ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre TOPÇU

L-MOMENTLER VE STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ (SYİ) YARDIMIYLA SEYHAN HAVZASI KURAKLIK ANALİZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2013

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

L-MOMENTLER VE STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ (SYİ) YARDIMIYLA SEYHAN HAVZASI KURAKLIK ANALİZİ

Emre TOPÇU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez ..../01/2013 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....	.....	.....
Doç. Dr. Neslihan SEÇKİN	Prof. Dr. Recep YURTAL	Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Selahattin SERİN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve şekillerin kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

L-MOMENTLER VE STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ (SYİ) YARDIMIYLA SEYHAN HAVZASI KURAKLIK ANALİZİ

Emre TOPÇU

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Neslihan SEÇKİN
Yıl: 2013, Sayfa: 167
Jüri : Prof. Dr. Recep YURTAL
: Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
: Doç. Dr. Neslihan SEÇKİN

Bu çalışmada Seyhan Havzası'nda bulunan 11 meteoroloji gözlem istasyonunun uzun yıllar aylık yağış serileri kullanılarak Standart Yağış İndeksi yöntemi ile havzada kuraklık takibinin yapılması ve L-Momentler tekniği kullanılarak Standart Yağış İndeksi yöntemi ile belirlenen en kurak ayların yağış değerlerine bölgesel frekans analizi uygulanması amaçlanmıştır. Her bir istasyonun 3, 6, 9 ve 12 ay süreli SYİ değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlara göre bütün istasyonlar kuraklık sınırında çıkmıştır. Ortalama SYİ değerlerine göre en nemli istasyon Ulukışla iken en kurak istasyon Karaisalı'dır. Kuraklık frekansı değerine göre ise kuraklığın en çok görüldüğü istasyon Karaisalı iken en az görüldüğü istasyon Tufanbeyli'dir. İstasyonlardan elde edilen sonuçlara göre Seyhan Havzası kuraklık sınırında hafif nemli bir havzadır. Kuraklığın oluşma frekansı % 47.7'dir. Homojen bölgeleri tanımlamak için L-Momentlere dayalı gösterge-sel metodu kullanılmıştır. 3 ve 6 ay süreli minimum yağış serisinde homojen bölgeler elde edilememiştir. 9 aylık seride havza iki kısma ayrılarak homojen alt havzalar elde edilmiştir. 12 aylık seride ise tüm havza homojen çıkmıştır. Sonuçlara göre 9 aylık minimum yağış serisi için homojen iki bölgeye de en iyi uyan dağılımın Pearson Tip 3, 12 aylık yağış serisi için ise Genelleştirilmiş Normal Dağılım olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Seyhan Havzası, Standart Yağış İndeksi (SYİ), Kuraklık L-Momentler, Bölgesel Frekans Analizi

ABSTRACT

MSc THESIS

DROUGHT ANALYSIS OF THE SEYHAN BASIN BY USING STANDART PRECIPITATION INDEX (SPI) AND L-MOMENTS

Emre TOPÇU

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Neslihan SEÇKİN
Year: 2013, Page: 167
Jury : Prof. Dr. Recep YURTAL
: Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
: Assoc. Prof. Dr. Neslihan SEÇKİN

The aims of this study were to: (1) monitor drought in the Seyhan Basin by using Standart Precipitation Index (SPI) based on long-term monthly precipitation records of 11 meteorological stations and (2) carry out regional frequency analysis using L-Moments method based on recorded precipitation data of the most drought month for each year acquired from Standart Precipitation Index method for each station. SPI values of each station for 3, 6, 9 and 12-month time scales were calculated. According to the results, all stations are on the boundary of drought. Research results show that the wettest station is Ulukışla and the most drought station is Karaisalı with respect to the average SPI values. According to the drought frequency values, however, the station that have the highest drought occurrence frequency is the Karaisalı station, whereas the station that have the lowest drought frequency is the Tufanbeyli station. Results show that Seyhan Basin is on the boundary of drought and mildly wet. Drought occurrence frequency is % 47.7. The index flood method based on L-Moments was used for identification of homogenous regions. Homogenous regions for 3 and 6-month time scales minimum precipitation series couldn't be obtained. Homogenous regions for 9-month time scale minimum precipitation series were obtained only by dividing the whole basin into two parts. The whole basin is homogenous for the 12-month time scale minimum precipitation series. According to the results, the Pearson Type 3 distribution is found to be most suitable for two homogenous sub-basins with respect to 9-month time scale minimum precipitation series, whereas the Generalized Normal distribution is found to be most suitable for whole basin with respect to 12- month time scale minimum precipitation series.

Key Words: Seyhan Basin, Standart Precipitation Index (SPI), Drought, L-moments Regional Frequency Analysis

TEŞEKKÜR

Her yönden değişen ve gelişen günümüz dünyasında medyada popülerliğini koruyan ve tartışılan bir konu olan küresel ısınmanın getirdiği en büyük sorunlar arasında yer alan ve içinde yaşadığımız coğrafyayı birinci dereceden etkileyen kuraklık konusunda çalışmamı tavsiye eden, akademik hayata ilk adım olan yüksek lisans tez çalışmasında bana her konuda maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, son derece meşakkatli bir iş olan akademik çalışmalarında sahip olduğu bilgisi ile beni aydınlatan danışmanım Sn. Doç. Dr. Neslihan SEÇKİN'e en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi bu tez çalışmasının stresli aşamalarında da bana destek veren ve sevgilerini hiç eksik etmeyen çok sevdiğim canım aileme şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ X
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 17
2.1. Standart Yağış İndisi (SYİ) ile İlgili Yapılan Çalışmalar 17
2.2. L-Momentler ile İlgili Yapılan Çalışmalar 23
3. MATERYAL VE METOT 31
3.1. Materyal 31
3.1.1. Çalışma Alanı 31
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Verilerin Kaynağı 35
3.1.2.1. Yağış Verileri 35
3.2. Metot 38
3.2.1. Standart Yağış İndisi (SYİ) Yöntemi 39
3.2.1.1. Standart Yağış İndisi Değerlerinin Hesabı 39
3.2.2. L-Momentler Yöntemi 44
3.2.2.1. Gösterge-Sel Metodu (Index-Flood Method) 45
3.2.2.2. L-Momentler Tekniği 54
3.2.3. Dağılımların Parametrelerinin L-Momentler Yöntemi ile Tahmini 56
3.2.3.1. Genelleştirilmiş Extreme Dağılımı (GEV) 56
3.2.3.2. Genelleştirilmiş Lojistik Dağılımı (GLO) 57
3.2.3.3. Genelleştirilmiş Normal Dağılımı (GNO) 57
3.2.3.4. Pearson Tip 3 Dağılımı (PE3) 59
3.2.3.5. Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı (GPA) 60
3.2.3.6. 5 Parametreli Wakeby Dağılımı (WAK) 61
3.2.4. Bilgisayar Programı 64

4. BULGULAR VE TARTIŞMA 65
4.1. İstasyonların Standart Yağış İndisi (SYİ) Analiz Sonuçları 67
4.1.1. Adana İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları 67
4.1.2. Çamardı İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları 74
4.1.3. Feke İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları 81
4.1.4. Karaisalı İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları 87
4.1.5. Karataş İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları 93
4.1.6. Pınarbaşı İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları 99
4.1.7. Pozantı İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları 105
4.1.8. Sarız İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları 111
4.1.9. Tomarza İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları 117
4.1.10. Tufanbeyli İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları 123
4.1.11. Ulukışla İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları 129
4.2. İstasyonların L-Moment Yöntemi Analiz Sonuçları 135
4.2.1. İstasyonların 9 Aylık Dönem İçin L-Moment Analizi 135
4.2.2. İstasyonların 12 Aylık Dönem İçin L-Moment Analizi 141
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 145
KAYNAKLAR 153
ÖZGEÇMİŞ 159
EKLER 161

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarının DMİ istasyon numaraları ve kayıt yılları 36
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarının ortalama deniz seviyesinden yükseklikleri ve koordinatları 37
Çizelge 3.3. SYİ kuraklık indeksine göre kuraklık sınıflandırması 43
Çizelge 3.4. Diskordant istatistiği (Di) için kritik değerler 47
Çizelge 3.5. Xtest program verilerinin hazırlanması 64
Çizelge 4.1. Adana istasyonunda 3, 6, 9, 12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar 68
Çizelge 4.2. Çamardı istasyonunda 3, 6, 9, 12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar 75
Çizelge 4.3. Feke istasyonunda 3, 6, 9, 12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar 81
Çizelge 4.4. Karaisalı istasyonunda 3, 6, 9, 12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar 87
Çizelge 4.5. Karataş istasyonunda 3, 6, 9, 12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar 93
Çizelge 4.6. Pınarbaşı istasyonunda 3, 6, 9, 12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar 99
Çizelge 4.7. Pozantı istasyonunda 3, 6, 9, 12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar 105
Çizelge 4.8. Sarız istasyonunda 3, 6, 9, 12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar 111
Çizelge 4.9. Tomarza istasyonunda 3, 6, 9, 12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar 117
Çizelge 4.10. Tufanbeyli istasyonunda 3, 6, 9, 12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar 123
Çizelge 4.11. Ulukışla istasyonunda 3, 6, 9, 12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar 129

Çizelge 4.12. İstasyonların 9 aylık 1.bölge için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri 136
Çizelge 4.13. İstasyonların 9 aylık 2.bölge için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri 136
Çizelge 4.14. 9 aylık süre için bölgelerin heterojenlik ölçüleri (H) ve Z uygunluk testi sonuçları 136
Çizelge 4.15. Dağılımların parametreleri 137
Çizelge 4.16. 9 aylık süre için 1.bölgenin dönüş periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımının tekerrür fonksiyonu değerleri 137
Çizelge 4.17. 9 aylık süre için 1.bölgenin dönüş periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımının tekerrür fonksiyonu değerleri (devamı) 138
Çizelge 4.18. 9 aylık süre için 2.bölgenin dönüş periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımının tekerrür fonksiyonu değerleri 139
Çizelge 4.19. 9 aylık süre için 2.bölgenin dönüş periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımının tekerrür fonksiyonu değerleri (devamı) 139
Çizelge 4.20. 9 aylık sürede 1.bölge istasyonlarının minimum SYİ değerleri ve görüldükleri yıllar 140
Çizelge 4.21. 9 aylık sürede 2.bölge istasyonlarının minimum SYİ değerleri ve görüldükleri yıllar 141
Çizelge 4.22. İstasyonların 12 aylık süre için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri 141
Çizelge 4.23. 12 aylık süre için bölgelerin heterojenlik ölçüleri (H) ve Z uygunluk testi sonuçları 142
Çizelge 4.24. Dağılımların parametreleri 142
Çizelge 4.25. 12 aylık süre için dönüş periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımının tekerrür fonksiyonu değerleri 142

Çizelge 4.26. 12 aylık sürede tüm istasyonların minimum SYİ değerleri
ve görüldükleri yıllar 143

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Kenya'da görülen olağanüstü kuraklık nedeniyle tükenen hayvan populasyonu 3
Şekil 1.2. İklim değişikliği ve neden olduğu kuraklık şeması 7
Şekil 1.3. Güneş lekelerinin yıllara göre değişimi 9
Şekil 1.4. Kuzey ve güney yarım kürede 140 yılda ortalama sıcaklığın değişimi. 10
Şekil 1.5. Bölgelerin ardışık 30 yıllık ortalama sıcaklıkları..... 12
Şekil 1.6. Bölgelerin ardışık 30 yıllık yağış ortalamaları..... 13
Şekil 3.1. Seyhan Havzası'nın Türkiye'deki konumu 31
Şekil 3.2. Seyhan Havzası coğrafi yapısı 32
Şekil 3.3. Seyhan Havzası'nda yıllık ortalama sıcaklık dağılımı..... 34
Şekil 3.4. Seyhan Havzası'nda yıllık ortalama yağış dağılımı..... 35
Şekil 3.5. Seyhan Havzası'nda kullanılan istasyonların konumu 36
Şekil 3.6. Uyumsuzluk için tanım grafiği 46
Şekil 4.1. Seyhan Havzası'ndaki istasyonların yıllık ortalama yağış miktarları..... 66
Şekil 4.2. Seyhan Havzası'ndaki istasyonların yıllık maksimum yağış miktarları ve görüldüğü yıllar 66
Şekil 4.3. Seyhan Havzası'ndaki istasyonların yıllık minimum yağış miktarları ve görüldüğü yıllar 67
Şekil 4.4. Adana istasyonunun 3, 6, 9, 12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları 69
Şekil 4.5. Adana istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 70
Şekil 4.6. Adana istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 70
Şekil 4.7. Adana istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 71
Şekil 4.8. Adana istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 71

