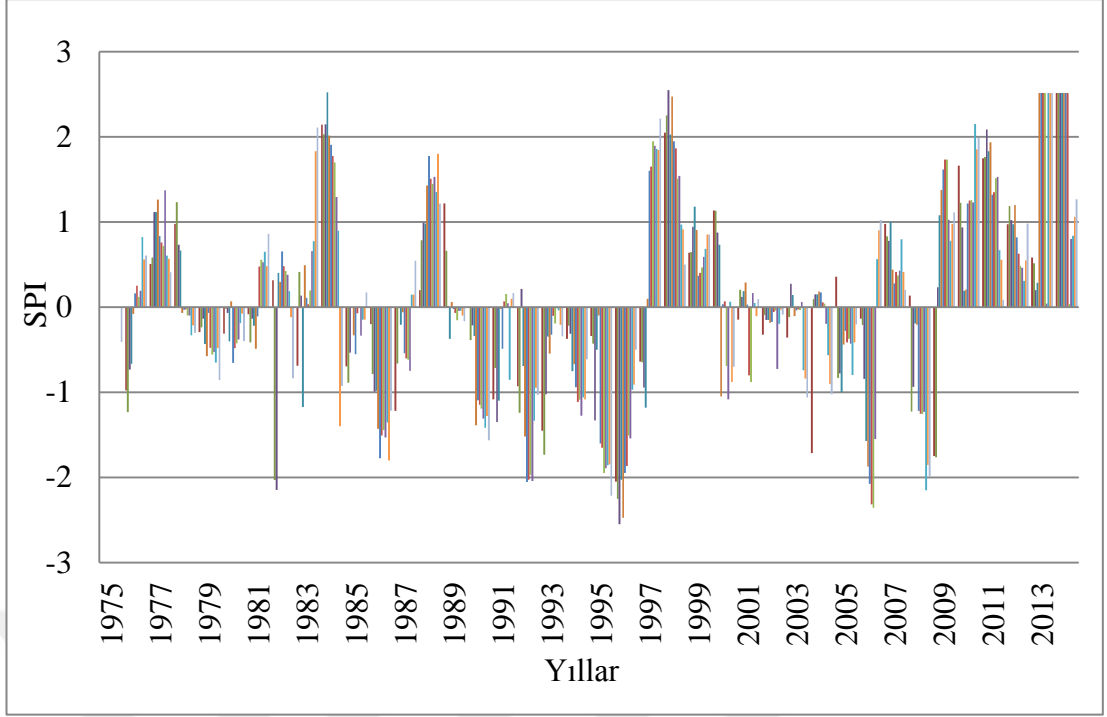
Şekil 5.32. Keskin İstasyonu, 1977 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri



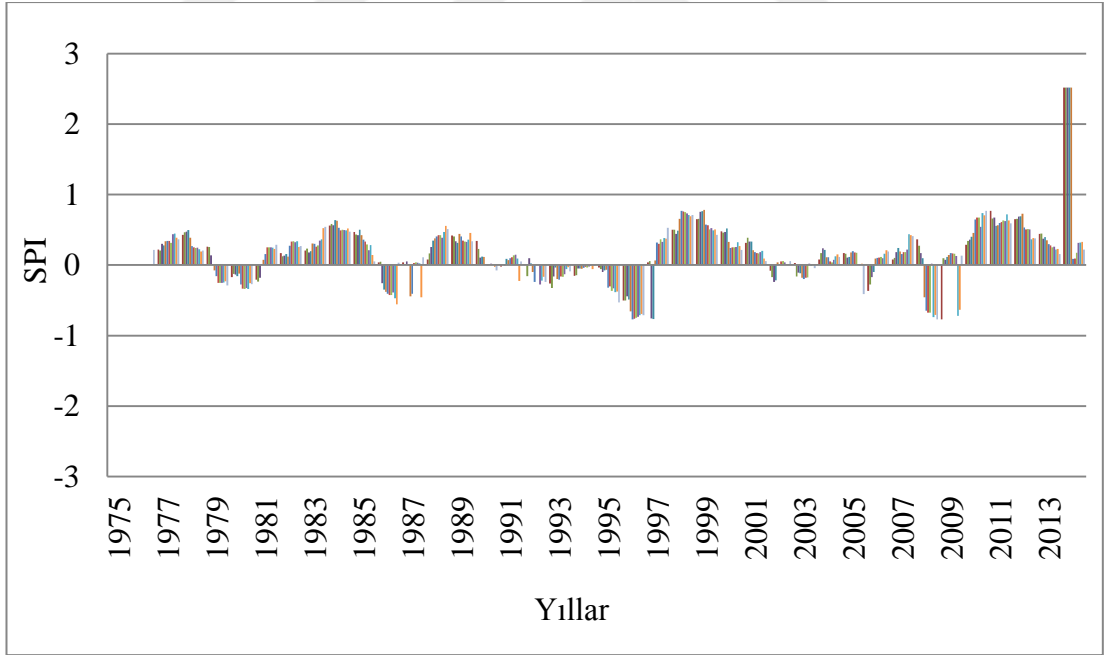
Şekil 5.33. Kırıkkale İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri



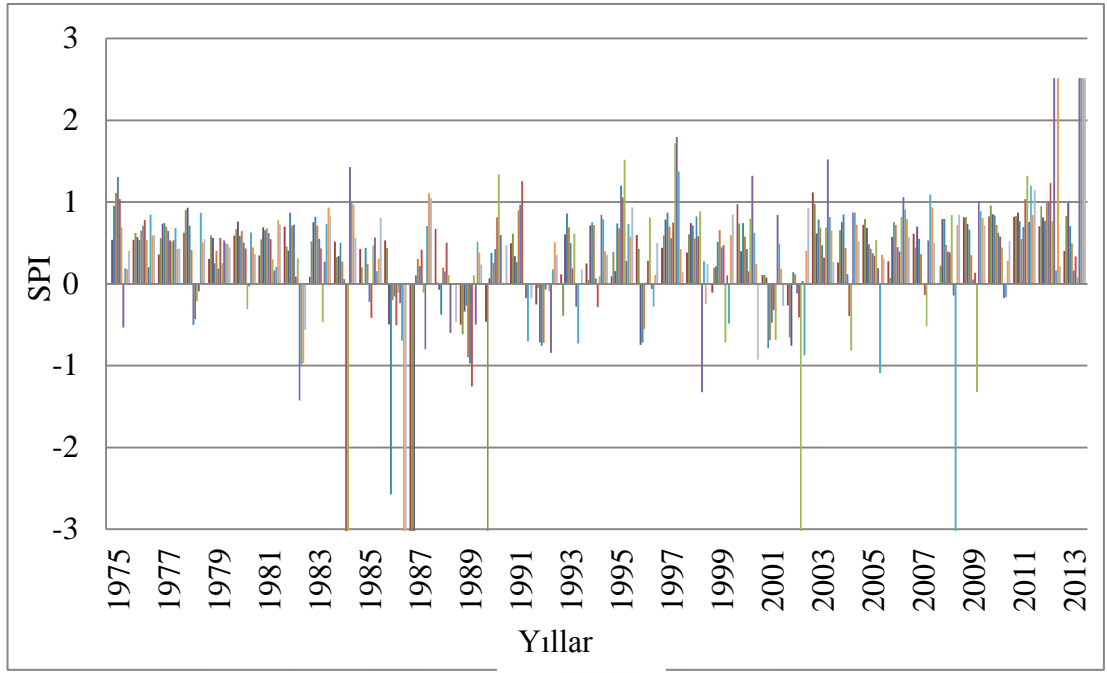
Şekil 5.34. Kırıkkale İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri



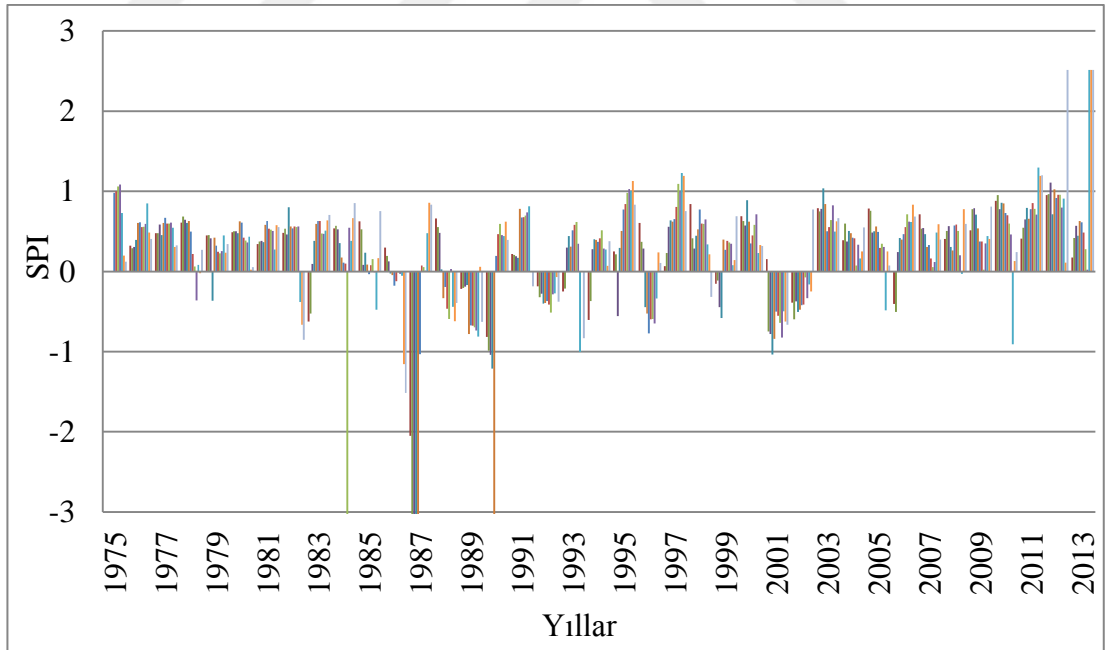
Şekil 5.35. Kırıkkale İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