Şekil 4.9. Adana istasyonu 3 aylık SYİ değerleri 72
Şekil 4.10. Adana istasyonu 6 aylık SYİ değerleri 73
Şekil 4.11. Adana istasyonu 9 aylık SYİ değerleri 73
Şekil 4.12. Adana istasyonu 12 aylık SYİ değerleri 74
Şekil 4.13. Çamardı istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları 76
Şekil 4.14. Çamardı istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 77
Şekil 4.15. Çamardı istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 77
Şekil 4.16. Çamardı istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 78
Şekil 4.17. Çamardı istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 78
Şekil 4.18. Çamardı istasyonu 3 aylık SYİ değerleri 79
Şekil 4.19. Çamardı istasyonu 6 aylık SYİ değerleri 79
Şekil 4.20. Çamardı istasyonu 9 aylık SYİ değerleri 80
Şekil 4.21. Çamardı istasyonu 12 aylık SYİ değerleri 80
Şekil 4.22. Feke istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları 82
Şekil 4.23. Feke istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 83
Şekil 4.24. Feke istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 83
Şekil 4.25. Feke istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 84
Şekil 4.26. Feke istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 84
Şekil 4.27. Feke istasyonu 3 aylık SYİ değerleri 85
Şekil 4.28. Feke istasyonu 6 aylık SYİ değerleri 85
Şekil 4.29. Feke istasyonu 9 aylık SYİ değerleri 86

Şekil 4.30. Feke istasyonu 12 aylık SYİ değerleri 86
Şekil 4.31. Karaisalı istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları 88
Şekil 4.32. Karaisalı istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 89
Şekil 4.33. Karaisalı istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 89
Şekil 4.34. Karaisalı istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 90
Şekil 4.35. Karaisalı istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 90
Şekil 4.36. Karaisalı istasyonu 3 aylık SYİ değerleri 91
Şekil 4.37. Karaisalı istasyonu 6 aylık SYİ değerleri 91
Şekil 4.38. Karaisalı istasyonu 9 aylık SYİ değerleri 92
Şekil 4.39. Karaisalı istasyonu 12 aylık SYİ değerleri 92
Şekil 4.40. Karataş istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları 94
Şekil 4.41. Karataş istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 95
Şekil 4.42. Karataş istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 95
Şekil 4.43. Karataş istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 96
Şekil 4.44. Karataş istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 96
Şekil 4.45. Karataş istasyonu 3 aylık SYİ değerleri 97
Şekil 4.46. Karataş istasyonu 6 aylık SYİ değerleri 97
Şekil 4.47. Karataş istasyonu 9 aylık SYİ değerleri 98
Şekil 4.48. Karataş istasyonu 12 aylık SYİ değerleri 98
Şekil 4.49. Pınarbaşı istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları 100

Şekil 4.50. Pınarbaşı istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 101
Şekil 4.51. Pınarbaşı istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 101
Şekil 4.52. Pınarbaşı istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 102
Şekil 4.53. Pınarbaşı istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 102
Şekil 4.54. Pınarbaşı istasyonu 3 aylık SYİ değerleri 103
Şekil 4.55. Pınarbaşı istasyonu 6 aylık SYİ değerleri 103
Şekil 4.56. Pınarbaşı istasyonu 9 aylık SYİ değerleri 104
Şekil 4.57. Pınarbaşı istasyonu 12 aylık SYİ değerleri 104
Şekil 4.58. Pozantı istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları 106
Şekil 4.59. Pozantı istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 107
Şekil 4.60. Pozantı istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 107
Şekil 4.61. Pozantı istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 108
Şekil 4.62. Pozantı istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 108
Şekil 4.63. Pozantı istasyonu 3 aylık SYİ değerleri 109
Şekil 4.64. Pozantı istasyonu 6 aylık SYİ değerleri 109
Şekil 4.65. Pozantı istasyonu 9 aylık SYİ değerleri 110
Şekil 4.66. Pozantı istasyonu 12 aylık SYİ değerleri 110
Şekil 4.67. Sarız istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları 112
Şekil 4.68. Sarız istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 113

Şekil 4.69. Sarız istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 113
Şekil 4.70. Sarız istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 114
Şekil 4.71. Sarız istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 114
Şekil 4.72. Sarız istasyonu 3 aylık SYİ değerleri 115
Şekil 4.73. Sarız istasyonu 6 aylık SYİ değerleri 115
Şekil 4.74. Sarız istasyonu 9 aylık SYİ değerleri 116
Şekil 4.75. Sarız istasyonu 12 aylık SYİ değerleri 116
Şekil 4.76. Tomarza istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları 118
Şekil 4.77. Tomarza istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 119
Şekil 4.78. Tomarza istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 119
Şekil 4.79. Tomarza istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 120
Şekil 4.80. Tomarza istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 120
Şekil 4.81. Tomarza istasyonu 3 aylık SYİ değerleri 121
Şekil 4.82. Tomarza istasyonu 6 aylık SYİ değerleri 121
Şekil 4.83. Tomarza istasyonu 9 aylık SYİ değerleri 122
Şekil 4.84. Tomarza istasyonu 12 aylık SYİ değerleri 122
Şekil 4.85. Tufanbeyli istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları 124
Şekil 4.86. Tufanbeyli istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi..... 125
Şekil 4.87. Tufanbeyli istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 125

Şekil 4.88. Tufanbeyli istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 126
Şekil 4.89. Tufanbeyli istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 126
Şekil 4.90. Tufanbeyli istasyonu 3 aylık SYİ değerleri 127
Şekil 4.91. Tufanbeyli istasyonu 6 aylık SYİ değerleri 127
Şekil 4.92. Tufanbeyli istasyonu 9 aylık SYİ değerleri 128
Şekil 4.93. Tufanbeyli istasyonu 12 aylık SYİ değerleri 128
Şekil 4.94. Ulukışla istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları 130
Şekil 4.95. Ulukışla istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 131
Şekil 4.96. Ulukışla istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 131
Şekil 4.97. Ulukışla istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 132
Şekil 4.98. Ulukışla istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi 132
Şekil 4.99. Ulukışla istasyonu 3 aylık SYİ değerleri 133
Şekil 4.100. Ulukışla istasyonu 6 aylık SYİ değerleri 133
Şekil 4.101. Ulukışla istasyonu 9 aylık SYİ değerleri 134
Şekil 4.102. Ulukışla istasyonu 12 aylık SYİ değerleri 134
Şekil 4.103. 9 aylık süre için 1.bölgeye ait frekans eğrileri (Büyüme Eğrisi) 138
Şekil 4.104. 9 aylık süre için 2.bölgeye ait frekans eğrileri (Büyüme Eğrisi) 140
Şekil 4.105. 12 aylık süre için havzaya ait frekans eğrileri (Büyüme Eğrisi)..... 143

1. GİRİŞ

Kuraklık, coğrafi bir bölgede güncel yağışlarda meydana gelen eksiklik veya azalma nedeniyle görülen alışılmadık kuru hava koşulu ya da dönemi olarak tanımlanabilir. Kuraklığın olduğu bölgede yağış eksikliği vardır. Kuraklık iklimsel bir olaydır. Fakat kuraklığın karakteristikleri bölgeden bölgeye, havzadan havzaya değişiklik gösterir. Kuraklık sinsi ve yavaş gelişen bir doğa felaketidir. Bazı araştırmacılar kuraklığı 'emekleyen fenomen' olarak da adlandırırlar. Kuraklık denince insanların aklına en basitinden sıcak hava ve yağmurun yağmaması gelir. Sadece yağışın olmaması değil, insanların talep ettikleri su miktarının yetersiz kalması da kuraklık olarak adlandırılır. Ancak, bilimsel anlamdaki tanımı daha karışıktır.

Kuraklık genellikle, insanların yaşam tarzlarını, aktivitelerini etkiler ve kullanılabilir su kaynaklarında azalmayla sonuçlanır. Su temin edilen doğal hazneler tükenir, su alınan kuyular kurur ve nihayetinde bu kaynaklardan su ihtiyacını gideren tarımsal ürünler zarara uğrar veya yetişemez. Eğer su kaynakları kirlenirse ya da kirletilirse insanların yaşam kaynağı olan su için arz-talep dengesi bozulacağından bir çeşit kuraklık oluşur. Kuraklığın ciddiyeti su kaynaklarındaki azalma miktarına, kuraklıktan etkilenen bölgenin büyüklüğüne ve kurak geçen periyodun sıcaklığına göre değerlendirilir. Hindistan gibi gelişmekte olan pek çok ülkede insanlar su kaynaklarına büyük ölçüde talep göstermektedirler. Sadece kuraklıktan kaynaklı su yetersizliği değil, aşırı sıcaklık da insanları öldürmektedir. Yağışların oluşması genellikle okyanuslardan ya da nemin taşınabileceği kaynaklardan rüzgarlarla taşınan su buharına bağlıdır. Eğer nem taşıyan rüzgarlar kurak bölgelerden esen rüzgarlarla yer değiştirirlerse ya da antisiklonların merkezinde aşağı yönde hareket ederlerse hava anormal derecede kuru ve bulutsuz olmaktadır. Eğer kuraklık kısa ise, kurak dönem olarak adlandırılır. Kurak dönem genellikle yağışın görülmediği en az 14 günlük süredir. Bazı kuraklıklar yıllarca sürebilmektedir. İstatistikler her 22 yılda bir Amerika kıtasında özellikle orta-batı kısımları etkileyen hatırı sayılır kuraklığın görüldüğünü göstermektedir. Kuraklığın bu kadar şiddetli olmasında aşırı nüfus, fazla tarım ürünü yetiştirmek ve güvenilir, hassas ölçümlerin yapılmaması neden

olmuştur. Kuraklık güvenilir bir şekilde tahmin edilememesine rağmen, kuraklık riski içerisinde olan bazı bölgelerde kesin önlemler alınabilir. Bu önlemler acil su ihtiyacı gerektiğinde suyun temin edilebileceği rezervuarlar inşa etmek, hayvanları aşırı otlatmamak ve gereksiz tarım arazileri açarak ihtiyaçtan fazla ürün elde edilmesini önlemek ya da kuraklığa eğilimli olan bölgelerde insanların yerleşim yeri kurmasının sınırlandırılması olabilir. Güney Afrika Kalkınma Topluluğu kuraklık için, bölgedeki ürün ve yiyecek durumunu takip etmektedir ve kriz durumunda insanları uyarmaktadır. Kuraklık görüldüğü bölgede sosyal, çevresel ve ekonomik yaşam standardı üzerinde çok sayıda olumsuz etkilere neden olur. Kuraklığın etkileri fiziksel zarardan ötedir.

Kuraklık yalnızca fiziksel bir olay veya bir doğa olayı olarak görülmemelidir. Onun, insan ve faaliyetlerinin su kaynaklarına olan bağımlılığı nedeniyle toplum üzerinde çeşitli etkileri vardır. Uzun süreli kuru havalar, havadaki nem miktarını azaltarak toprak ve su kaynakları üzerinde olumsuz etkilere ve ciddi çevresel, ekonomik ve sosyal problemlerin ortaya çıkmasına neden olur. Çok yavaş gelişerek belirli bir süreçte oluşan bu doğal olayın süresi uzadıkça sonuçları da çok tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır. Esas olarak yağış yetersizliğine bağlı olarak su azlığıyla ortaya çıkan kuraklık, üretimde azalmaya, yetersiz beslenmeye; sonuçta kıtlık, açlık ve ölümlere neden olabildiğinden çok önemli sosyal ve ekonomik sorunların yaşanmasına neden olmaktadır (Kömüşçü, 2001).

Ürün üretkenliğinin azalması çiftçilerin daha az kazanmalarına neden olur. Bu da ürün fiyatlarını arttırır; işsizliğe ve göçe sebep olur. Kuraklıktan sadece çiftçiler etkilenmez. Çiftçilere mal alış-verişini sağlayan ticaret yapan insanlar da iş yapma miktarlarında azalma olmasıyla kuraklıktan etkilenirler. Bu da iş yapamayan insanların işten çıkmalarına ya da işten çıkarmalarına sebep olur. Hükümet vatandaştan aldığı vergilere zam yapar. Bölgedeki turizm endüstrisi neredeyse durma noktasına gelir. Çünkü turistler yiyecek ve su kıtlığı yaşanan bölgeleri ziyaret etmek istemezler. Ürün miktarında azalma, malın ya da gıdanın dışarıdan pahalıya ithal edilmesine neden olur.

Çevresel kayıplar hayvan ve bitki türlerinde azalma nedeniyle olur. Vahşi hayat, su ve hava kalitesi, orman yangınları su kıtlığından etkilenir. Kısa dönem

kuraklıklar eğer çok şiddetli değil ve alınan bazı önlemler ile etkisi en aza indirilebilirse bundan en az zarar görerek kurtulunur. Problemler kısa süre içerisinde çözülebilir. Ama uzun süren kurak dönemler sonucu yaşamak için gerekli ıslak mekanları bulamayan bitki ve hayvan türleri azalmışsa bu bir felakettir ve geri dönüşü imkansız denilebilir. Hele ki olağanüstü kurak dönemlerde bitkiler, ağaçlar ve hayvanlar hatta insanlar ölmüş (besin zinciri bozulmuşsa) ve toprakta derin yarıklar oluşmuşsa kuraklık bitip yağış düşse bile eski habitata dönmek onlarca yıl sürebilir. Kuraklığın ve iklim değişikliğinin izlerini kutup dairelerinden elde edilmiş buz karotlarında, okyanuslardaki mercanların yapısında ve sediment taşıyan akarsuların yıllarca biriktirdiği tortullarda da gözlemleyebiliriz. Şekil 1.1, Kenya'da görülen anormal kuraklık felaketinin sonucunu göstermektedir.



Şekil 1.1. Kenya'da görülen olağanüstü kuraklık nedeniyle tükenen hayvan populasyonu (Kaynak:Chillymanjaro,2011) (http://thewatchers.adorraeli.com))

Kuraklığın etkilediği bir başka konu ise sosyal yaşamdır. Kuraklığın sosyal etkileri genellikle su ihtiyacını karşılamak isteyenler arasında çıkan anlaşmazlıklar,

halk sağlığı ve güvenliği konusunda meydana gelen endişeler ve hayat kalitesinde azalmadır. Kurak periyotlar süresince insanlar daha nemli ve ıslak alanlara ulaşmak için yer değiştirirler. Bu yüzden o bölge ya da havzadaki populasyon azalır ve finansal konuda yetersizlikler oluşur. Örnek verecek olursak, Brezilya'da 1950 ve 1980 yılları arasında görülen kuraklık nedeniyle 5.5 milyon insan göç etmiştir. Bu o dönem için Brezilya'nın maddi yönden gelişmesini engellemiştir. Özellikle 2011 yılında Kenya ve Somali'de görülen olağanüstü kuraklık sonucu yaklaşık 10 milyon insan susuzluk ve yiyecek kıtlığı çekerek çok zor şartlar altında yaşamışlardır. Binlerce Somalili kuraklıktan kaçmak için göç etmiştir.

Dünya nüfusunun artması, şehirleşme, iklim değişmeleri, orman tahribatları, çölleşme sonucunda kuraklık, toplumu, çevre ve değişik ülkeleri tehdit eder boyutlara ulaşmaktadır. Kuraklığın ekonomik ve toplumsal boyutları vardır. Toplumun ekonomisi sağlığı ve psikolojisi ve ticareti ile yakından ilgilidir. Çeşitli nedenlerden dolayı dünyamızın ısınması neticesinde iklimlerde belirgin farklılıklar kendini göstermekte ve dünyamızda farklı iklimsel olaylar oluşmaya başlamıştır. Dünyanın bir kısmı kuraklık çekerken diğer bir kısmında ise aşırı derecedeki yağışlar taşkınlara neden olmaktadır. Türkiye yerkürenin kuraklıkla karşı karşıya bulunan bölgesinde yer almaktadır. Bölgemizde kuraklık olmasa bile, nüfus artışı, yeni alanların sulamaya açılması ve su kaynaklarının kirlenmesi neticesinde şimdiden kişi başına düşen su miktarında bir yetersizlik söz konusudur (Şen, 2003).

Kuraklığın ekonomik, çevresel ve sosyal hayat üzerindeki etkilerini özetleyecek olursak;

Ekonomik yönden;

- Ekonomik büyümede yavaşlama ve ulusal düzeyde finansal destek kaybı,
- Ürün kalitesinde ve ticaretinde azalma,
- Ürün fiyatlarında artış,
- Süt üretiminde ve çiftlik hayvanı yetiştiriciliğinde düşüş,
- Balık üretimi ve ticaretinde azalış,
- Hidroelektirik güçten sağlanan enerji kaybı,

- Turizm faaliyetlerinde azalış,
- Nehir ve kanallarda taşımacılığın bitmesidir.

Çevresel yönden;

- Çölleşmenin artması ve bundan hayvan türlerinin zarar görmesi,
- Bitki hastalıklarının oluşması,
- Hayvanların yırtıcılığında artış, üreme ve gebelik sürelerinde düşüş,
- Yiyecek ve içme suyu sıkıntısı,
- Yabani hayvanların ve bitki türlerinin yok olması,
- Orman yangınlarının sayısında artış,
- Rüzgar erozyonunda artış,
- Böcek istilasının görülmesi,
- Temiz su kaynaklarının tükenmesidir.

Sosyal yönden;

- Yiyecek sıkıntısının yaşanması,
- Yiyecek bulamayan insanlar arasında görülen şiddet ve ölüm,
- Politik çatışmalar,
- İnsanlarda fiziksel ve zihinsel stres,
- Toplumsal huzursuzluk,
- Nüfus göçünün olması,
- Kültürel faaliyetlerin bitmesi,
- Fakirliğin artması,
- Hayat standardının düşmesidir.

Kuraklık, araştırmasını yapan bilim adamları ve akademisyenler tarafından çeşitli şekillerde, etkilediği olaylara ve kuraklığın oluşumuna göre sınıflandırılır. Bunlardan en sık tanımı yapılan kuraklık çeşitleri;

- Meteorolojik kuraklık
- Tarımsal kuraklık
- Hidrolojik kuraklıktır.

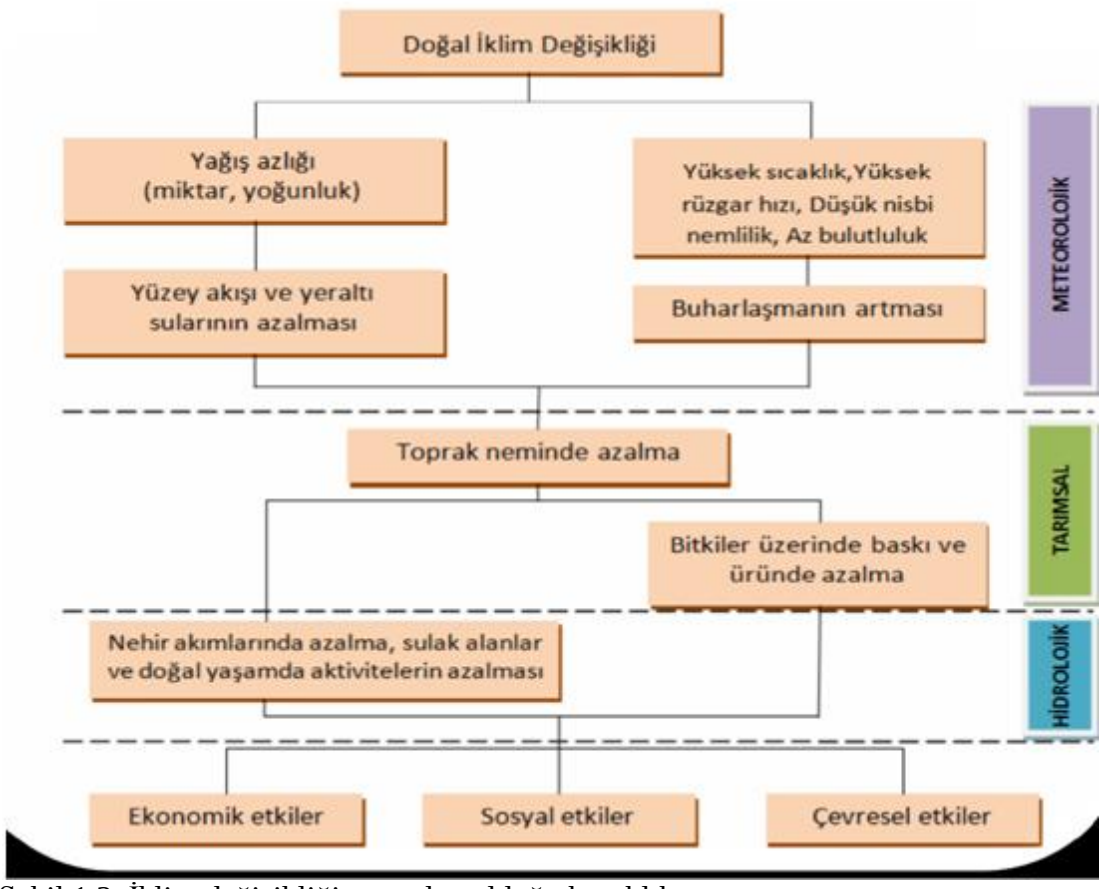
Kuraklığın kendilerini ilgilendirdiği kişiler kendi işlerine ve bakış açılarına göre tanım yaparlar. Örneğin, çiftçiler ürünlerini etkileyecek tarımsal kuraklıktan bahsederler; şehir planlamacıları kentsel hayatı düşünerek hidrolojik kuraklığı baz alırken, insanların geneli meteorolojik kuraklığı düşünürler.

Meteorolojik kuraklık, tamamen hava durumu ile ilgilidir. Ulaşılabilir su kaynaklarında azalmaya neden olacak, en az 30 yıllık serideki yağış normallerine göre yağış miktarındaki azalma ile tanımlanır. Meteorolojik kuraklık hava durumu ile alakalı olduğundan bu durum kısa sürebilir ya da şiddetini arttırarak uzun zaman devam edebilir. Diğer iki kuraklık tanımları yağıştan etkilendiği için meteorolojik kuraklık bu ikisini de etkiler. Meteorolojik kuraklığın kısa ya da uzun süren kurak dönemleri o dönemki yağışın belirli bir yağış serisi için belirlenen ortalama yağış normalinden az olduğu zamanlar olarak saptanmıştır.

Tarımsal kuraklık, çiftliklerde, tarım arazilerinde ya da otla beslenen hayvanların yayıldıkları meralarda, bitkilerin ve çimlerin gelişmek için ihtiyacı olan nemin toprakta belirli bir değerin altına düştüğünde meydana gelir. Tarımsal kuraklık her ne kadar sıcak, kuru ve yağış eksikliği olan dönemlerde oluşsa da, ekstra su gerektiren toprak şartları ve tarımsal aktivitelerde ortalama yağış süresince de oluşabilir. Bu kuraklık türü meteorolojik kuraklıktan sonra oluşur. Oluştuğunda kökleri derinlere kadar inemeyen bitkiler için ölümcüldür. Çünkü toprağın daha derin kısımları nemli iken bitkiler o kadar derinlere ulaşamayabilirler. Tarımsal kuraklık oluştuğunda kurak dönemin nemsiz ve sıcak rüzgarları kuraklığın şiddetini daha da arttırır.

Hidrolojik kuraklık ise akiferlerdeki, rezervuarlardaki, barajlardaki ve göllerdeki su miktarının istatistiksel ortalamanın altına düştüğünde meydana gelmektedir. Genelde ilk iki kuraklık türünden daha sonra ortaya çıkar. Oluşması için uzun süren yağış eksikliğinin olması gerekir. Fakat söz konusu bölge için normal ya da üstü yağış gözlemlendiğinde bile hidrolojik kuraklık oluşabilir. Bunun nedeni ise

insanların suyu kullanma miktarları ile alakalıdır. Bölge gayet normal yağış alsa bile suyun arz-talep dengesi bozulunca rezervuar tam kapasite dolu olsa bile su yetersiz gelecek, su seviyesi düşecektir ve hidrolojik kuraklık oluşacaktır. Bu durumda elektrik üreten santraller, sulama sistemleri vs kullanım dışı kalma tehdidiyle karşı karşıya kalacaklardır. Şekil 1.2 durumu özetlemektedir.