Şekil 5.36. Kırıkkale İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri

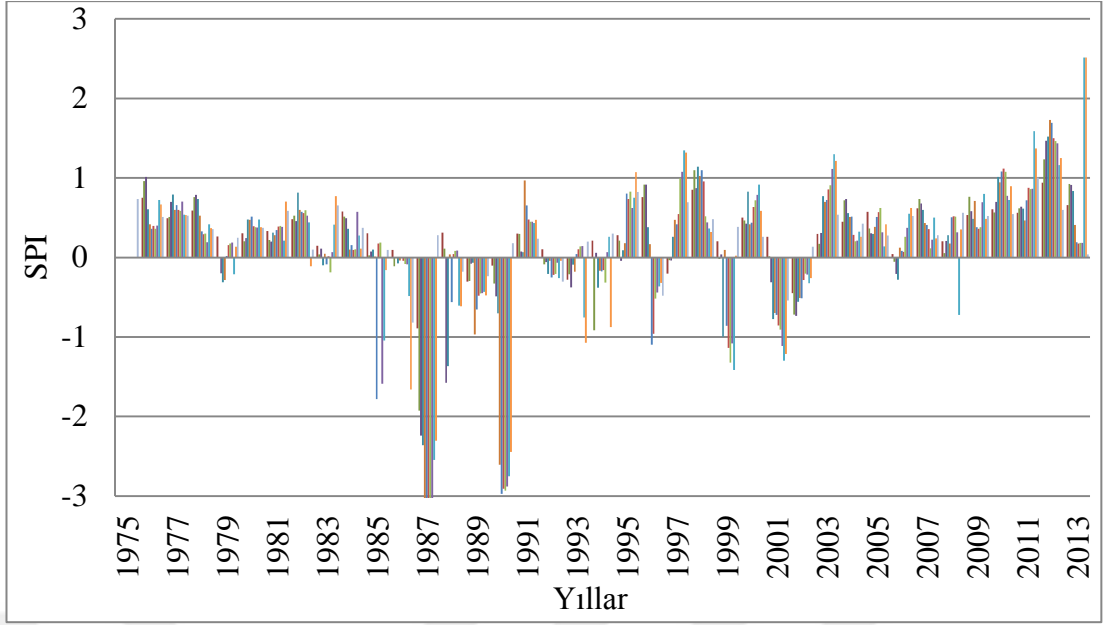


Şekil 5.37. Bala İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri

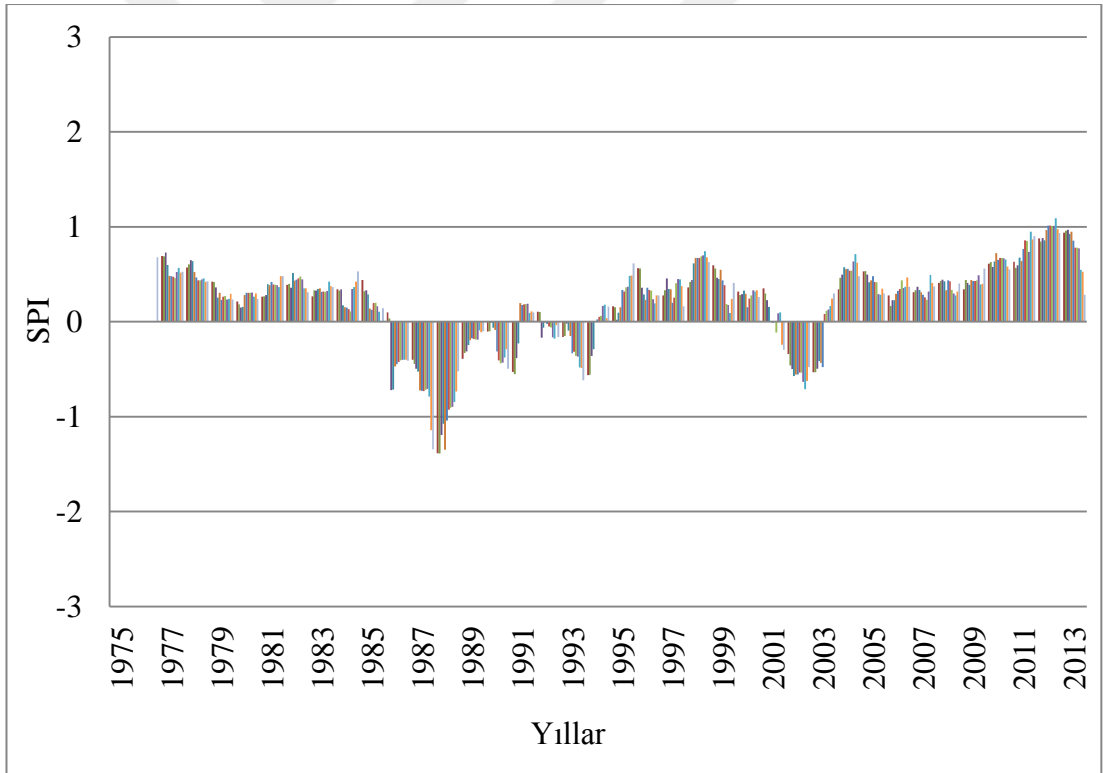


Şekil 5.38. Bala İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri

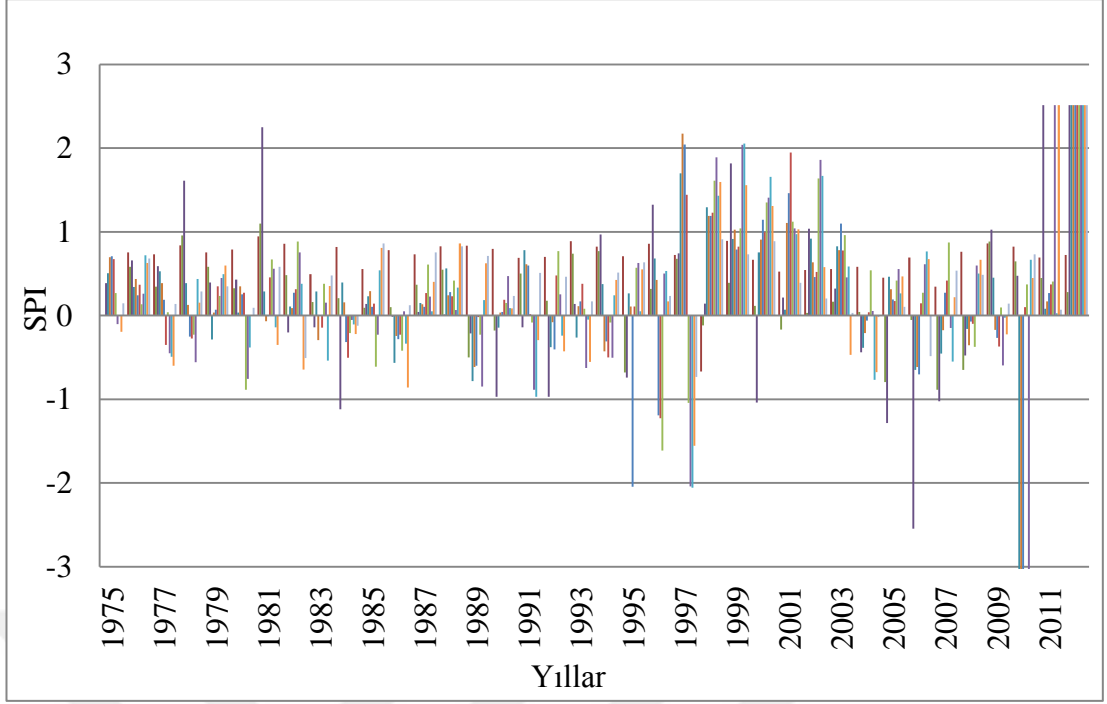




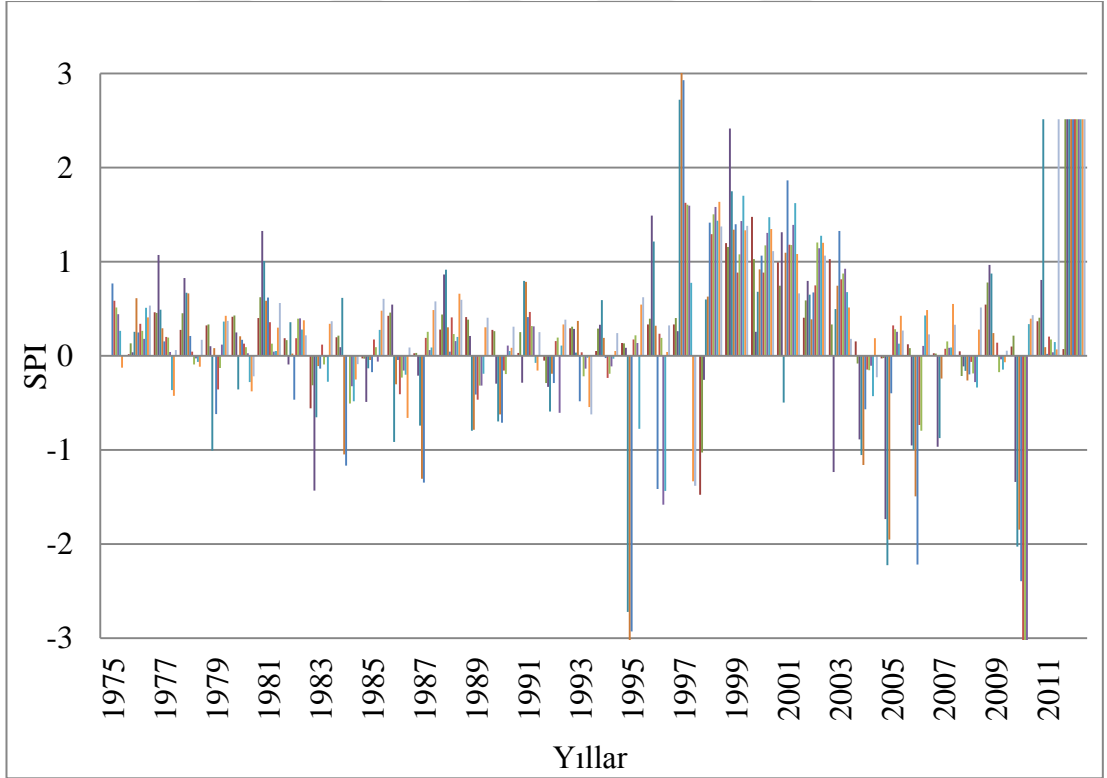
Şekil 5.39. Bala İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



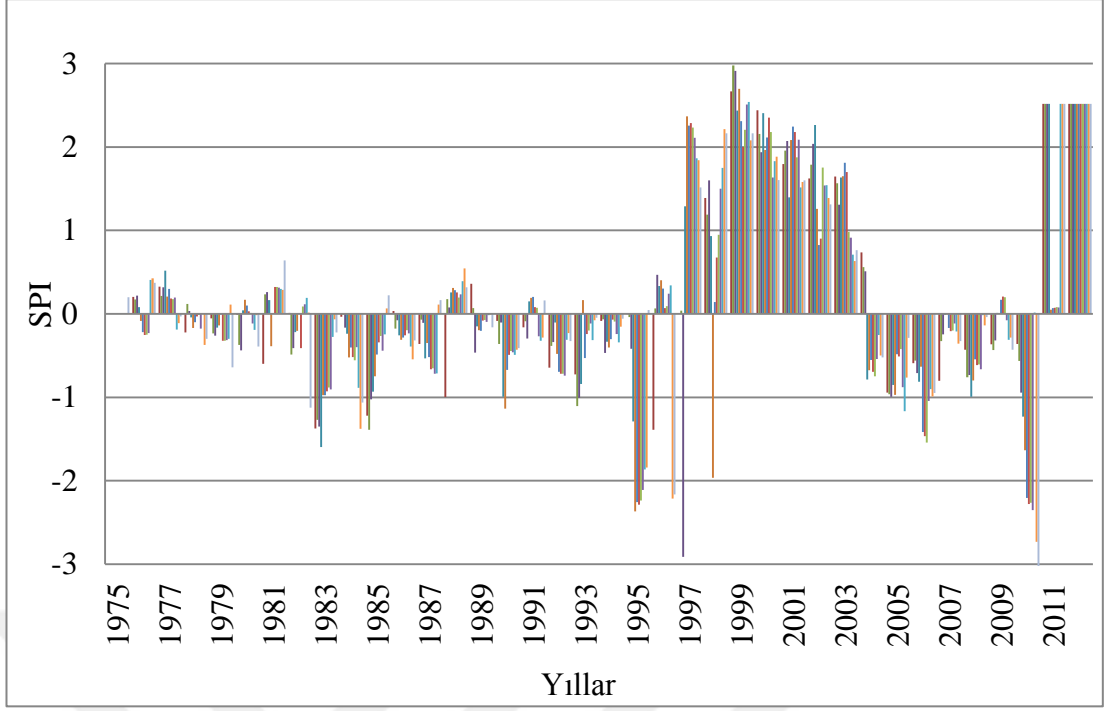
Şekil 5.40. Bala İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri



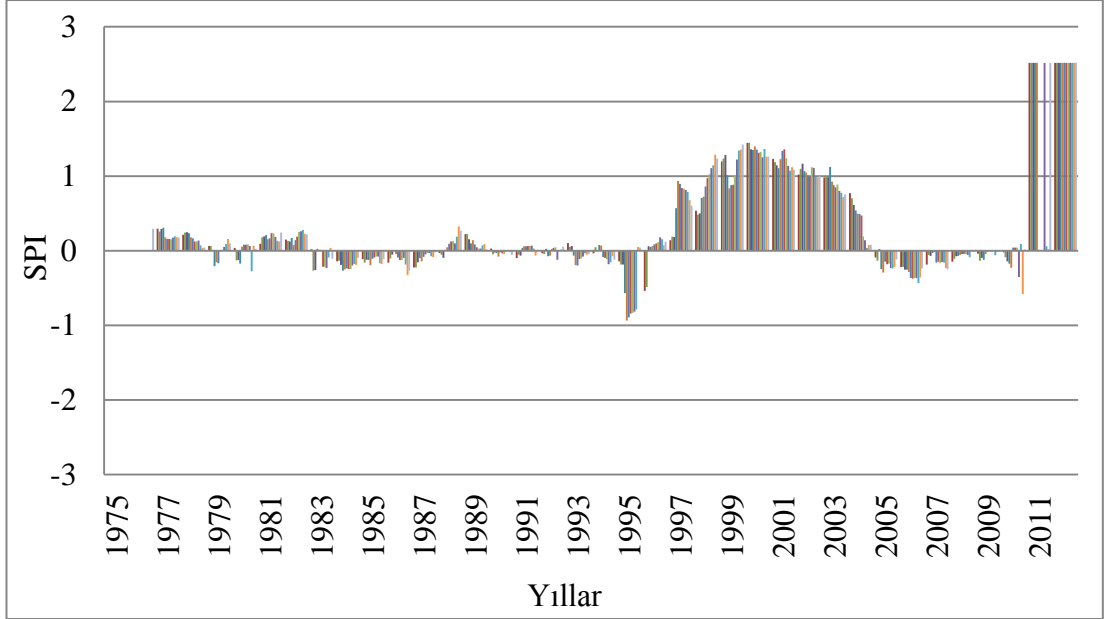
Şekil 5.41. Kulu İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri



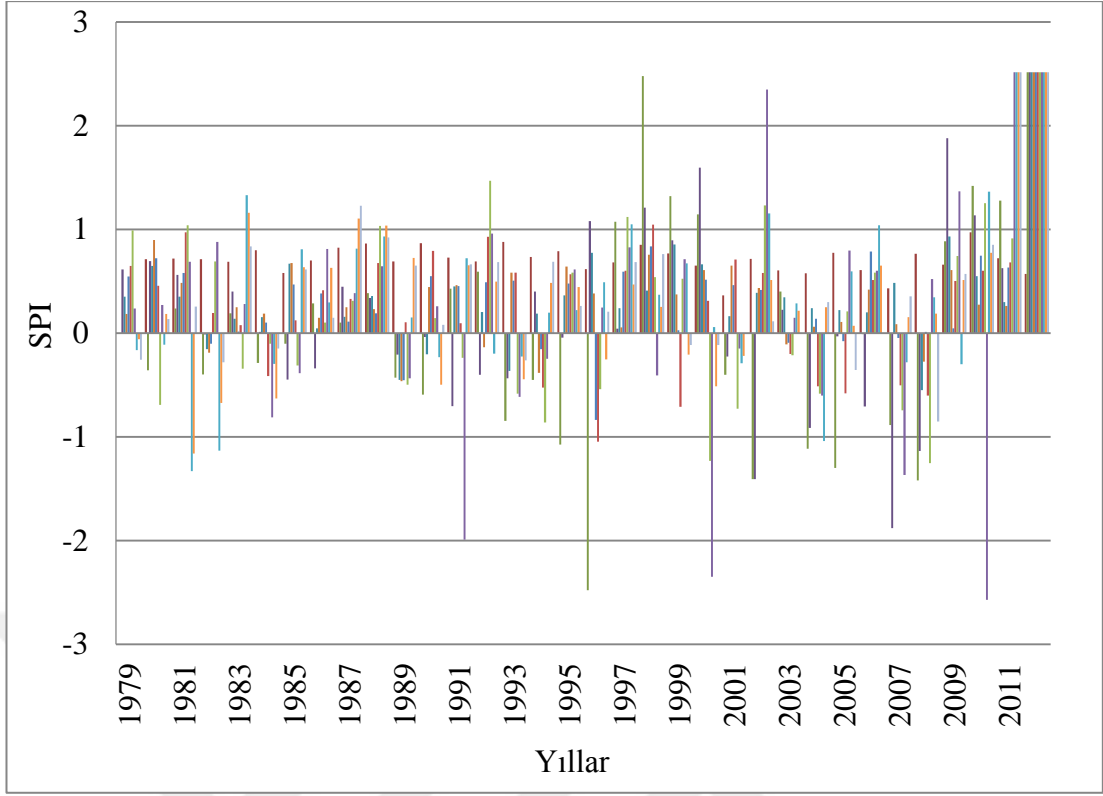
Şekil 5.42. Kulu İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri



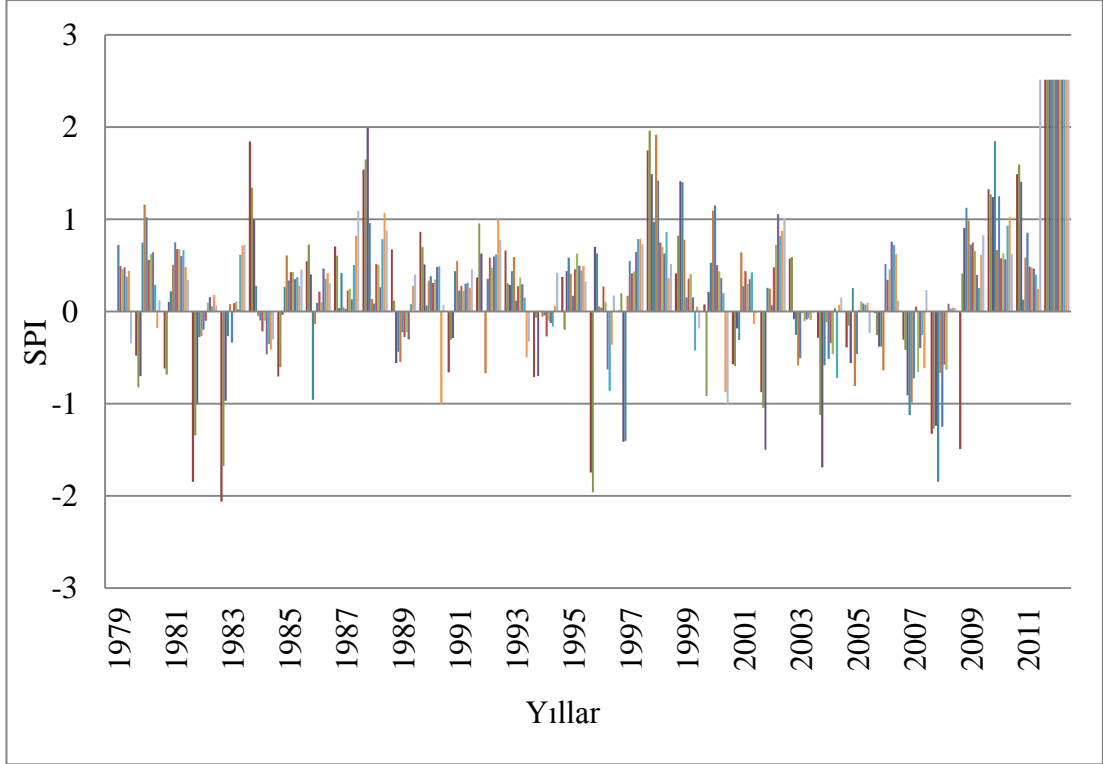
Şekil 5.43. Kulu İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



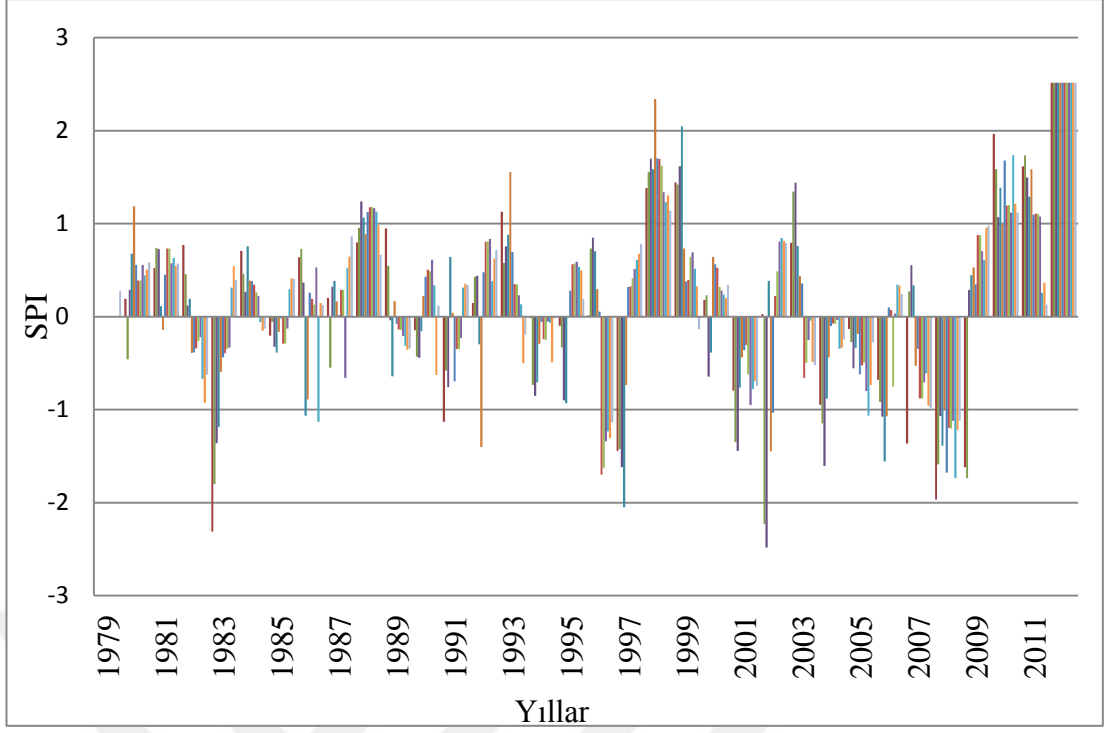
Şekil 5.44. Kulu İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri



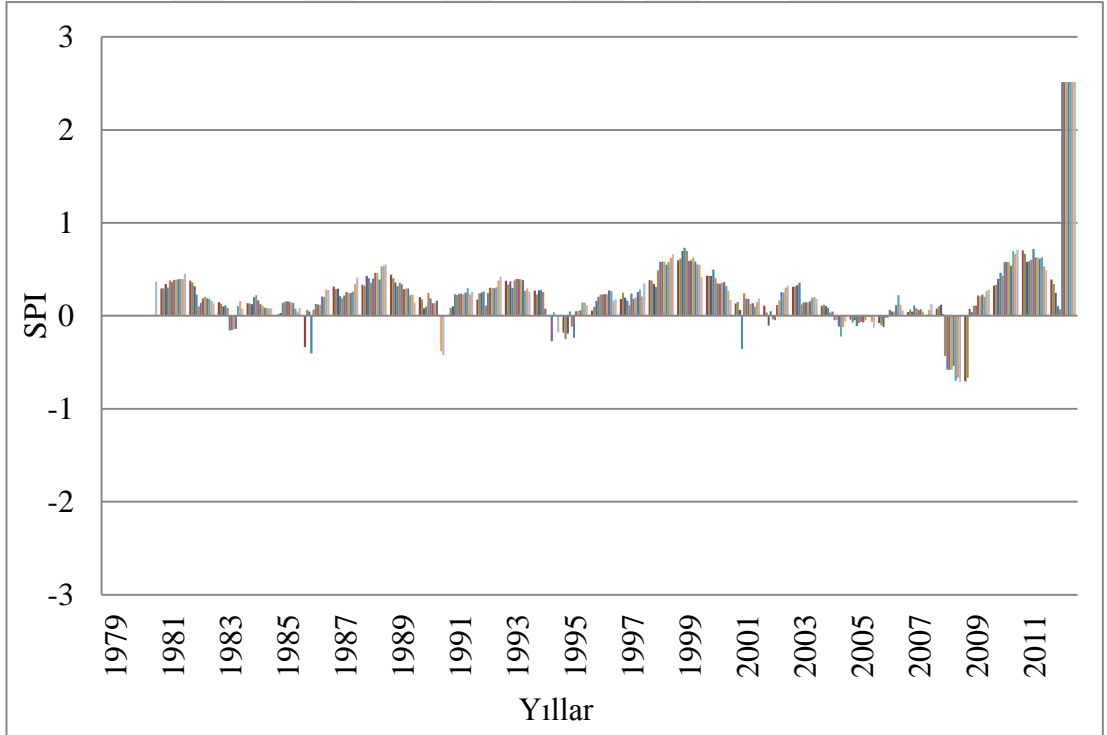
Şekil 5.45. Ürgüp İstasyonu, 1979 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri



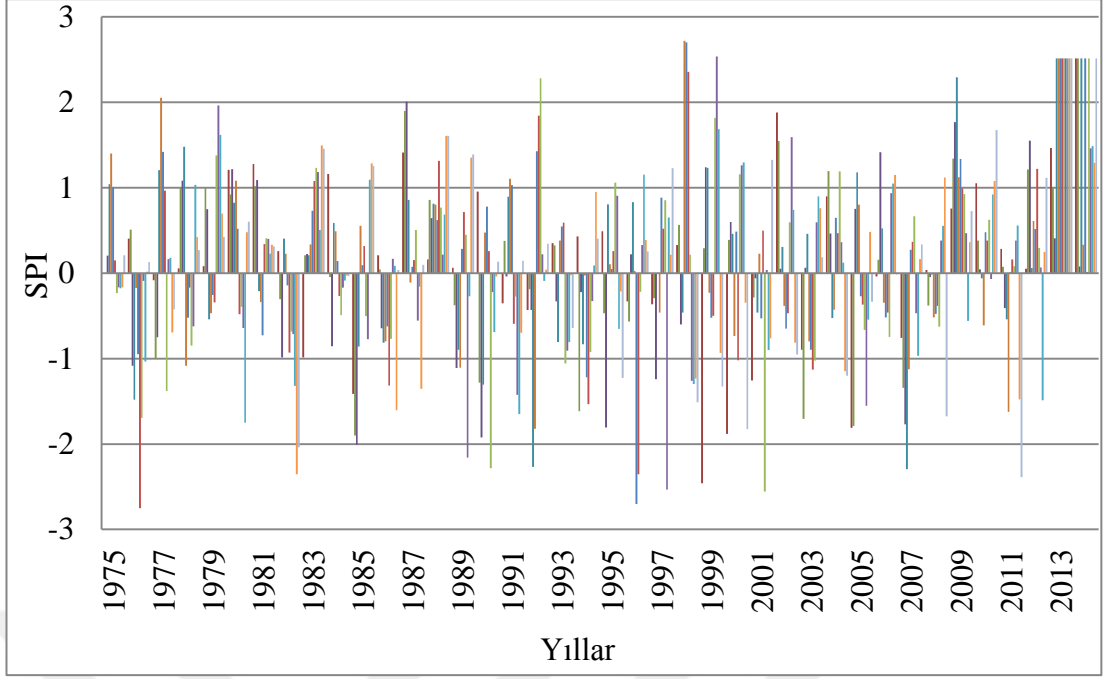
Şekil 5.46. Ürgüp İstasyonu, 1979 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri



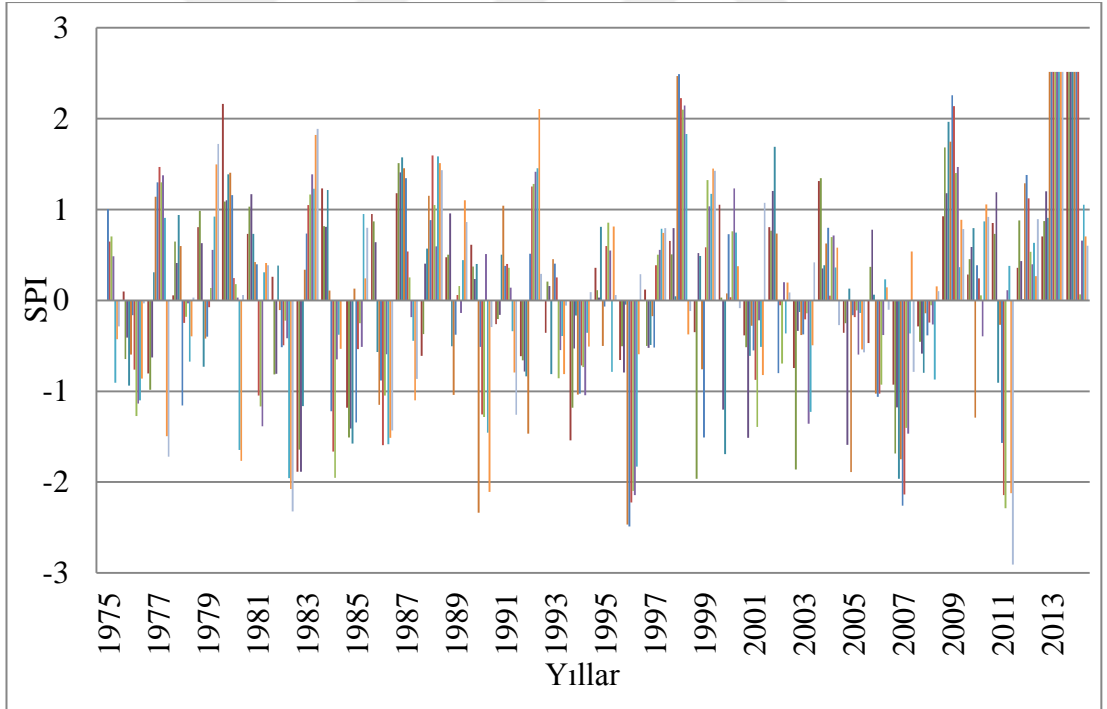
Şekil 5.47. Ürgüp İstasyonu, 1979 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



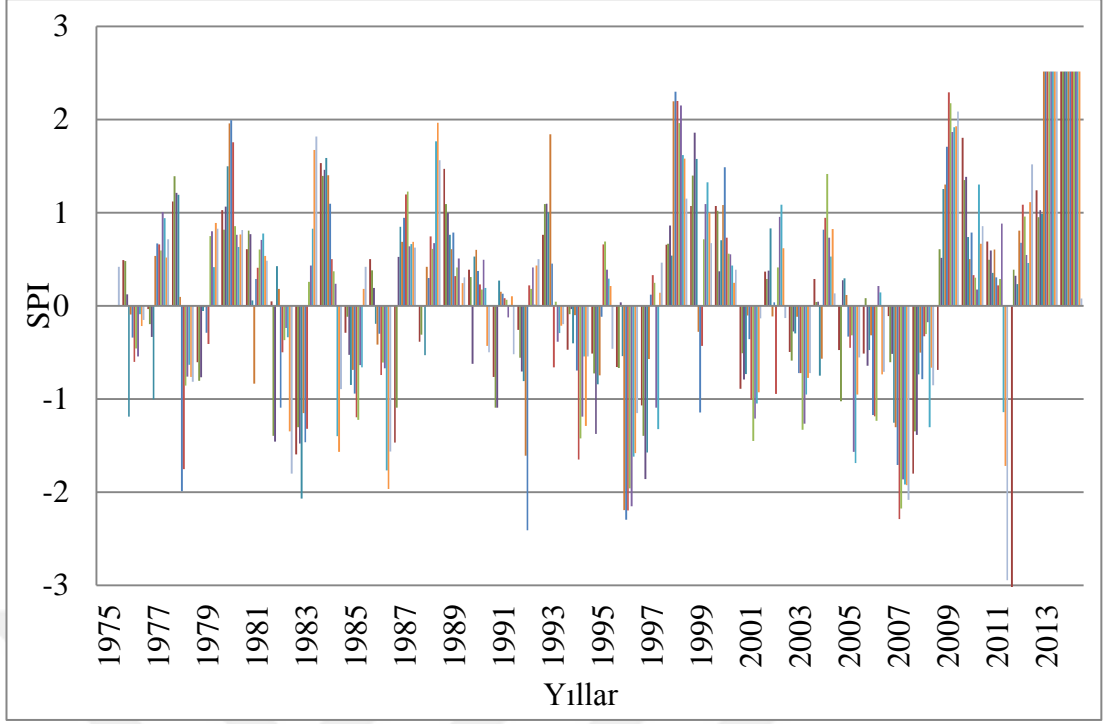
Şekil 5.48. Ürgüp İstasyonu, 1979 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri



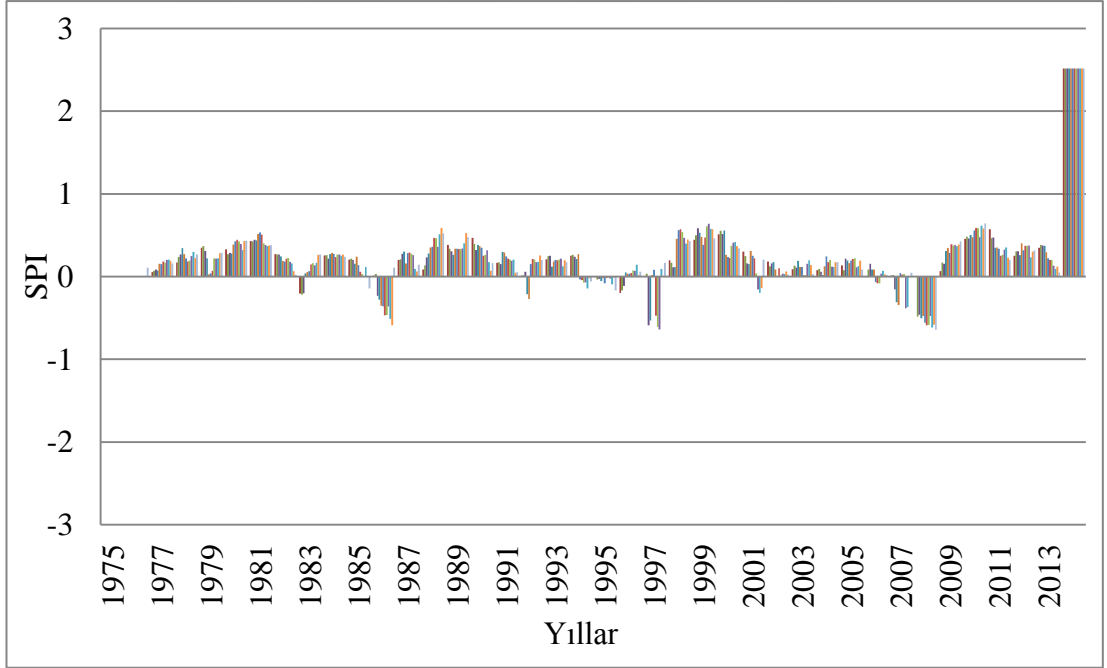
Şekil 5.49. Çorum İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri



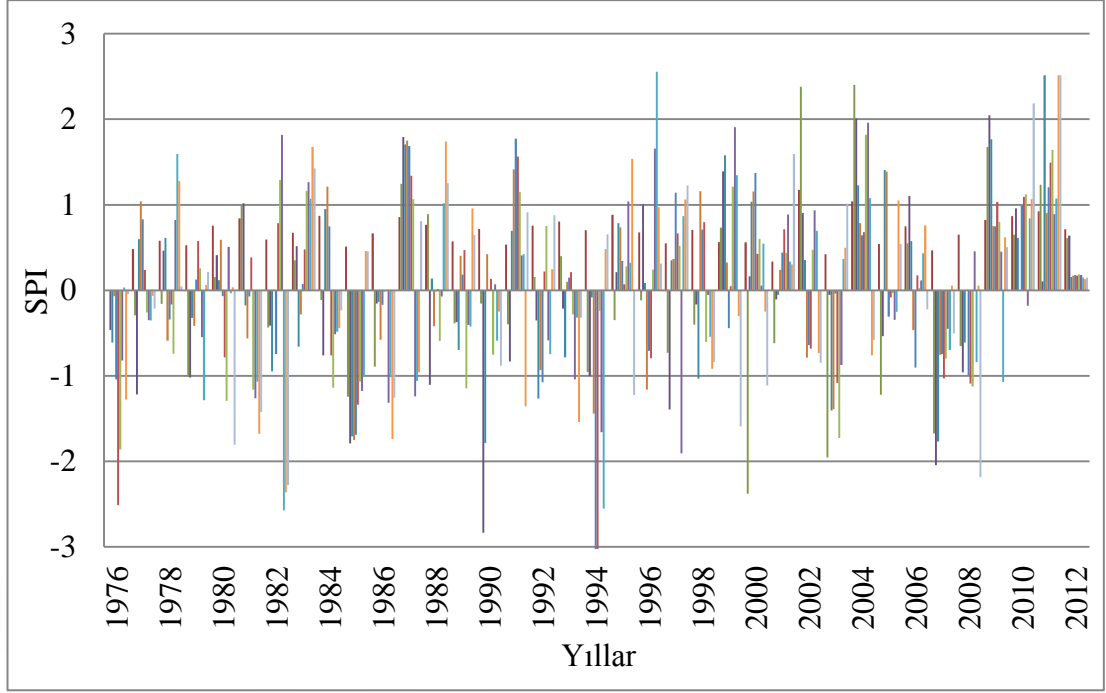
Şekil 5.50. Çorum İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri