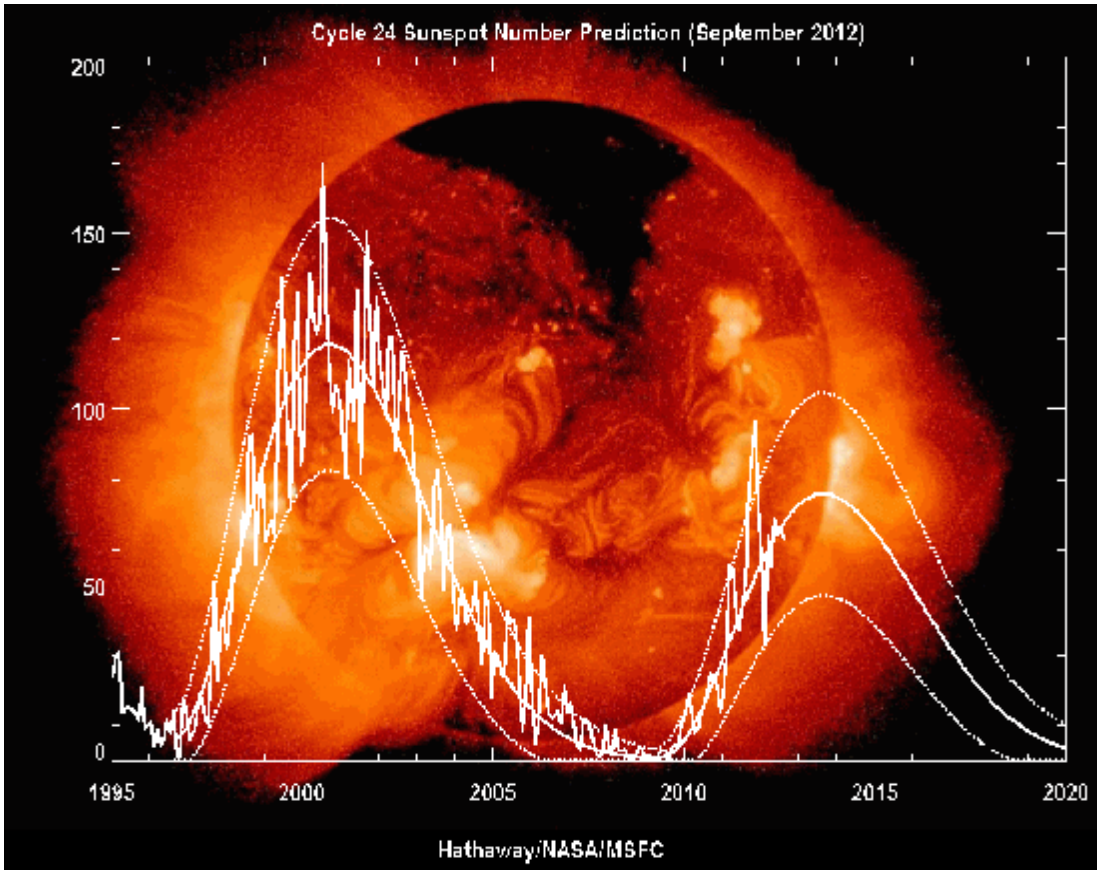


Şekil 1.2. İklim değişikliği ve neden olduğu kuraklık şeması
(Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü)

Kuraklığın özellikle son yıllarda sadece hava olaylarından kaynaklanmadığı, güneş patlamalarının ve güneşin yüzeyindeki lekelerin de dünyamız dolayısıyla ülkemiz üzerinde beklenmedik etki ettiği idda edilmektedir. Bilim adamları özellikle 2012, 2013 ve 2014 yıllarında güneşteki lekelerin artacağını, güneş aktivitesinin maksimuma çıkacağını, güneş patlamalarının daha şiddetli olacağını ve bunun da radyasyonu dolayısıyla sıcaklığı 2 derece kadar arttıracağını düşünmektedirler. Şekil

1.3 Güneş patlamalarındaki değişimi göstermektedir. Bilim adamları bu güneş hareketlerinin taş devrinden bu yana gerçekleşen en büyük güneş aktivitelerinden olacağını söylemektedirler. Güneş patlamaları güneşin yaklaşık 11 yılda bir pik değer yapan döngüsü sırasında meydana gelmektedir.

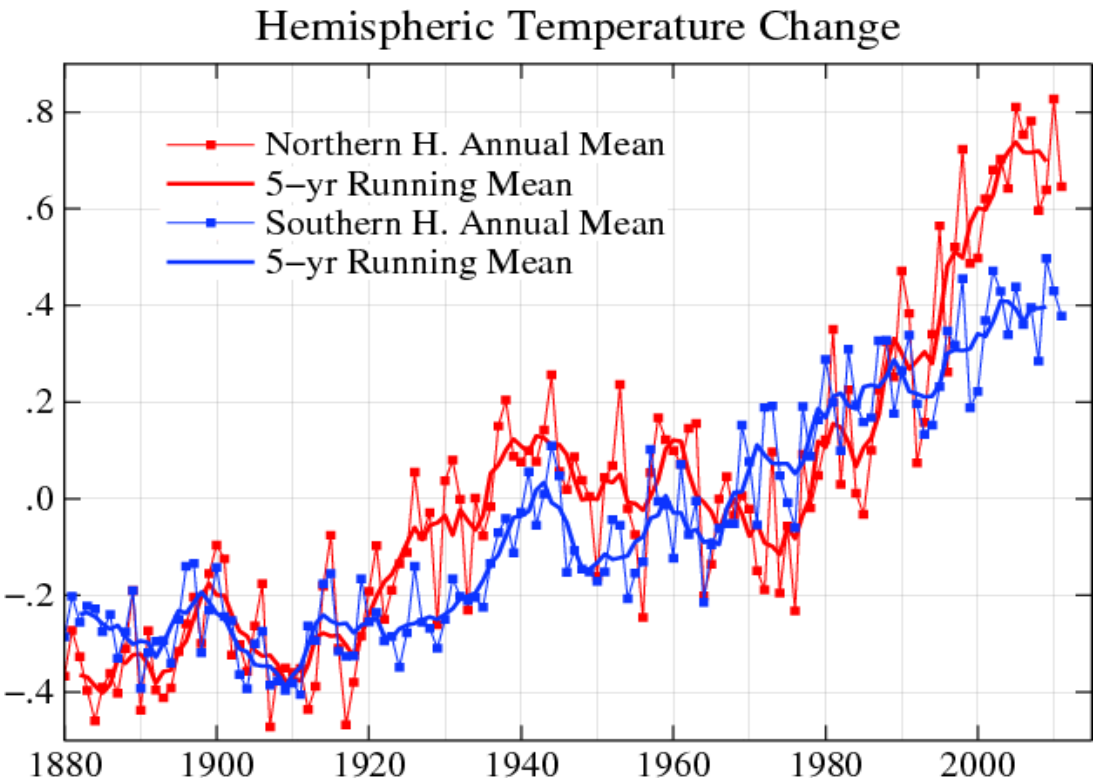
2012 yılında National Aeronautics and Space Administration (NASA)'ın gönderdiği THEMİS uydusu, Dünya'nın manyetosferinde tahmin edilenden 10 kat daha büyük bir devasa delik keşfetmiştir. Bilim adamlarının bazıları dünya çapında görülen felaketlerin anahtarının bu olduğunu belirtmektedirler. Güneşteki aktivite ile yağış miktarındaki değişim arasında gerçekçi bir korelasyon bulunduğunu söyleyen bilim adamları da var. Aynı zamanda güneş patlamalarının sıcaklığın yanında hava basıncını da değiştirdiğini dile getirmektedirler. Güneş aktivitesinin artması ve sıcak hava dalgalarının ülkemizde ve dünya genelinde daha etkili ve uzun olması bunun bir tesadüf olmadığını, birbirleriyle gerçekten ilintili olabileceklerini göstermektedir. Sıcaklığın dışarıdan bir etkiyle artması zaten insanların sanayi endüstrisinde saldığı sera gazları nedeniyle son yıllarda kendini iyice hissettiren küresel ısınmadan kaynaklı ısınmayla birleşince nasıl bir kuraklığın bizleri beklediği az çok tahmin edilebilir.



Şekil 1.3. Güneş lekelerinin yıllara göre değişimi
(Kaynak: National Aeronautics and Space Administration,
(http://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml).

Sıcaklık konusunda kuzey yarım küre güney yarım küreye göre daha hızlı ve 2 kat daha fazla ısınmaktadır. Şekil 1.4 bunu net bir biçimde göstermektedir. Bunun bir nedeni kuzey yarım kürede okyanus içine dağılmış kara parçalarının daha büyük alanlar kaplamasıdır. Güney yarım kürede okyanuslar daha fazla alan kaplarlar ve okyanusların sıcaklık değişimlerine olan yanıtları daha geç olur. 1997-2006 aralığında ortalama sıcaklıklar 1961-1990 dönemi ortalamasına göre, kuzey yarım küre 0.53 derece artarken, güney yarım küre 0.27 derece ısınmıştır. Küresel sıcaklıklar da son 30 yıl boyunca her 10 yılda 0.18 derece artmıştır. Artan bu sıcaklıklara özellikle Afrika, Amerika ve Çin'de uzun süren kurak dönemler eşlik etmektedir. Uzun kurak dönemler boyunca görülen kuraklıklardan sonra yağan ani yağmurlar hemen sele yol açmaktadır. Çünkü kuru toprak suyu emebilme özelliğini kaybetmiştir. Filipinlerde, Doğu Avrupa'da ise aşırı yağışlı sel oluşturan dönemler

görülmektedir. Ancak sıcaklık artışı ve yağış arasında bir ilişki net değildir. Küresel ısınma, kuraklık oluştururken bir taraftan da kasırgaları şiddetlendirmektedir. Çünkü ısınma bölgelerdeki yağış modelini ve buharlaşma oranlarını değiştirmektedir.



Şekil 1.4. Kuzey ve Güney Yarım Kürede 140 yılda ortalama sıcaklığın değişimi (Kaynak:NASA, (http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/)

Kuraklığa neden olan insan ya da iklimsel faktör dışındaki bir diğer fenomen ise volkan patlamalarıdır. Özellikle büyük ölçekli patlayan yanardağlar, stratosferin 45 km yükseğine kadar sülfür dioksit (SO2) püskürtebilmektedirler. Bunun yanında karbondioksit, aerosol gazları ve kül de püskürtürler. CO2 (karbondioksit) gibi gazlar sera etkisi yaparak güneşten gelen gelen radyasyonun tekrar uzaya yansımasına engel olurlar. Küresel sıcaklığı arttırırlar.

Yağış süreci havadaki mikroskobik tozlar ve diğer partüküllerin yağmur bulutu ile etkileşmesi ile başlar. Partiküller su damlaları yoğunlaştığında bir çekirdek gibi hareket ederler. Bu küçük damlaların ölçüsü yaklaşık 0.01 mm'dir. Sonra bu yağmur damlaları çarpışarak ve birleşerek gerçek boyutlarından 100 kat daha büyük

olurlar. Ancak havada bulunan bazı tanecikler, özellikle havası kirli şehirlerde ya da volkan patlaması henüz gerçekleşmiş bölgelerde, bu çekirdek damlalar buluta sayıları artmış şekilde yayılırlar ve normal ölçülerinden 100 kat daha küçük olurlar. Bu yüzden yoğunlaşıp yeryüzüne düşmeleri çok daha uzun sürer. SO2 gibi gazlar bu olayın oluşmasına neden olan gazlardandır.

CO2 ise küresel sıcaklığı arttırdığından ısınan okyanuslardan havaya daha çok su buharı salınır. Su buharı CO2'nin daha az yoğun olduğu bölgeleri kaplar. Su buharı döngüsü iklim değişikliğinde önemli bir rol oynamaktadır. CO2 bu rolü bozduğundan bazı bölgeler daha yağışlı olurken bazı bölgeler de aşırı kurak durumlar görülebilir. Ayrıca, benzer yağış alan bölgeler benzer kurak olacak diye bir şey yoktur. Bölgenin sıcaklığına bağlı olarak buharlaşma o bölgenin kuraklığını belirler.

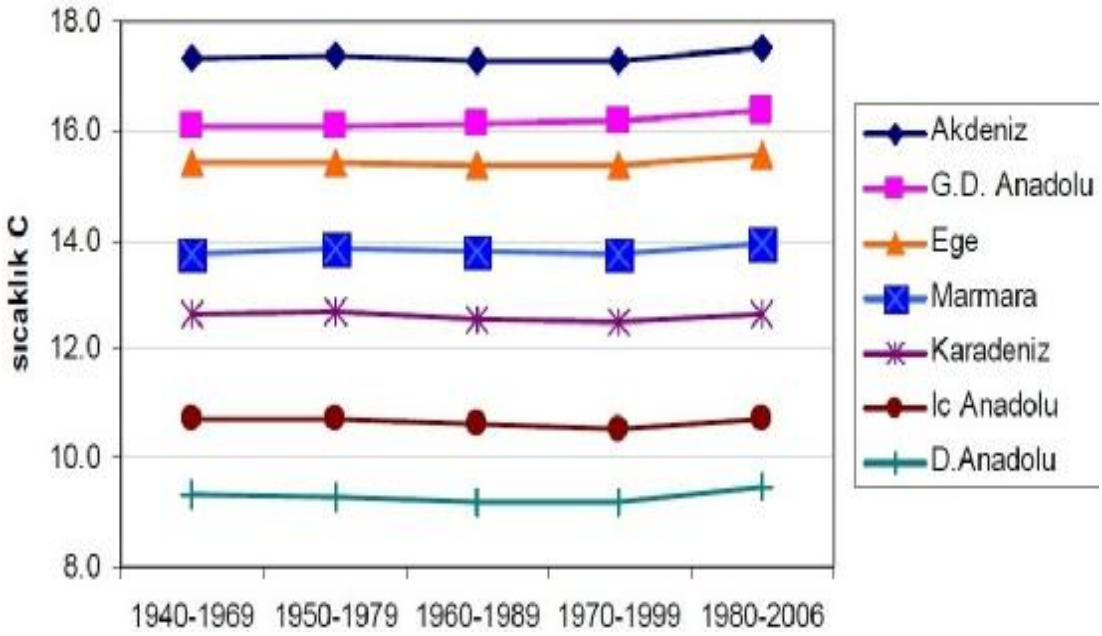
Aerosol gazları ise sera etkisini azaltırlar yani yüzeyin soğumasına neden olurlar ama havadaki su buharı dengesini alt üst ederler. Atmosferin hidrolojik çevirimini bozarlar. Bulutların içerisindeki yağışa dönüşen partiküllerin yapısını değiştirirler ve bu şekilde yağışda azalmaya; SO2 ve CO2 gibi kuraklığa neden olurlar.

Araştırmacılar Taiwan'da sülfür zengini yanardağ patlamalarının aynı dönemde kuraklığa yol açtığını kanıtlamışlardır. 1991 yılında patlayarak 20. Yüzyılın en şiddetli volkan patlamalarından biri olan Pinatubo yanardağı Amazon ve Ekvator Afrikasında ve çeşitli bölgelerde sezonluk olarak günlük yağış miktarını 0.6 mm ile 0.15 mm arasında azaltmıştır; kuraklığa neden olmuştur. Ayrıca güneş lekeleri ile yeryüzündeki volkan aktivitesi orantılı olarak artmaktadır. Daha çok volkan patlaması demek daha çok sülfür ve aerosol gazı salınımı demek olduğundan daha uzun ve öngörülemeyen kurak dönemler gerçekleşebilir.

Büyükşehirlerdeki asfalt ve beton yollar, sık yapılmış koyu renkli binalar, ağaçların az olması, enerji tüketen cihazların fazla sayıda olması nedeniyle gündüzleri güneşten gelen ısı ve sıcaklık tekrar yansıyamamakta ve olduğu yerde kalmaktadır. Bu şekilde büyük şehirlerin sıcaklıkları çevrelerindeki kırsal alanlara göre özellikle geceleyin daha yüksek hatta 10 derece kadar fazladır. Buna 'ısı adası' denmektedir. Büyükşehirlerdeki kuraklık izleme istasyonları bu durumdan etkilenir. Çünkü ısı adasının konvektif yağışları, gökgürültülü yağışları tetiklediği

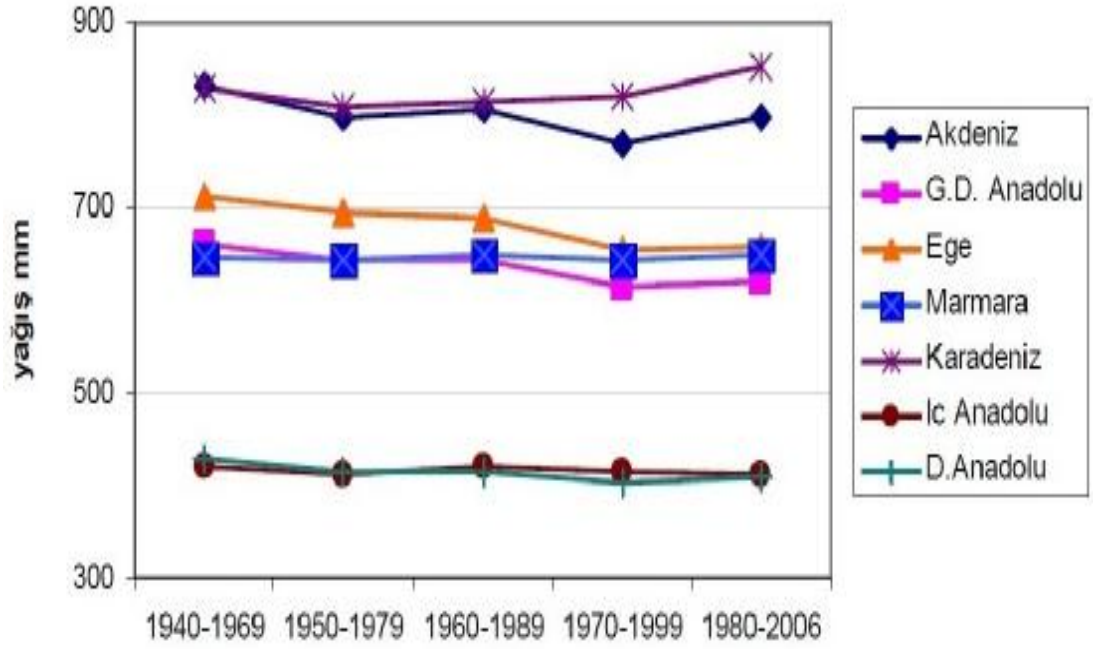
düşünülmektedir. Isı adasının etkisini azaltmak için şehirlerde toprak zeminlerin ve yeşil ağaçlı parkların sayısının arttırılması gerekmektedir. Bu durum Ankara gibi büyükşehirlerde görülür.

Türkiye'de kuraklık ciddi boyutlarda değildir. Bunun temel sebebi Türkiye'nin yarı kurak ılıman iklim kuşağında yer alıp bazı bölgelerde yeteri kadar yağış almasıdır. Türkiye, Dünya Meteoroloji Teşkilatı tarafından olası kuraklık riski taşıyan 76 ülke arasında gösterilmektedir. Özellikle 1973, 1989, 1990, 1993, 1998, 2001 yıllarında ülke genelinde kuraklık yaşanmıştır. 1980 yılından beri son 30 yıllık dönemde sıcaklıklarda gözle görülür bir artış vardır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Bölgelerin ardışık 30 yıllık ortalama sıcaklıkları (Kaynak: Yağcı, 2007)

Yağışlarda ise 1940-2006 dönemindeki ardışık 30 yıllık periyotlarda İç Anadolu, Marmara ve Doğu Anadolu'da belirgin bir değişiklik olmazken, Karadeniz bölgesinde artış, Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde ise azalış görülmektedir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Bölgelerin ardışık 30 yıllık yağış ortalamaları (mm) (Kaynak: Yağcı, 2007)

Fazla yağışlar, mühendislik tasarımları sayesinde ülkemizin dört bir tarafında inşa edilmiş baraj rezervuarlarında günümüzde ya da kuraklık zamanında kullanılmak üzere depolanmaktadır. Ülkemizde kuraklık kendini daha çok rüzgar erozyonuyla hissettirir. Ülkemizdeki erozyonun şiddeti Avrupa ve Amerika'da görülen erozyona göre çok daha fazladır. Erozyonun artması bitki ve ağaç türlerini etkilediğinden o bölgedeki yağış rejimini toptan değiştirebilir ve kuraklık felaketini yaşatacak kısır döngüyü başlatabilir.

Günümüzde Devlet Su İşleri'nin işlettiği 503 adet baraj vardır ve bunların 203 adeti gölet şeklindedir. Her ne kadar bazı baraj inşaatlarının yerleri tartışma konusu olsa da ağır bir kuraklık tecrübe etmemiş insanlar için gelecekteki küresel ısınma - bazı bilim adamları buna katılmamaktadır – nedeniyle yaşanacak anormal sıcaklık artışı ve getirdiği kuraklık yüzünden yaşanacak felaketler bu tip barajlar sayesinde belki de çok az hissedilecektir. Türkiye su fakirliği sınırında yer alan bir ülke olmasına rağmen su kıtlığının çok fazla hissedilmemesinin bir diğer sebebi de gelişen teknolojisi ve kalkınması sonucu insanların bilinçlenmesi ve ilgili yetkililerin daha tedbirli davranıp su projelerine önem vermeleridir. Zaten Türkiye'deki insanların çoğu ülkenin sahil kesiminde ve gelişmiş şehirlerde yaşamaktadırlar.

Ülkemizin en kurak bölgesi çevresinin dağlarla çevrili olup denizin ılımanlaştırıcı etkisinin sokulamaması nedeniyle İç Anadolu bölgesidir. Burada özellikle Tuz Gölü ve Konya Ovası oldukça kuraktır. Aslında Güneydoğu Anadolu bölgesi, İç Anadolu bölgesine göre daha fazla yağış almasına rağmen güneyli kuru rüzgarların getirdiği sıcak ve nemsiz hava yüzünden kuraktır. Bu yüzden çok az bitki örtüsü vardır. Doğu Anadolu bölgesinin çukur kesimleri de ülkemizin en kurak bölümlerindendir.

Türkiye Dünya üzerinde bulunduğu enlem ve kuşak itibariyle sahip olduğu iklim yüzünden su kaynakları açısından zengin bir ülke değildir. Çünkü büyük kıtalar arasında yarımada konumunda olduğundan kışın ve yazın değişik hava akımlarının etkisindedir. Bu yüzden aldığı yağış düzensizdir. Türkiye'de kişi başına düşen yıllık su miktarı 1519 m^3'tür. Türkiye bu sayıyla su azlığı çeken bir ülkedir. Yakın gelecekte nüfusumuzun daha da artacağı düşünülürse kişi başına düşen su miktarı azalacak ve su fakiri bir ülke olarak adımızı yazdıracağız. Bu durumda hidrolojik kuraklığın gerçekleşebileceğinden ve gerçekleşmekte olduğunu anlayabiliriz. 30-40 sene belki de 10-20 sene sonra ülkemizin yağış rejiminde bir değişiklik olursa su kıtlığı çekeceğimiz uzmanlar tarafından çeşitli forum ve kongrelerde dile getirilmektedir. Sadece Doğu Karadeniz bölgesinde su kaynaklarının yanı sıra yeterince yağış düşmektedir. Yukarıda bahsettiğimiz İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgeleri ise çölleşmeye eğilimli kurak bölgelerdir. Akdeniz ve Ege bölgeleri ise yarı nemli bölgeler olmasına rağmen gelecekte sanayinin iyice sahil kesimine toplanması, zaten çoğu engebeli arazilerinin yasal düzenlemeler dışı tarımsal faaliyetlerde kullanılması, ormanların sanayiyi ve turizmi geliştirmek maksadıyla tahrip edilmesi yüzünden gelecekte diğer bölgelere göre kurak olma riski daha fazla olacağından bahsedilmektedir. Özellikle 2007, 2008 ve 2011 yılları ülkemizde yağış açısından son derece kurak geçmiştir. Özellikle 2007 yılında İstanbul gibi büyükşehirlerde bulunan barajların hem kuraklık hem de insanların bilinçsiz tüketmesi sonucu neredeyse doluluk oranlarının % 0'a düşüp diplerinin görünmesi felaketin boyutlarını göstermektedir. 2012 senesinde şu ana kadar kuraklıktan bahsedilmemiştir. Bazı bölgelerde yağışın arttığı bazı yerlerde ise azaldığı istatistik kayıtlarına geçmiştir. Ancak özellikle haziran, temmuz, ağustos ve aylül aylarının normalin üzerinde sıcak geçtiği görülmektedir. Mevsimlerin sıcak

geçmesi tarımsal kuraklığa neden olur. Şiddetine göre hidrolojik kuraklık da görülebilir. Başlı başına meteorolojik kuraklığa sebep olur.

Tez çalışması için seçtiğimiz Seyhan Havzası'na gelecek olursak, Çukurova Üniversitesi, Japon bilim adamları ve Tübitak'ın yaptığı analiz sonuçlarına göre Seyhan Havzası'nda sıcaklık ortalama 2-3.5 °C artacak; yağış miktarında %25-%35 oranında azalacaktır. Kuraklığın artması sonucu insanlar yer altı suyu kuyularına yüklenecek ve su seviyelerinde düşmeler yaşanacaktır. Bu durumda Türkiye'nin en verimli ve en büyük delta ovası olan Çukurova, denize yakın olduğu için su kuyularına tuzlu su karışacaktır. Bunun sonucunda hem içme hem de sulama açısından kullanılabilir su bulunmayacaktır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nce (IPCC) yürütülen ön çalışmalar uyarınca; Seyhan Havzası'nın da içinde yer aldığı Akdeniz Bölgesi küresel ısınmaya karşı en hassas ve savunmasız bölge olarak tespit edilmiştir. İklim değişikliğinin ve gelecekte iklimsel şartların ne olacağına dair belirsizliklerin olası yıkıcı etkilerinin azaltılması, aynı zamanda da bazı bölgelerde yaratacağı fırsatların değerlendirilebilmesi için iklim değişikliğine uyum bir zorunluluk olarak karşımıza çıkıyor. İklim değişikliğine uyum kavramı; en genel haliyle, iklime dair belirsizliklerin ve bu belirsizliklerden oluşacak risklerin öngörülmesine dair becerilerin geliştirilmesi; olumlu veya olumsuz bir şekilde etkilenecek toplumsal grupların ve kurumların bu risklerle mücadele edecek ve hatta bunları bertaraf edecek bakış açılarını, uygulamaları, kurumsal yapılarını, planlarını ve stratejilerini yeni şartlara uyacak şekilde geliştirmeleri olarak tanımlanıyor (Seyhan Havzası Küresel İklim Değişikliği Etkileri İzleme Sistemi internet sayfası, (http://iklimcbs.cevreorman.gov.tr/altkatgor.aspx?id=105&lang=1)).