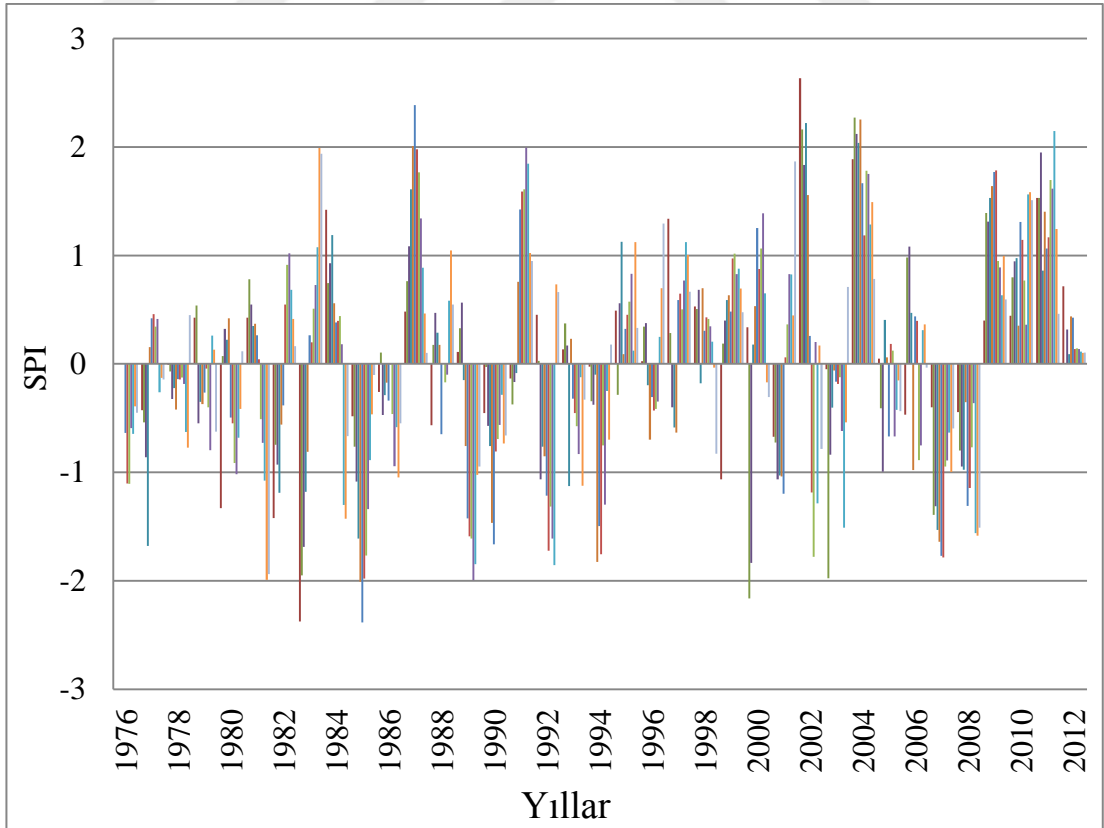
Şekil 5.51. Çorum İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



Şekil 5.52. Çorum İstasyonu, 1975 - 2014 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri

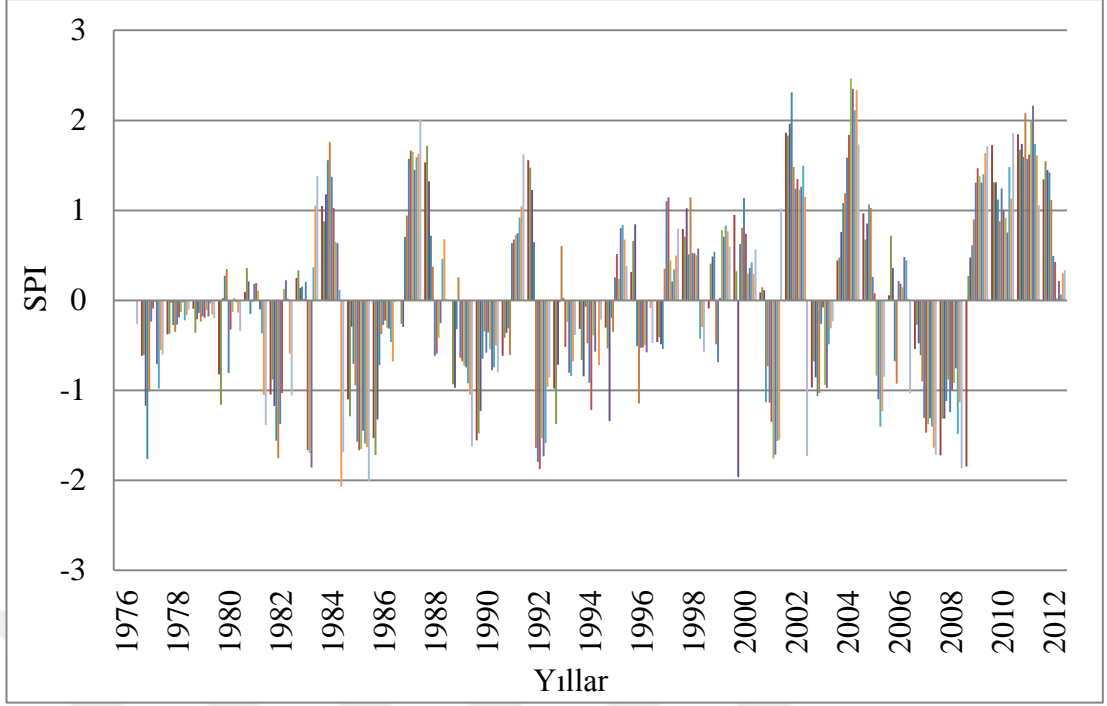


Şekil 5.53. Osmancık İstasyonu, 1976 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri

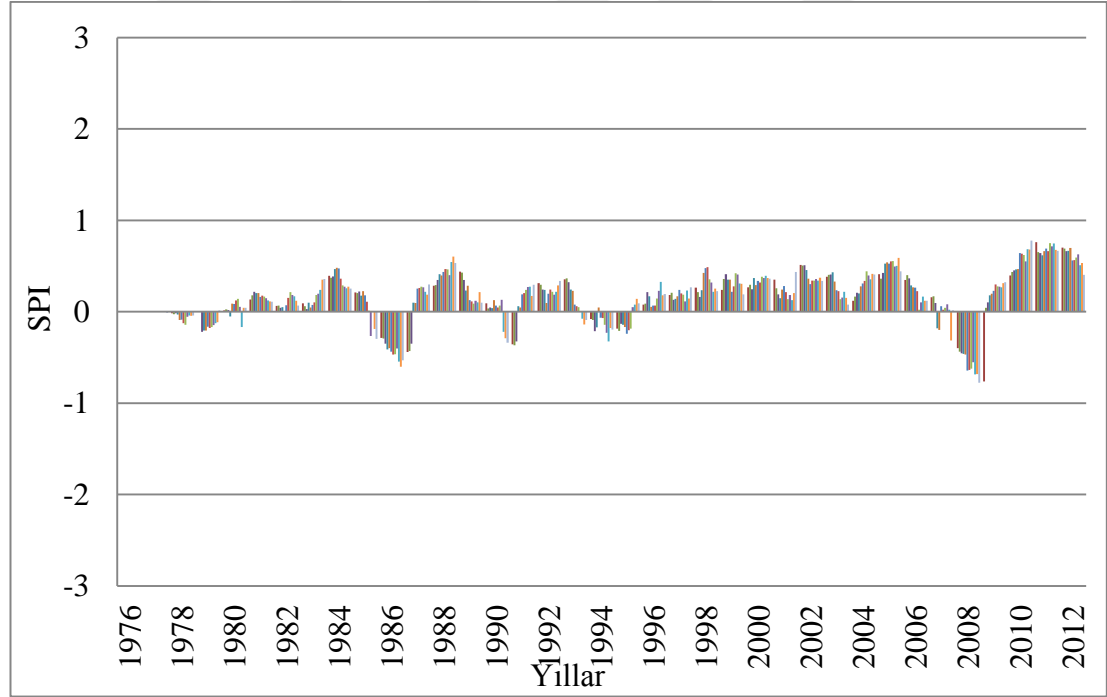


Şekil 5.54. Osmancık İstasyonu, 1976 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri

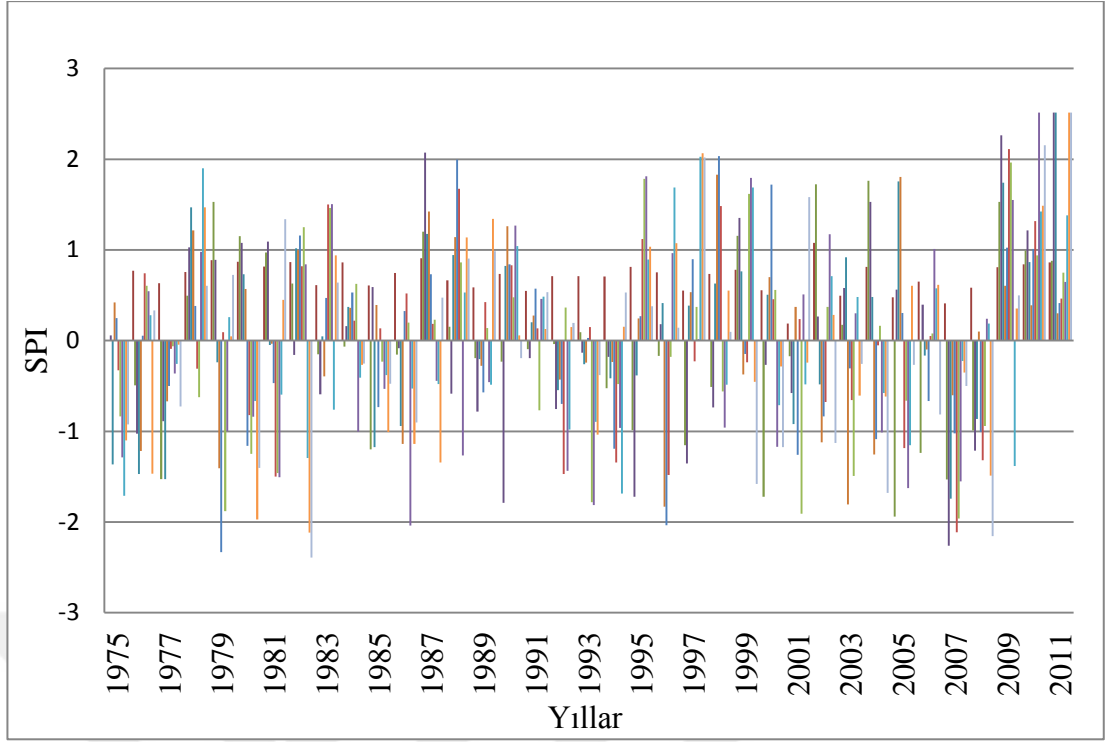




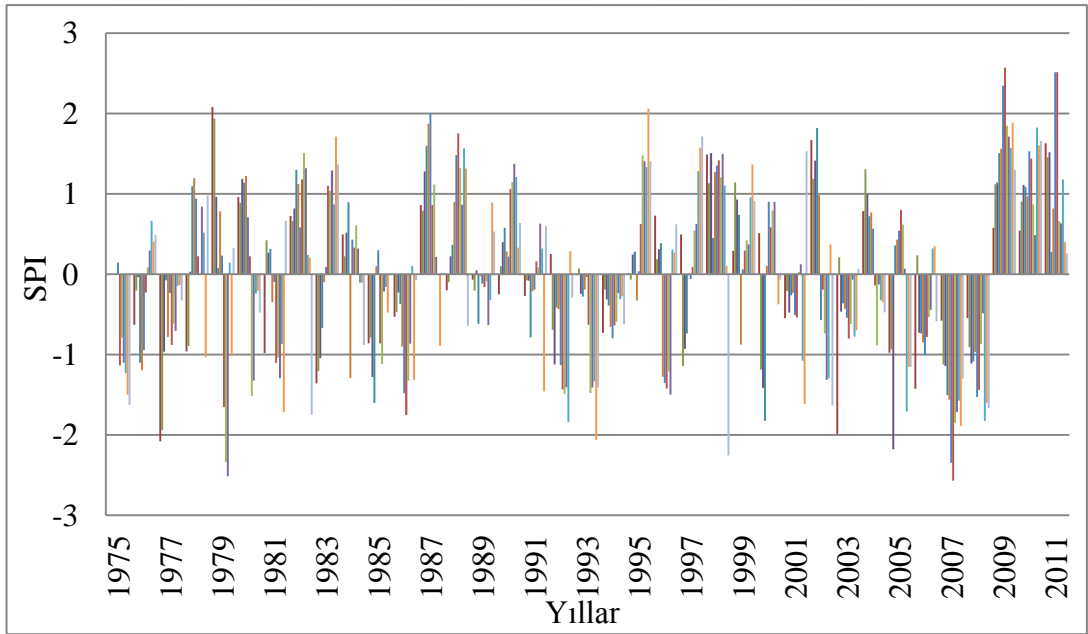
Şekil 5.55. Osmancık İstasyonu, 1976 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