Çok çeşitli biyolojik çeşitliliğe sahip ve Türkiye'nin en kalabalık şehirlerinden bazılarının bulunduğu Seyhan Havzası'nda havzanın hidrolojik özelliklerini etkileyecek iklimsel faktörlerin ayrıntılı olarak irdelenmesi gerekir. Seyhan Havzası'nda yapılan çalışmalarda uzun vadede bu kadar korkutucu ve ciddi sonuçlar ortaya konarken bölgedeki yağış, sıcaklık vb iklim elemanlarının özellikle kuraklık gibi hassas bir konuda doğru bir şekilde araştırılmasının ne kadar gerekli olduğu görülmektedir.

Bu tez çalışmasında Türkiye ve Avrupa'nın en verimli arazilerinin yer aldığı havzalardan biri olan aynı zamanda Doğu Akdeniz'de Nil Havzası'ndan sonra ikinci büyük havza olan Seyhan Havzası'nda belirlenen meteoroloji gözlem istasyonları kullanılarak kuraklığın gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Havza geneline dağılmış istasyonlar geçmişte yaşanmış kuraklıkların izlerini kaydetmişlerdir. Bunlar kullanılarak genel ortalamaya bakılarak havzanın aslında ne kadar kurak ya da nemli olduğu kanısına varabiliriz. Analiz sonuçlarının gidişine bakarak, sadece ileriki kısa vadede kuraklık için yorum yapabiliriz.

Analizi yapmak için öncelikle istasyonlardan elde edilen aylık yağış verileri kullanılarak, kuraklık literatüründe çok sık karşımıza çıkan Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi kullanılmıştır. İstasyonların bulunduğu bölgelerin tek tek, SYİ değerlerine göre kurak olma durumları, kuraklık frekansları bulunup gözlem süresi boyunca kuraklığın nasıl seyrettiği incelenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havzada gerçekleşebilecek en düşük yağış miktarlarının hesaplanmasını sağlayan dağılımların boyutsuz büyüme oranlarının bulunmasında kullanılacak dağılım parametrelerini tahmin etmek için L-Momentler tekniği kullanılmıştır. 11 istasyona ait SYİ analizi sonucu ile belirlenen 3, 6, 9 ve 12 ay periyodunda görülen en kurak ayların yağış miktarı değerleri her yıl için belirlenerek seri oluşturulmuş ve bölgesel frekans analizi uygulanmıştır. Bölgeselleştirme tekniği olarak gösterge-sel metodunda L-Momentlerin kullanılmasıyla elde edilen algoritma kullanılmıştır. L-Momentler sonucunda elde edilen homojen bölgelere Genelleştirilmiş Normal, Genelleştirilmiş Extreme Değer, Genelleştirilmiş Lojistic, Genelleştirilmiş Pareto, Pearson Type 3 ve Wakeby dağılımları uygulanarak yineleme değerleri bulunmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Standart Yağış İndisi (SYİ) ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Standart Yağış İndisi ile ilgili ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalara genel olarak bakacak olursak konu ile araştırma yapan bilim adamlarının özellikle kurak, yarı kurak veya hafif kurak bölgelerde ya da populasyonun yüksek olduğu, yağıştan doğrudan etkilenen, tarımsal yönden gelişmiş ya da kuraklığın ilerlemesi durumunda o bölge üzerindeki yaşamın devam etmesi için gerekli tarımsal dengenin bozulma olasılığının yüksek olduğu, araştırmada kullanılabilecek veri sağlayan yağış ölçer istasyonların yer aldığı yağış havzalarında, ovalarda bu konu üzerine gittikleri görülmektedir.

Standart Yağış İndisi yönteminin sadece istasyonlardan elde edilen yağış değerlerini kullanmasından dolayı pratik, kullanışlı ve çabuk sonuç vermesi nedeniyle diğer daha karmaşık olan Erinç İndisi, Palmer Kuraklık İndisi gibi kuraklığı izlemeye yarayan yöntemlere göre daha fazla kullanıldığı görülmektedir. Standart Yağış İndisi'nin değişik dönemler için örneğin 3 aylık mevsimsel, 12 aylık senelik ya da 24, 48 gibi daha uzun süreli periyotlarda analiz yapması, herhangi bir ay ya da yıl için yaşanan kuraklığın şiddetini ve hangi kategoride bir kuraklık yaşandığını göstermesi, kuraklık yüzdelerini vermesi de araştırmacıların dikkat ettiği bir husustur.

Kuraklığın geçmişini analiz etmek en az bir bölgedeki ya da havzadaki gelebilecek taşkınları tahmin etmek kadar önemlidir. Kuraklığın felaket olarak nitelendirilebilecek getirdiği yıkımları tahmin edebilmek ya da geçmişte oluşan kuraklıkların meydana getirdiği olumsuz sonuçların açtığı derin yaraları yineletmemek için, kuraklığın geçmişte bıraktığı izlerinin iyi okunması gerekir. Literatürde geçen ve konunun uzmanı akademisyenlerin iyi bildiği bu durumlar için iyi bir analiz gerekmektedir. Araştırmacılar yorumlarını yaparken her defasında kuraklığın önemini su kaynaklarına olan etkilerini ve tabii ki tarımsal faaliyete olan etkilerini vurgulamışlardır.

Mckee ve ark. (1993), kuraklığın açık olarak zaman aralığı ve standart yağış

indeksi kullanılarak yeni bir tanımını yapmışlardır. İndeks değerlerine karşılık gelen kuraklık sınıfları belirlemişlerdir. Yaptıkları çalışmada kuraklık olasılığının zaman aralığı ile zıt olarak azaldığını ama kuraklık süresinin lineer olarak arttığını göstermişlerdir. Yaptıkları yeni tanım ve çalışma, kuraklığın başlama zamanını, süresini, merkezini, şiddetini ve bitişini kararlı bir şekilde hesaplayabilmiştir. Buldukları yöntem ayrıca kuraklık süresince oluşan eksik yağış miktarını, ortalama yağış yüzdesini, indeks değerlerini ve olasılığını izleme imkanı vermiştir. 1992 sonbaharından itibaren Colorado bölgesinde kuraklık izleme yöntemi olarak kullanılan STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ kullanımının pratik olması ve elde edilen sonuçları bakımından günümüzde yoğun olarak kullanılmaktadır.

Edwards (1997), tez çalışmasında Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan 1221 istasyonu Syİ yöntemi ile kuraklık ve nemlilik yönünden analiz etmiştir. Zaman serisi olarak 1911'den 1995'e kadar olan periyodu kullanmıştır. Yaptığı analiz sonucunda Amerika'nın, ele aldığı periyot boyunca herhangi bir zaman aralığında hiçbir şekilde tamamen kurak olmadığı ama aşırı derece de nemli olmadığı sonucuna varmıştır. Çalıştığı 9 ana bölgenin gittikçe nemlendiğini ve ülkeyi bütün olarak ele aldığında 1991'den 1995'e kadar olan sürede daha nemli hale geldiğini bulmuştur. Kısa dönem nemli periyotların oluşma sıklığının arttığını ama buna zıt olarak şiddetinin azaldığını ortaya koymuştur. Bölgesel olarak Mississippi ve Ohio vadilerinde son 25 yıldaki uzun dönem nemli süreç sıklığında dramatik artışlar olduğunu bildirmiştir.

Türkeş (1999), Türkiye'de çölleşmeyi yönlendirebilecek etmenlerin, yağış ve kuraklık indeksi dizilerinin zamansal ve alansal değişimlerini 1930-1993 yılları için analiz etmiştir. Birçok istasyonun ve Türkiye'nin kuraklık indekslerinin, 1960 nemli döneminden sonra kurak ve yarı kurak döneme girme eğilimde olduğunu belirtmiştir. Çölleşmede ısrarlı bir artış eğilimi gösteren bölgelerin; karasal ve kurak iklim etmenleri gözönüne alındığında karasal iç kesimler ve Güneydoğu Anadolu bölgesi; topografyanın engebeli, erozyonun görülme olasılığının yüksek oluşu ve orman yangını riskinden dolayı Ege ve Akdeniz bölgeleri olduğunu göstermiştir.

Sırdaş (2002), Dünya'da yarı kurak bir iklim kuşağı üzerinde bulunan Türkiye üzerine uygun bir meteorolojik kuraklık modeli araştırması yaptığı

çalışmasında 60 farklı istasyonun aylık değerlerini kullanmış ve günümüzde yaygın biçimde kullanılmakta olan birçok kuraklık indeksi değerlendirmiş ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ni oluşturacağı sisteme uygulamaya çalışmıştır. Standartlaştırılmış Yağış İndisi'nin bölgesellikleri algılayamadığı belirlendikten sonra bölgesel farklılıkları belirlemek için''Kuraklık Oranı'' adı verilen bir katsayı bütün istasyonlar için ayrı ayrı türetilmiştir. Yerel kuraklık analizinde sıcaklık ve nem verilerinin de hesaba katılması gerektiğini belirtmiştir. Sonuçlar incelendiğinde yeni oluşturulan değerlendirme ölçütündeki sınıf aralıklarının farklı ve küçük olmasından dolayı haritaların daha detaylı olarak bölgesel farklılıkları algılamış olduğu görülmüştür.

Çaldağ ve ark. (2004), Trakya Bölgesinde SPİ ile yapılan kuraklık analizinde, İstanbul dışında, 2000 ve 2001 yıllarında şiddetli kuraklığın meydana geldiği sonucuna varmışlardır. Araştırmacılar, ülkemizde kuraklığın sürekli analiz edilmesi gerektiğini, zirai sulama ve su kaynakları açısından ilerde felakete neden olabilecek kuraklık durumlarına karşı alınması gereken önlemleri dile getirmişlerdir.

Pamuk ve ark. (2004), Ege bölgesinde standart yağış indeksi ile kuraklığı belirlemek için bölge istasyonlarının 1971-2001 dönemindeki yağış değerlerini kullanmışlardır. Kuraklığı 3,6,12,24 ve 48 aylık dönemler için incelemişlerdir. Ege bölgesi ikliminin 2 uç grubu olduğunu bildirmişlerdir. Buna göre yağış döneminde Kıyı Ege kısmının daha kurak, İç Batı Anadolu bölümünün daha nemli olduğunu; yaz döneminde ise tam tersi olduğunu bulmuşlardır.

Yeğnidemir (2005), çalışmasında kuraklığın sıklıkla görüldüğü İç Anadolu bölgesinde standart yağış indeksi ile kuraklık analizi yapmıştır. Çalışmada bölgedeki 28 istasyonun 1953-2008 yılları arasındaki aylık yağış değerlerini kullanmıştır. Her bir istasyonun 1,3,6,12,24 ve 48 ay süreli standart yağış indekslerini bulmuştur. Kuraklığın süresini şiddetini ve genliğini hesaplamıştır. Çalışmasında özellikle bölgenin kuzeydoğu kesimindeki engebeli bölümdeki standart yağış indeksi değerleri ile bölgenin diğer istasyonlarındaki indeks değerleri arasında farklılıklar bulunduğunu ve yağış eksikliğinin İç Anadolu bölgesindeki tarımı doğrudan etkilediğini belirtmiştir.

Tonkaz ve Çetin (2005), çalışmalarında Güneydoğu Anadolu Projesi'nde bulunan Şanlıurfa meteoroloji gözlem istasyonlarının aylık yağış serilerine Standardize Yağış İndisi (SYİ) yöntemini uygulamışlardır. Gidiş analizlerini Mann-Kendall yöntemi ile yapmışlardır. Kayıt yılları boyunca şubat, mart, nisan aylarında birkaç yıl süreli şiddetli kuraklık görülürken ekim ayında şiddetli kuralık görülmemiştir. SYİ serilerinin ardışık Mann-Kendall istatistiklerinin rasgele karakterli davranışlar gösterdiğini bildirmişlerdir. Bölgede kuraklık için en kritik ayın ocak ayı olduğunu vurgulamışlardır.

Yaltay (2006), yaptığı tez çalışmasında Bitlis ili Ahlat ilçesi kuraklık durumunu standart yağış indeksi ile incelemeye çalışmıştır. İlçeye ait 1975-2004 yılları arasındaki yağış serilerini incelemiştir. Aylık ortalama yağış verilerinin standart değerlerini debi gidiş çizgisi yerine kullanarak hesaplama yapmıştır. Standart yağış indeksi için belirli bir değer belirlemiş ve bu değerin altında ve üstünde kalan dönem sayılarını belirleyerek kuraklık hesapları yapmıştır. Buna göre ilçedeki kuraklığın hafif ve orta şiddette olduğunu belirlemiştir. Son yıllarda kuraklıkta artış eğilimi olduğunu saptamıştır.

Li ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada Güney Amazon bölgesini kuraklık yönünden incelemişlerdir. Standart Yağış İndisi yöntemi ile analiz yapabilmek için o bölgedeki 1970-1999 yılları arasındaki yağış miktarını kullanmışlardır. Böylece SYİ değerlerinin eğilim analizini yapmışlardır. Kuraklığın gittikçe arttığını ve bunun daha çok ormanların da yok olmasından sorumlu insanlardan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Apak (2009), yaptığı çalışmasında Ege bölgesinde uzun süreli yağış verisine sahip istasyonların 1938-1970 (1. Periyod) ve 1971-2006 (2. Periyod) yılları olmak üzere yağış serilerini kullanarak kuraklık analizi yapmıştır. 2. periyodun ilkine göre daha kurak geçtiğini, yağışlı dönemlerin azaldığını ve kuraklık kategorisinde 1 kademe düştüğünü belirtmiştir. Standart yağış indeksi yöntemi ile Ege bölgesinin kuraklık sınırına yakın bir bölge olduğunu göstermiştir. Bölgede yer alan 8 meteorolojik istasyonu ayrıntısıyla Standart Yağış İndeksi (SYİ) kuraklık değerlerini analiz etmiştir.

Deniz (2009), yaptığı tez çalışmasında Türkiye de bulunan 96 istasyonun 1929-2006 dönemine ait yağış verilerini standart yağış indeksi ile incelemiştir. 1970,1974,1983 ve 1984-1989, 2001 yıllarındaki kuraklık olaylarını detaylı olarak açıklamıştır. Serileri 1,3,6,12 ve 48 ay süreli olmak üzere standart yağış indeksini uygulamıştır. Yılların özellikle ağustos ve şubat aylarında hangi bölgelerin daha nemli hangi bölgelerin daha kurak olduğunu göstermiştir.

Tuna ve ark. (2009), Çoruh havzasını ele almışlardır. Havza içerisinde bulunan 7 gözlem istasyonuna ait 1963-2008 yılları arasındaki aylık ortalama debi değerleri kullanılarak standart yağış indeksi yöntemine göre havzanın hidrolojik kuraklık olasılıkları belirlenmiştir. Bölgede -2.65 gibi minimum SPİ değerinin ifade ettiği çok şiddetli kuraklık dönemlerinin görüldüğü gözlenmiştir. Sonuç olarak havzanın bulunduğu yarı kurak bir iklime sahip olan İç Anadolu bölgesinde su kaynakları projelerinin yapıldığı halde kuraklığın olumsuz sonuçlarının ortadan kaldırılamadığı tespit edilmiştir.

Abolverdi ve Khalili (2010), çalışmalarında yarı kurak bir bölge olan güneybatı İran'ı ele almışlardır. Kuraklık karakteristiklerinin bölgesel ekstrem değerlerinin kuraklığın oluşma olasılığının belirlenmesinde hayati rol oynadığını belirtmişlerdir. Bölgedeki 19 istasyonu kullanarak öncelikle bölgeyi L momentler tekniği ile homojen alt havzalara ayırmışlardır. Bunu yaparken istasyonların 3,6,9 ve 12 aylık serilerinden elde edilen standart yağış indeksi değerlerini kullanmışlardır. Her bir alt havzanın maksimum ve minimum SYİ değerleri yani en kurak ve en nemli istasyonlarını bulmuşlardır.

Keskin ve Şorman (2010), Ankara'da bulunan ve evsel su ihtiyacının çoğunun karşılandığı Çamlıdere havzasında kuraklık analizi yapmışlardır. Bunun için meteorolojik data olarak 1926-2008 yılları arasındaki veriler kullanılmış ve bu periyod 1926-1966 ve 1967-2008 olarak ikiye ayrılmıştır. Bu periyotlar 1,3,6,9,12,24 aylık olarak incelenmiştir. Sonuçlar ikinci periyod 24 aylık dönemde % 20 lik,12 aylık dönemde ise %35 lik standart değerlerde artış olduğunu ortaya koymuştur. Kısa dönemde ise %10 luk bir artış olduğunu göstermiştir. 6 ve 9 aylık periyotlarda ise herhangi bir fark bulunamamıştır. Yağış eksikliğinin nehir akımını ve havza yer altı suyunu etkilediği belirtilmiştir.

Küçükyaman (2010), tez çalışmasında Akdeniz bölgesinde yer alan Kovada Gölü'nün kuraklıktan nasıl etkilendiğini görebilmek için bölgede meteorolojik ve hidrolojik incelemeler yapmıştır. 1964-2007 yılları arasındaki akım serilerini kullanmıştır. Kovada Gölü'ne ait 3,6,9,12 ve 48 aylık yağış verilerini kullanarak standart yağış indeksi yöntemi ile kuraklık kategorilerini belirlemiştir. Bölgedeki tüm yağışların kuraklık kategorilerine bakıldığında kurak dönemlerin seri boyunca %52 lik bir kısma denk geldiğini bulmuştur. 44 yıllık süre boyunca kurak dönemlerin yağışlı dönemlerden daha fazla olduğunu göstermiştir.

İlgar (2010), Çanakkale ilinde kuraklık durumu ve eğiliminin belirlenmesi için standart yağış indeksi kullanarak yaptığı çalışmasında 1929-2007 yılları arasında gözlenmiş aylık yağış serilerini kullanmıştır. Serileri 3 aylık ve 12 aylık analiz yaparak incelemiştir. Sonuçlara göre Çanakkale ilinde kuraklık koşullarında artış olduğunu saptamıştır. İlkbahar mevsimi kuraklığında azalma, yaz ve sonbahar kuraklığında ise belirgin olmayan bir artış eğilimi olduğunu belirtmiştir.

Kıymaz ve ark. (2011), Seyfe gölünde kuraklığı incelemek amacıyla kuraklık oluşumlarını 1.dönem (1975-1991) ve 2.dönem (1992-2008) diye ayırarak iki kısımda incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre iki dönemin kuraklık değerlerinin birbirinden farklı olduğunu bulmuşlardır. 1975-2008 yılları arasında her türlü kuraklığın gözlendiğini bulmuşlar ve ikinci dönem hafif kuraklık değerlerinin 3,6,9,12 aylık süreçlerde birinci döneme göre artış gösterdiğini saptamışlardır.

Fidan (2011), tez çalışmasında Doğu Akdeniz Bölgesinde bulunan 58 meteoroloji istasyondan elde ettiği yağış verilerini kullanarak standart yağış indeksi yöntemiyle bölgenin kuraklık değerlerini bulmuştur. Seri olarak 1975-2009 yılları arasındaki yağış değerlerini kullanmıştır. Eksik gözlem istasyonlarını regresyon analizi ile tamamlamıştır. Yağış serilerini 1,2,3,6,9,12,24 ve 48 ay olarak kuraklık indekslerini bulmak için kullanmıştır. Elde ettiği kuraklık değerlerini hafif,orta,şiddetli ve çok şiddetli olarak sınıflandırmıştır. Standart yağış insidi ile bölge %60 ve %85 arasında değişen oranda hafif kurak, %12 ve %28 oranında orta kurak,%3 ve %17 oranında şiddetli kurak ve %14 oranında çok şiddetli kurak olarak tanımlamıştır.

Atmaca (2011), Konya ilinde bulunan istasyonları kullanarak yürüttüğü kuraklık çalışmasında 10-84 yıl süreli 44 yağış gözlem istasyonundan elde ettiği aylık toplam yağışları kullanarak standart yağış indeksi yöntemiyle kuraklık analizi yapmıştır. Öncelikle istasyonlardan elde ettiği 3,6,9 ve 12 aylık kümülatif yağış serilerini kullanarak 4 ayrı seri elde etmiştir. 3,6,9 ve 12 aylık toplam yağmur serilerinin trend analizini yapmıştır. SPİ yöntemine göre Konya ilinde %50 oranında kuraklık yok durumunun yaşandığını belirtmiştir. Her iki yılda bir kuraklık hadisesinin yaşanacağını belirterek bölgede kurak dönemlerin yağışlı dönemlere göre daha fazla olduğunu söylemiştir. Ayrıca çalışmasında L momentler yöntemi ile bölgeselleştirme yaparak bölgenin kuraklık bakımından homojen olup olmadığını irdelemiştir.

2.2. L-Momentler ile İlgili Yapılan Çalışmalar

L-Momentler ile ilgili ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalar söz konusu olduğunda çalışmaların daha çok sele neden olabilecek ekstrem yağışlar ve yağışlar sonucu taşkına sebebiyet verebilecek akarsu akımları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Taşkın seddesi, barajlar gibi yapıların projelendirilmesinde, su kaynakları planlamasında hidrolojik istatistikler son derece önemlidir.

Hidrolojik istatistikleri, belirli bir matematik formülü formuna sokabilmek için çeşitli parametreler ve dağılımlar kullanılmaktadır. Bu parametreler olmadan herhangi bir matematiksel işlem yapılamaz. Hidroloji bilimiyle iç içe olan istatistik, hidrolojistlerin analiz etmeye çalıştığı taşkın, aşırı yağış vs gibi olaylarda planlama yapabilmeleri, parametreleri elde edebilmeleri için çeşitli yöntemler sunar.

L-Momentler konusunda çalışan hidrolojistler Standart Yağış İndeksinde olduğu gibi yağış miktarını ölçebilen meteoroloji gözlem istasyonlarının uzun yıllar boyunca oluşturulmuş yağış-zaman serilerini kullanmışlardır. Bu tarz çalışmalarda amaç, zarar verebilecek ani ya da beklenen taşkınların ne kadar sıklıkla meydana gelebileceğini yani yineleme periyotlarını ve tahmini büyüklüklerini hesaplamaktır. Araştırmacılar genellikle akarsu havzalarını seçmişlerdir. Çünkü akarsu havzalarında genellikle büyük barajlar, taşkın seddeleri ve sulama yapılan tarım arazileri ya da

şehirler bulunur. Yani insanların kalabalık olarak yaşadığı bölgeleri tercih etmişlerdir.

Bilim adamları öncelikle çalışma yapacakları bölgeyi belirlemişlerdir. L-Momentler yöntemi ile hidrolojik hesaplama yapılacak olan dağılımların bazı parametreleri belirlenir. Bölgenin yağış konusunda homojen ya da heterojen olup olmadığına bakılır buna göre havza ya da bölge alt kısımlara ayrılır. Bu şekilde benzer dağılıma uyan homojen bölgeler elde edilir. Çalışmayı yapan kişi eğer bir bölgede diğer istasyonlardan farklı sonuç veren bir istasyon var ise çalışmadan atabilir. Makale yazan hidrolojistler de bu durumu gözönüne almışlardır. Çünkü eğer havza homojen olursa daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

Ülkemiz genel olarak yarı kurak bir iklimde bulunduğundan çok aşırı şiddetli yağışlar ve sonucunda oluşan taşkınlar sıklıkla görülmemesine rağmen özellikle yağış miktarının fazlalığından ve yamaçların dik olmasından dolayı Karadeniz bölgesinde seller görülebilmektedir. Gelebilecek taşkınları tahmin edebilmek için doğru ve güvenilir yağış miktarı ve nehir debisi değerlerine ihtiyaç vardır. Araştırma yapan kişiler öncelikle somut bir sonuç verebilecek hidrolojik kayıtları elde etmişlerdir. Bazı araştırmacılar sadece bildiğimiz istasyonların ileriye dönük tahminde yeterli olmayacağını yağış izleyen radar vb teknolojik aletlerinde kullanılması gerektiği konusunda dikkat çekmişlerdir.

Bölgesel frekans analizi yapılırken bir bölgedeki ekstrem yağışlar kullanılabildiği gibi kuraklığa neden olabilecek minimum yağışlar da kullanılabilir. Çoğu araştırmacı yaptıkları analizlerin o bölge için uygunluğunu çeşitli simülasyon programlarıyla test etmişlerdir.

Hosking ve Wallis (1993), bölgesel frekans analizinde kullanılacak yöntemi geliştirmek için çok sayıda çalışma ve testler yapmışlardır. Taşkın görülen yerin homojenliğini belirlemek ve derecesini anlamak için metotlar geliştirmişlerdir. L-momentler tekniği bölgesel dağılım belirlemede konu ile ilgilenen pek çok akademisyen tarafından kullanılmıştır ve kullanılmaya devam etmektedir. Yaptıkları çalışmalarda bölgesel frekans analizinde kullandıkları 3 istatistiği şu şekilde açıklamışlardır: 1. Uyuşmazlık (discordancy) ölçüsü, bölgedeki uyumsuz istasyonları belirtir. 2. Heterojenlik ölçüsü, bölgenin homojenliğini ya da heterojenliğini ortaya

koymak için kullanılır. 3. Uygunluk ölçüsü, seçtiğimiz dağılımın verilere uygulanıp uygulanamayacağını gösterir.