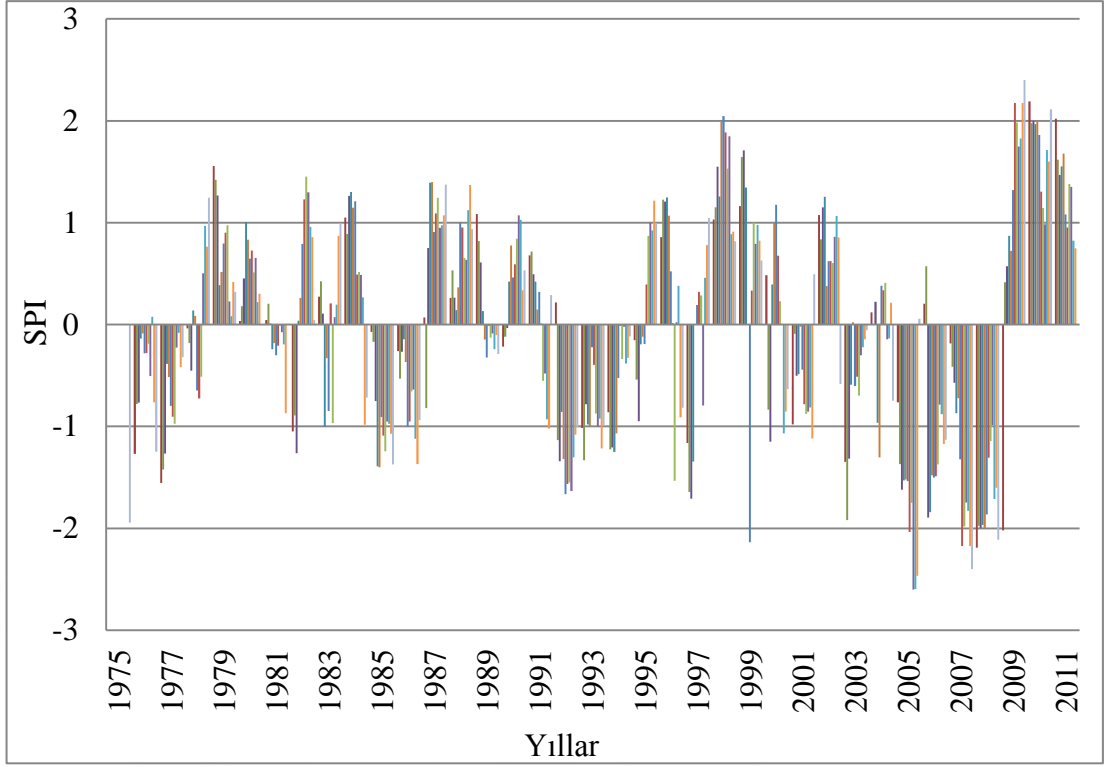
Şekil 5.56. Osmancık İstasyonu, 1976 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri



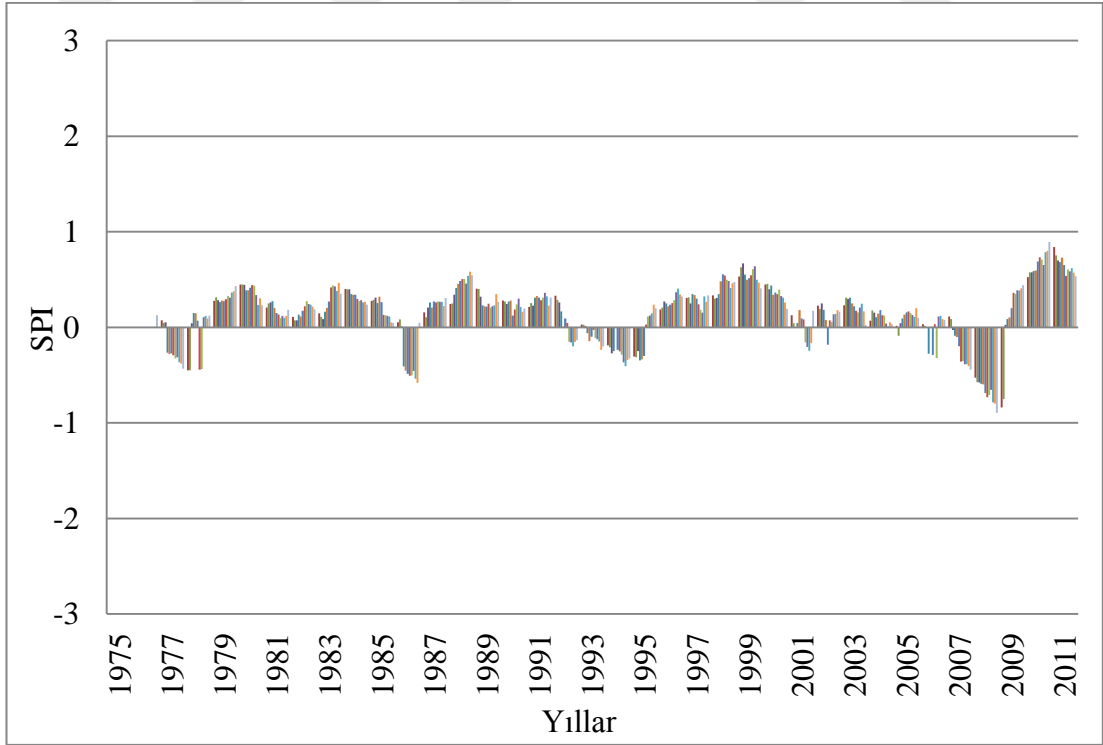
Şekil 5.57. Tosya İstasyonu, 1975 - 2011 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri



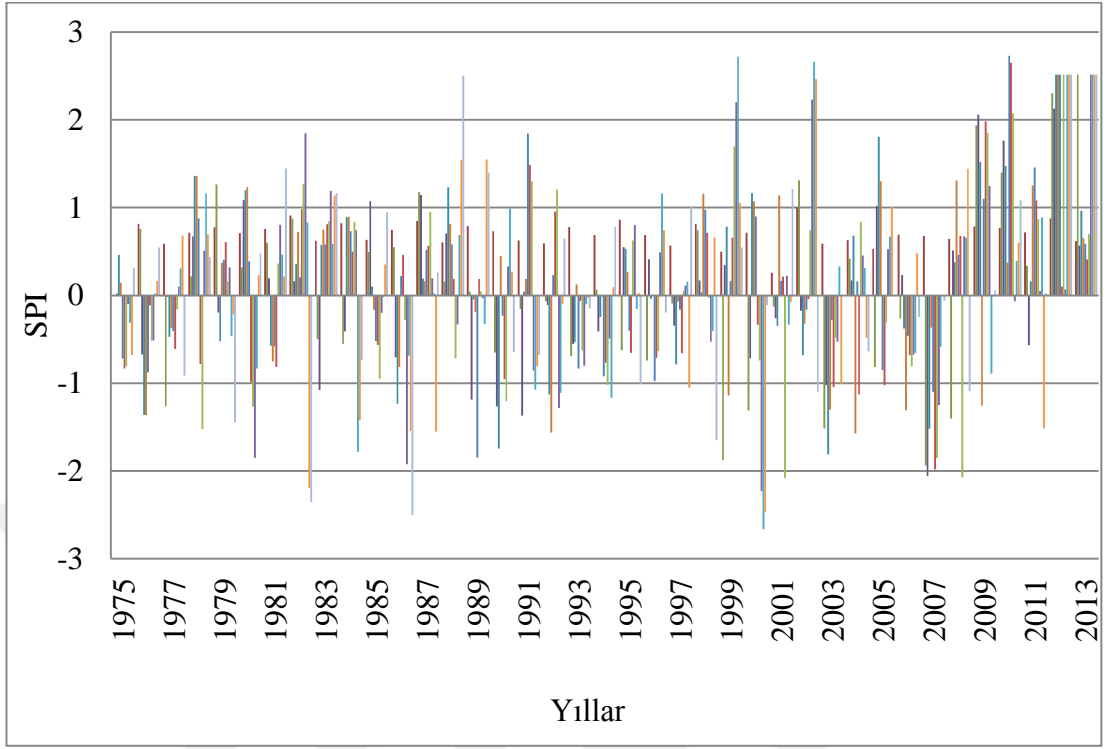
Şekil 5.58. Tosya İstasyonu, 1975 - 2011 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri



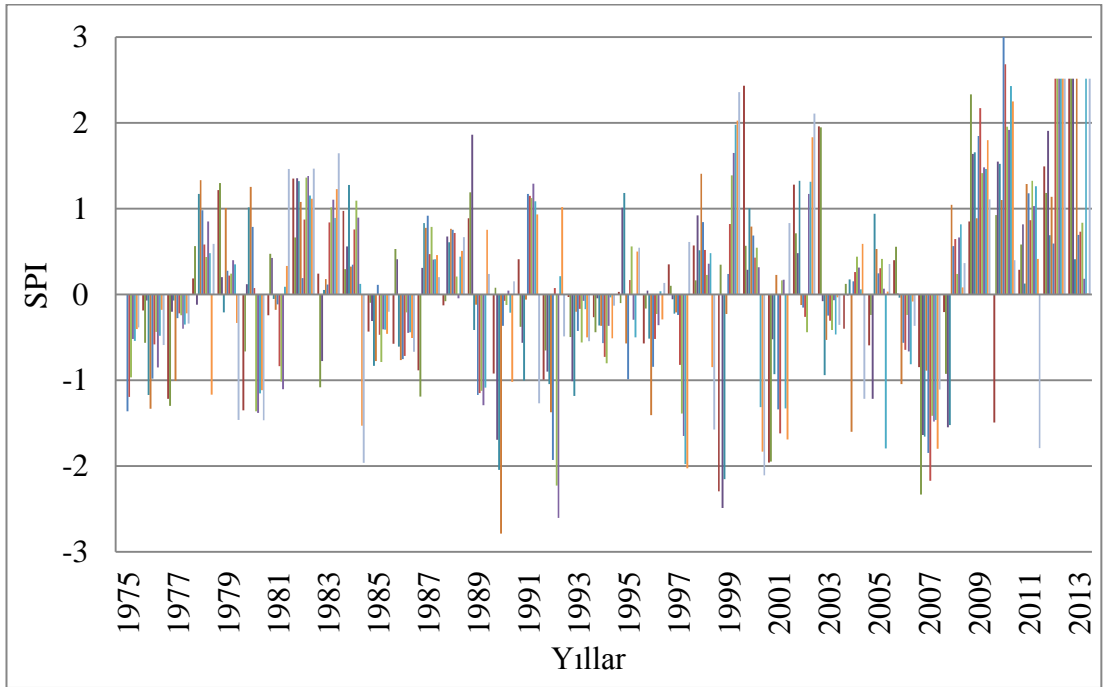
Şekil 5.59. Tosya İstasyonu, 1975 - 2011 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



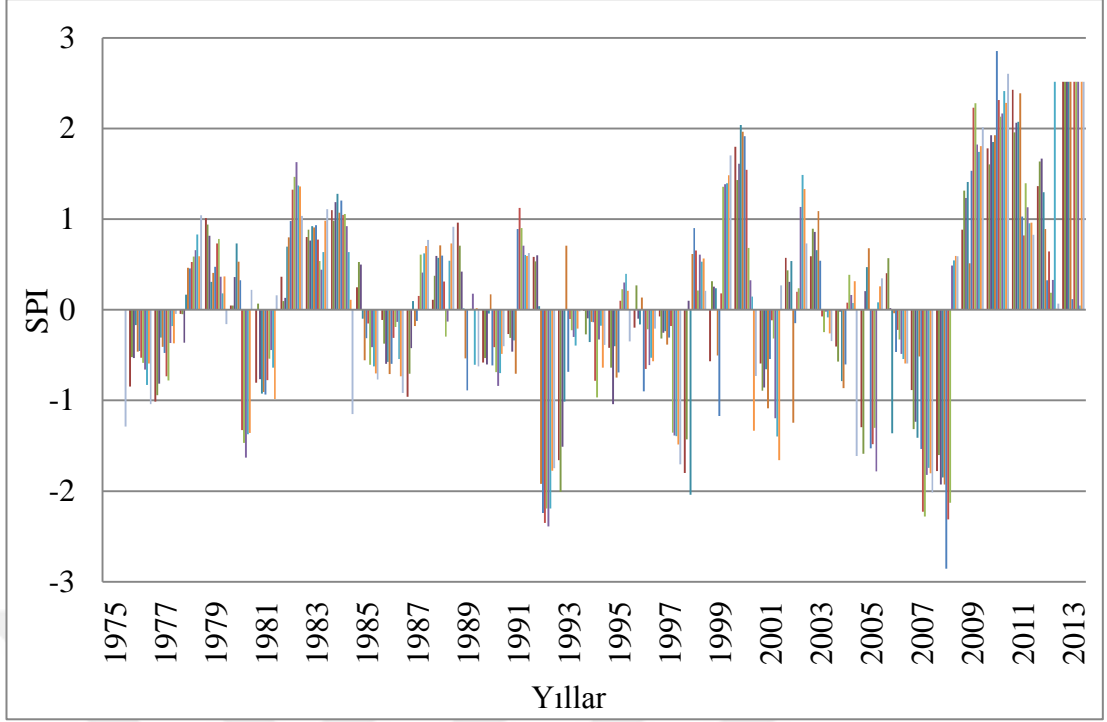
Şekil 5.60. Tosya İstasyonu, 1975 - 2011 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri



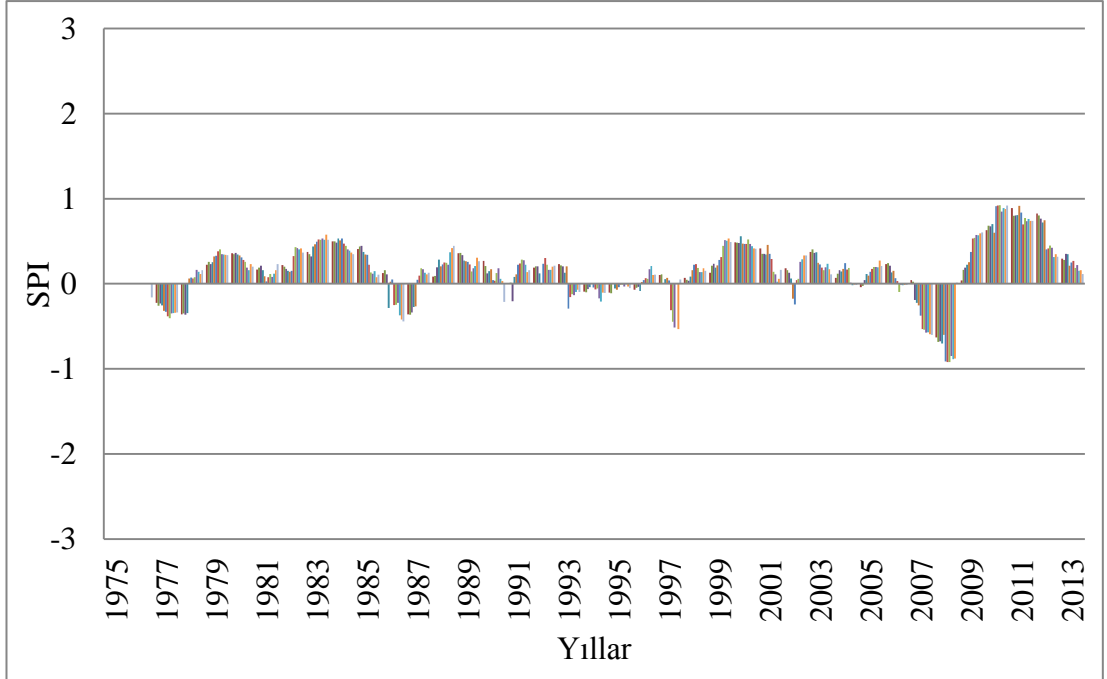
Şekil 5.61. Kastamonu İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri



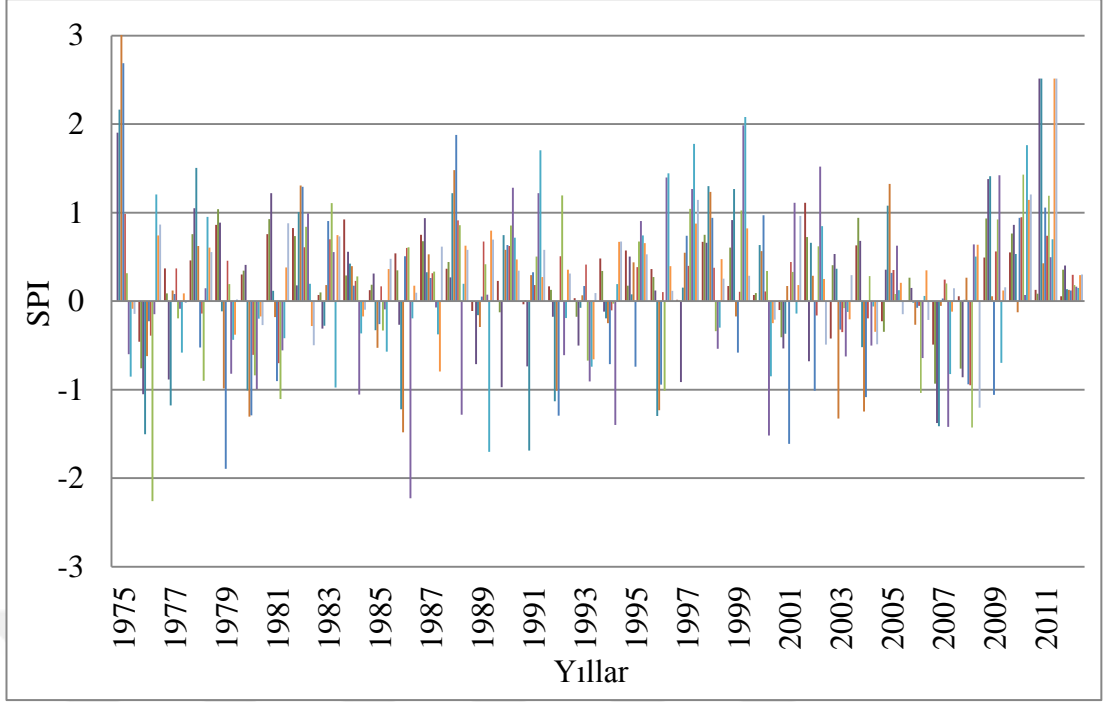
Şekil 5.62. Kastamonu İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri



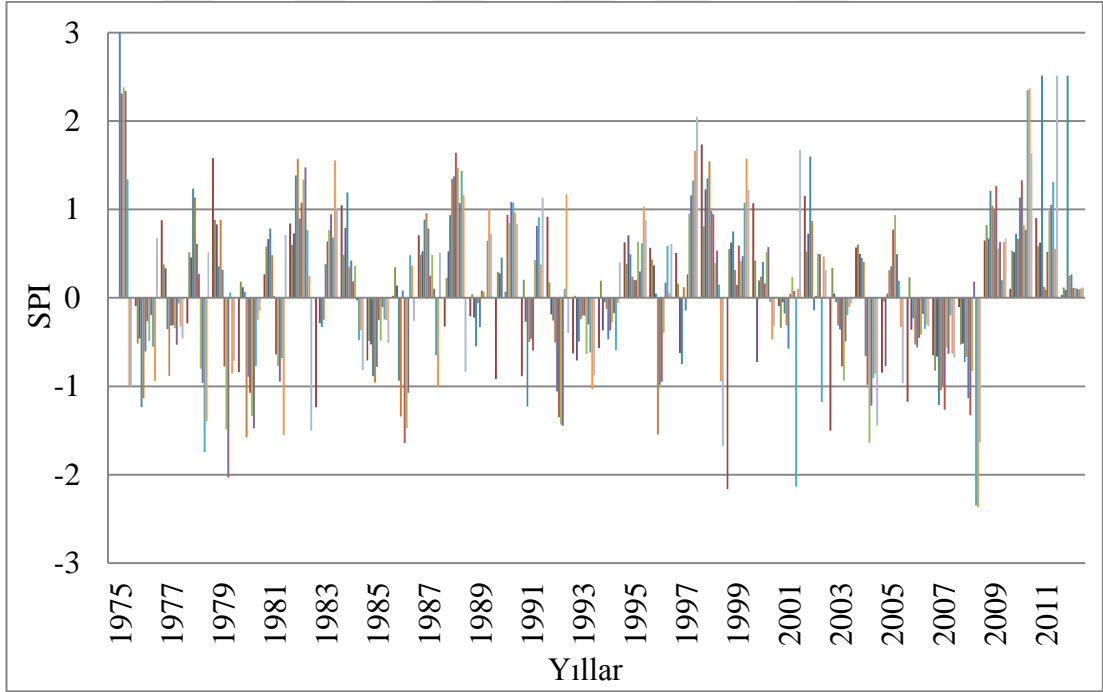
Şekil 5.63. Kastamonu İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



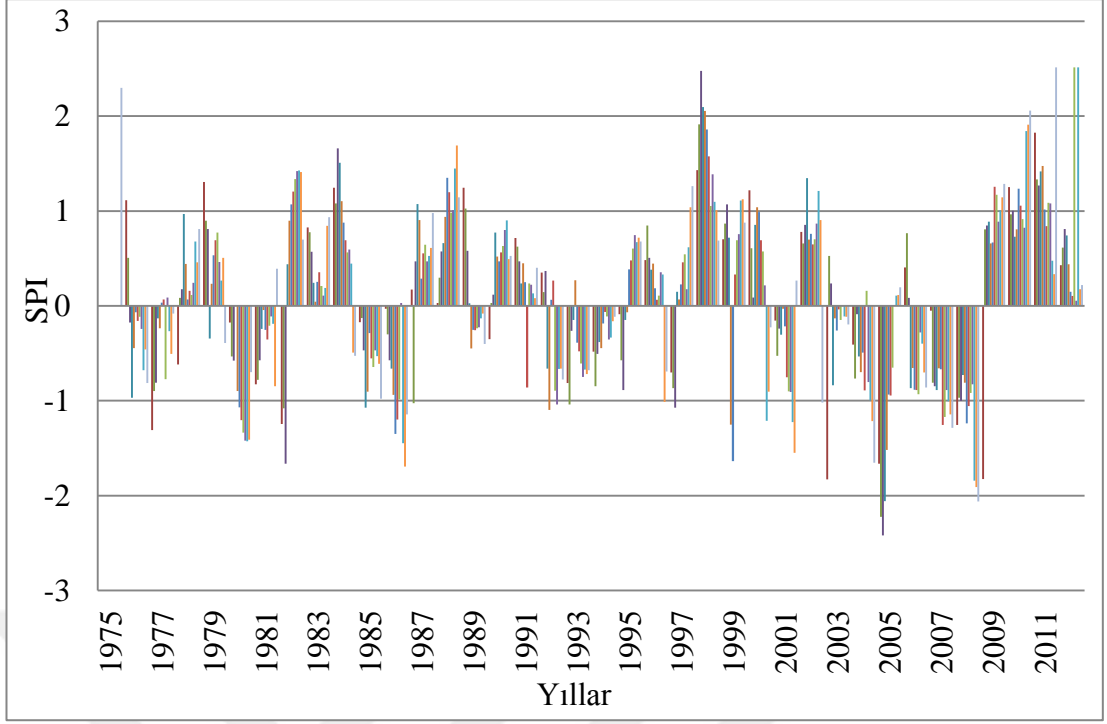
Şekil 5.64. Kastamonu İstasyonu, 1975 - 2013 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri



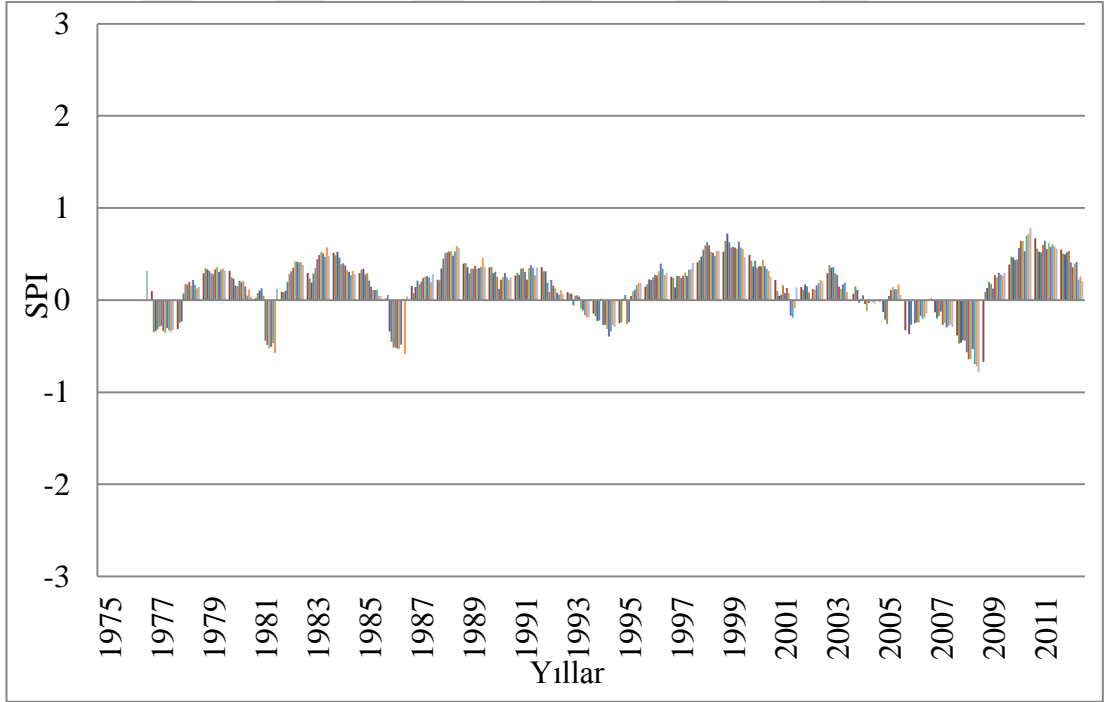
Şekil 5.65. Ilgaz İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri



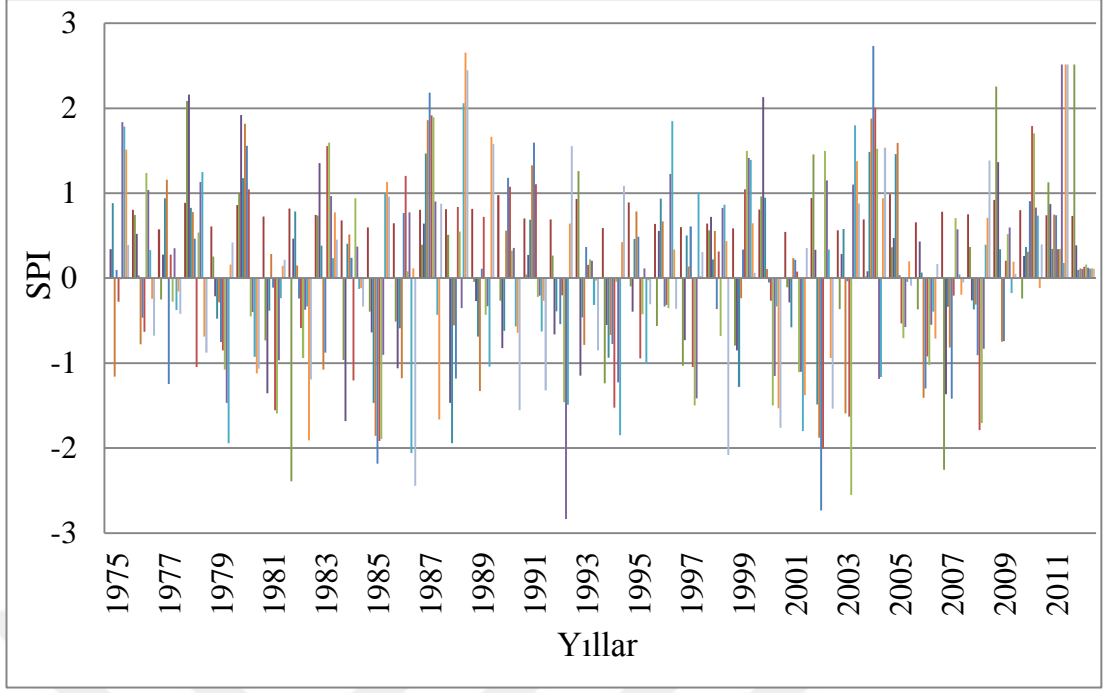
Şekil 5.66. Ilgaz İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri



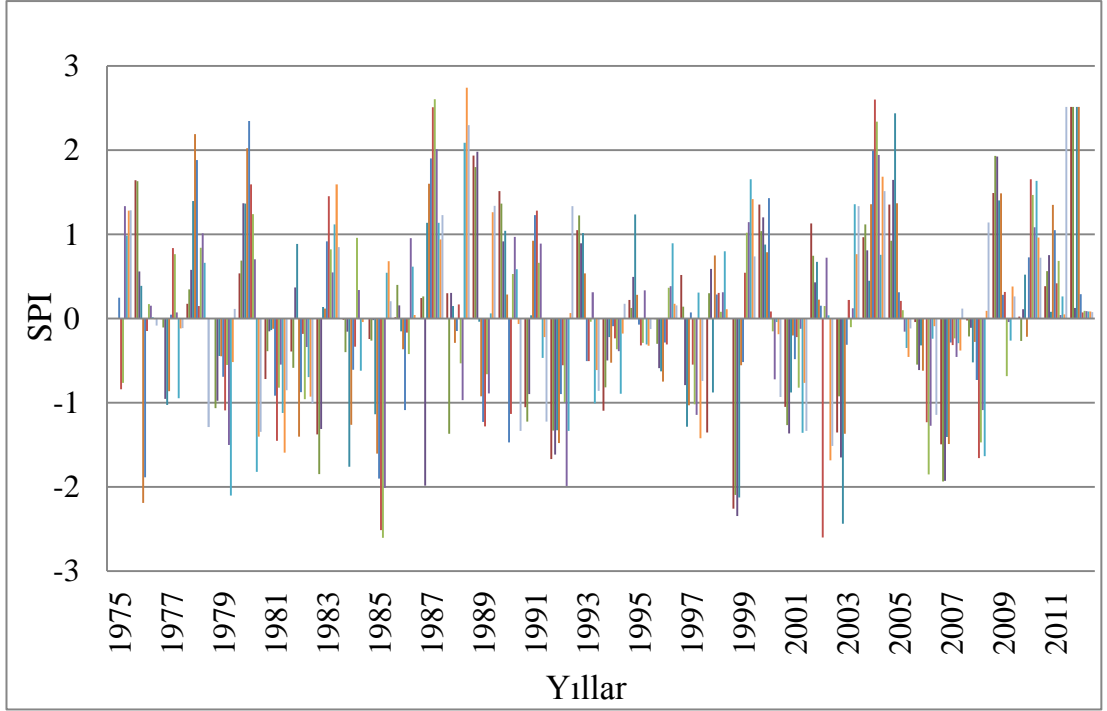
Şekil 5.67. Ilgaz İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



Şekil 5.68. Ilgaz İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri

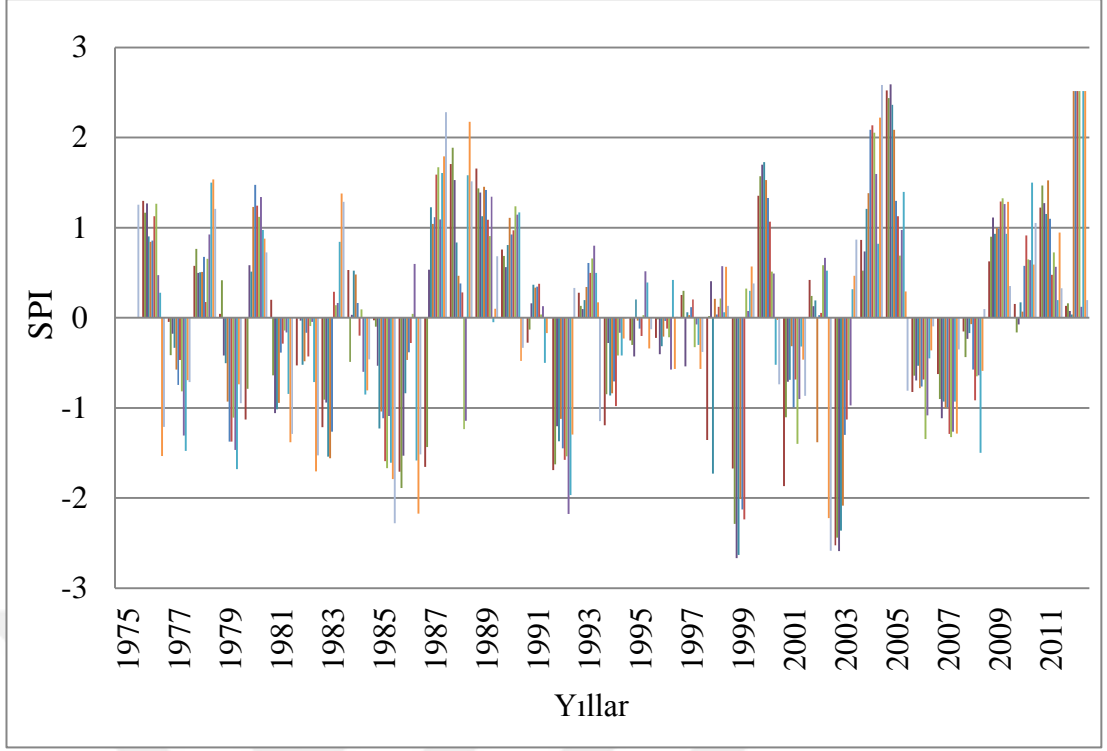


Şekil 5.69. Bafrá İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SPI değerleri

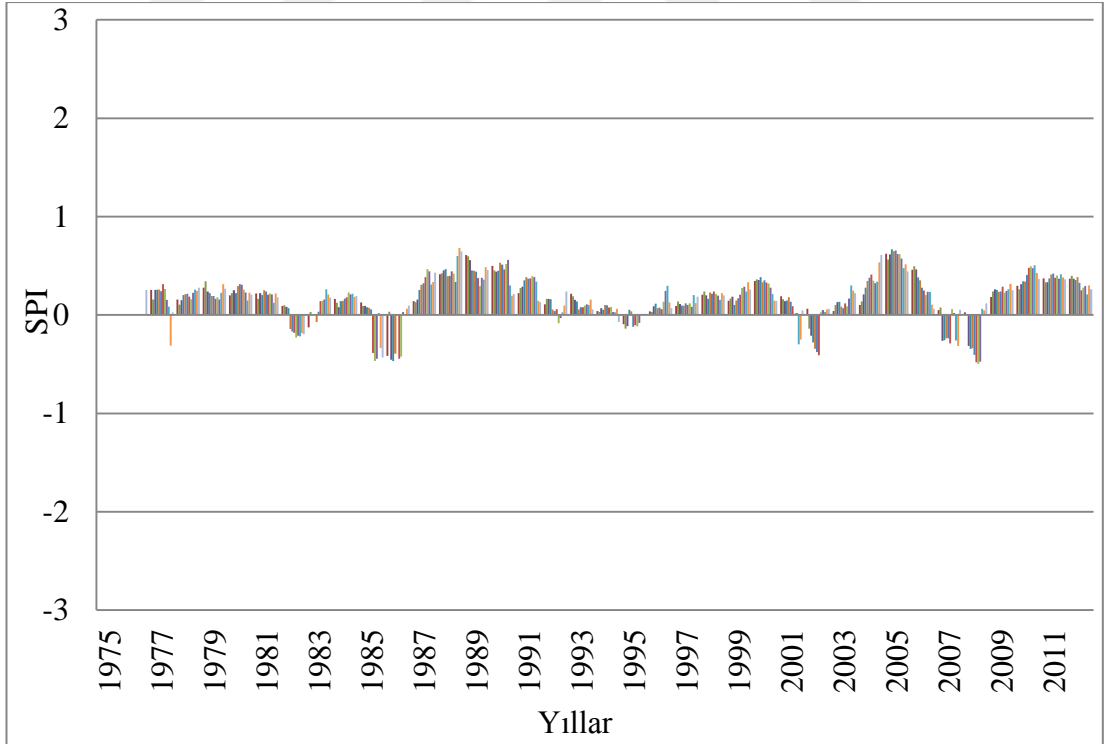


Şekil 5.70. Bafrá İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 6 aylık SPI değerleri





Şekil 5.71. Bafra İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SPI değerleri



Şekil 5.72. Bafra İstasyonu, 1975 - 2012 dönemine ait yağış verilerinin 24 aylık SPI değerleri

## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Derya Selçuk  
Doğum Yeri : Ankara  
Doğum Tarihi : 26.07.1989  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : Rauf Denktaş Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi(2007)  
Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi (2012)  
Yüksek Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı (Eylül 2012 – Şubat 2017)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Ekatek Mühendislik 2012