Okur ve Şorman (2000), yaptıkları çalışmada Batı Karadeniz bölgesinde seçişmiş 16 tane istasyona L-momentler tekniğini kullanarak noktasal ve bölgesel frekans analizi uygulamışlardır. Bölgeselleştirme tekniği olarak gösterge sel metodu ve tahmin edilen tekerrür periyotlarının doğruluğu içinse Monte Carlo simülasyonunu kullanmışlardır. Bölgesel büyüme eğrileri çizilerek istenen tekerrür periyoduna karşılık gelen taşkın tasarım değerleri, hata bandları vs bulunmuştur. Ayrıca bölgede 1998 yılında meydana gelen selin frekans analizi de yapılmıştır. Genelleştirilmiş Pareto ve Pearson Tip 3 dağılımları uç değerlerin atılmasıyla değişkenlik göstermişlerdir.

Fowler ve Kilsbyc (2003) İngiltere'de uzun günler boyunca devam eden yağışların ciddi taşkınlara yol açtığını ve en önemli sebebin çoklu gün olarak devam eden yağışlar olduklarını belirtmişlerdir. Bu tarz yağışlar barajlara, drenaj kanallarına, sel seddelerine büyük zararlar vermektedir. Bölgesel frekans analizi için İngiltere boyunca yer alan 204 istasyon kullanılmıştır. 1,2,5 ve 10 günlük maksimum yağışlar 1961 yılından 2000 yılına kadar olan seride çalışmaya konmuştur. 1,2,5 ve 10 günlük geçici değişiklikler L momentler yardımıyla analiz edilmiştir. 1961 ve 2000 yılları arasında 1ve 2 günlük serilerde küçük değişiklikler olurken; 5 ve 10 günlük serilerde önemli değişiklikler gözlenmiştir. Adanın en kuzeyinde 1990'lı yıllarda 10 günlük maksimum yağış serisinde yükselme eğilimi gözlenmiş ve tekerrür süresi neredeyse yarıya inmiştir. Bunların taşkın kontrol gibi plan ve projelerde göz önüne alınması gerektiğini dile getirmişlerdir.

Şorman (2004), yayınladığı makalede klasik parametre tahmin yöntemleri ile olasılık ağırlıklı momnetler yöntemini karşılaştırmıştır. Uygunluk testlerini de bu karşılaştırmaya dahil etmiştir. L momentler yöntemiyle bulduğu noktasal dağılım parametrelerini ve 4-5 parametreli dağılım fonksiyonlarını test etmiştir. Ve çalışmasını somut kılmak için Batı Karadeniz bölgesindeki akım gözlem istasyonlarından elde ettiği verileri kullanmıştır. İstasyonlar arası korelasyon katsayısı, gözlenen değerler ve istenilen tekerür periyotlarına karşı gelen akım değerleri gibi sonuçları da çalışmasına dahil etmiştir.

Eslamian ve Feizi (2006), hidrolik yapıları tasarlama ve su kaynakları planlaması yapılırken hidrolojik olayları tahmin etmede kullanılacak metodları geliştirmenin hem hidrolojislert hem de istatistikçiler için bir hayli ilginç olduğunu belirtmişlerdir. İstatistik biliminde bilgisayar devriminin gerçekleşmesi ve noktasal frekans analizinin yeterince güçlü olmaması nedeniyle 1990'lı yılların başlarından itibaren taşkın analizinde L-momentler tekniğinin kullanıldığının altını çizmişlerdir. Çalışmalarında İran'da bulunan Zayendehrood havzasında yer alan 18 istasyonun maksimum aylık yağış değerleri kullanılmış, akabinde Genelleştilmiş Ekstrem Değer ve Pearson Tip 3 dağılımları uygun dağılım olarak seçilmiştir. Ve model parametreleri tahmin edilmiştir. Elde edilen ekstrem yağış parametrelerinin ileride kurak bölgeler için meteorolojik kuraklık planlamasında kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Norbiato ve ark. (2007) Journal of Hydrology de yayınlanan çalışmalarında Doğu İtalyan Alplerinde Tagliamento nehir havzasında 29 Ağustos 2003'te meydana gelen fırtına ve oluşan ani selin karakterini çözmeyi amaçlamışlardır. Friuli-Venezia Giulia bölgesinde kısa süreli maksimum yağışlar, L moment tekniği ile bölgesel frekans analizi yapmak için kullanılmıştır. Kappa dağılımına uyan bölgesel büyüme eğrilerinin alt havza belirlemede kullanışlı olabileceğini belirtmişlerdir. Yaptıkları analiz, tek dönüş periyodunun fırtına olayına sebeb gösterilmesinin gerçekçi olmadığını ve sadece geleneksel yağış ölçme istasyonları ile bu işin yapılamayacağını, ileri teknolojik yağış takip edebilen radar sistemlerinin de sel, fırtına ve taşkın tahminlerinde faydalı olabileceğini göstermiştir.

Erkuş (2007), yaptığı tez çalışmasında istatistiksel olarak iki homojen alt bölgeye ayrılabilecek Kuzey Ege bölgesindeki 45 istasyonda kaydedilen yıllık maksimum akımların bölgeselleştirmesini yapmıştır. Kuzey Ege havzasında 19, Gediz havzasında 20 ve Küçük Menderes havzasında 8 istasyon değerlendirmeye alınmıştır. Bu bölgede boyutsuz taşkınların bölgesel tahmini için 4 ayrı bölgeselleştirme seçeneği önermiştir. İlk yaklaşım, bölgesel ortalama değişkenlik katsayılarını; ikincisi logaritmik standart sapmaların ağırlıklı bölgesel ortalamalarını; üçüncü yaklaşımda T tekerrürlü noktasal boyutsuz taşkın tahminlerinin ağırlıklı ortalamalarını; son olarak dördüncü seçenekte ise bu tahminlerin medyanlarını

kullanmıştır. İstasyonlardaki T=2,5,10,20,50 ve 100 yıl tekerrürlü tahminlere kıyasla bölgesel yaklaşımların ortalama performanslarını, BİAS (oransal hata) ve RMSE (karesel ortalama hatanın karekökü) ölçütlerini karşılaştırarak irdelemiştir.

Parida ve Moalafhi (2008), belirli tekrarlanma aralıklarında gerçekleşen şiddetli yağış değerlerinin bilinmesinin tarımsal planlamada ve su kaynaklarının yönetilmesinde önemli olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmalarında değişken geniş varyasyon katsayısı özelliği gösteren yıllık yağmur miktarının olduğu yarı-kurak Botswana 'yı ele almışlardır. Uzun dönem yıllık yağış verisi sağlayan 11 sinoptik istasyonun 1961-2003 yılları arasındaki dataları kullanılmıştır. Araştırmacılar Botswana'da yağış miktarının 1981 senesine kadar artış göstererek çok yüksek değerde olduğunu ama 1981 senesinden sonra düşme eğilimine girdiğini belirtmişlerdir. Çalışma, bütün istasyonların homojen özellik gösterdiğini ve Genelleştirilmiş Ekstrem Değer dağılımına uyduklarını ortaya koymuştur. 10 yıllık tekerrür aralığında yağmur dağılımında %2-17 aralığında düşme, 50 yıllık tekerrür aralığında ise %0-14 lük bir azalma görüldüğünü bulmuşlardır.

Apaydın ve ark. (2009) yayınladıkları makalede Trabzon ilinde taşkınlara sebebiyet veren yıllık maksimum yağışların bölgesel frekans analizini yapmışlardır. Bunun için 10 yağış istasyonundan elde ettikleri 10 ve 78 yıl arasında değişen yıllık maksimum yağış serilerinden faydalanmışlardır. Olasılık parametre tahminlerinde L momentler tekniğinden yararlanılmıştır. Her bir istasyon 1 bölge olarak kabul edilmiş ve homojenlik testleri bu kabule göre yapılmıştır. Trabzon ilinde gerçekleşen yıllık maksimum yağışların homojen olduğu saptanmıştır. En uygun olan dağılımların ise Genel Lojistik, Pearson Tip 3, Genel Normal, Genel Extreme Değer olarak tespit edilmiştir. Belirli tekerrür periyotlarında gelmesi muhtemel yağış değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Seçkin (2009), yaptığı doktora tezinde, dağılım parametrelerini tahmin edebilmek için L momentler tekniğini kullanmış ve bu tekniği Türkiye'de bulunan 26 havzadaki 455 istasyona uygulamıştır. Homojen bölgeleri tanımlamak için L momentler gösterge sel metodunu kullanmıştır. Elde ettiği homojen bölgelere Genelleştirilmiş Normal, Genelleştirilmiş Extreme Değer, Pearson Tip 3, Wakeby, Genelleştirilmiş Pareto, Genelleştirilmiş Lojistik dağılımları uygulayarak tekerrür

değerlerine karşılık gelen tasarım taşkın değerlerini bulmuştur. Tahmin edilen tekerrür değerlerinin doğruluğunu Monte Carlo similasyonu ile test etmiştir. Her havza için en uygun dağılımı belirleyerek alan-debi ilişkisini belirtmiş ve o havzada alanı bilinen herhangi bir bölge için ortalama debi formüllünü göstermiştir. Sonuç olarak Türkiye havzalarına en iyi uyan dağılımın Genelleştirilmiş Lojistik olduğunu bulmuştur.

Dodangeh ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada İran'ın kuzey bölgesinde bulunan Sefidrud barajı havzasında yer alan 41 akım ölçüm istasyonunun 26 tanesinin verileri dikkate alınarak L-Momentler yardımıyla bölgesel frekans analizi yapmışlardır. Çalışma havzasına L-Momentler uygulayınca havzanın homojen olmadığını yani heterojen olduğunu tespit etmişlerdir. H1 değerinin çok büyük yaklaşık 13.68 olarak bulmuşlardır. Homojen olmasını sağlamak için havzayı doğu ve batı olmak üzere iki parçaya ayırmışlardır. Çalışma sonucu doğu bölgesi homojen çıkmış ama batı bölgesinde 3 istasyon çalışma dışı tutularak homojenlik elde edilmiştir. İki bölge için de Genelleştirilmiş Lojistik ve Pearson Tip 3 dağılımları en uygun dağılımlar olarak belirlenmiştir.

Saf (2011), çalışmasında güvenilir taşkın tahmini yapabilmek için bölgesel frekans analizinde temel faktörün homojen bölgenin tespit edilmesi gerektiğini bildirmiştir. Batı Akdeniz havzasının yıllık maksimum taşkın serilerini taşkın frekans analizi Dalrymple ve L momentler ile yapmıştır. Bölgeyi Antalya, Aşağı-Batı Akdeniz ve Yukarı-Batı Akdeniz olmak üzere 3 homojen kısma ayırmıştır. Belirli tekerrür periyotlarına karşılık gelen taşkın tasarım debilerini bulmuştur. Sonuç olarak kısa periyotlarda farkın az olduğu ancak uzun tekerrür dönemlerinde çarpıklığın yüksek ve farkın fazla olduğunu gözlemlemiştir.

Yürekli ve ark. (2011), çalışmalarına Tersakan çayı havzasında yüzey drenaja neden olan günlük maksimum yağmurların bölgesel frekans analizini yapmak amacıyla başlamışlardır. Yağış verisi olarak havzada bulunan 8 istasyondan elde edilen günlük maksimum yağışlar kullanılmıştır. Bölgesel frekans analizinde L momentler tekniğinden faydalanılmıştır. İstasyonları bölgeselleştirme, düzensizlik, heterojenlik ölçüsü, ve bölgesel tekrarlanma tahminleri için tek bölge olarak kabul etmişlerdir. Z uygunluk testi, Genel Extreme Değer dağılımında -0.24 ile en düşük

değeri vermiş; böylece en uygun dağılım seçilmiştir.

Tallaksen ve ark. (2011), yayınlanan çalışmalarında Güney Malawi bölgesinde çoğunluğu taşkın yapma eğiliminde olan ekstrem yağışların bölgesel frekans analizini yapmışlardır. Bunun için bölgede seçtikleri 23 yağış istasyonunun 1978-2007 yılları arasındaki serilerinin 1,3,5 ve 7 günlük maksimum yağış değerlerinin incelemişlerdir. Homojen yağış bölgelerini analiz etmek için noktasal taşkın karakteristiklerini kullanmışlardır. Bölgesel yağış indeks dağılımlarını türetmek için L momentler yöntemi uygulanmıştır. L moment oranlarının Kappa dağılımına uyduğu 3 bölgenin homojen ya da heterojenliği Monte Carlo similasyonu ile geçerli kılınmıştır. Araştırmacılar Ekstrem yağış için bölgesel frekans analizi yapmanın mühendislik dizaynında ve selin zararlı etkilerini azaltmada çok etkili olduğunu vurgulamışlardır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

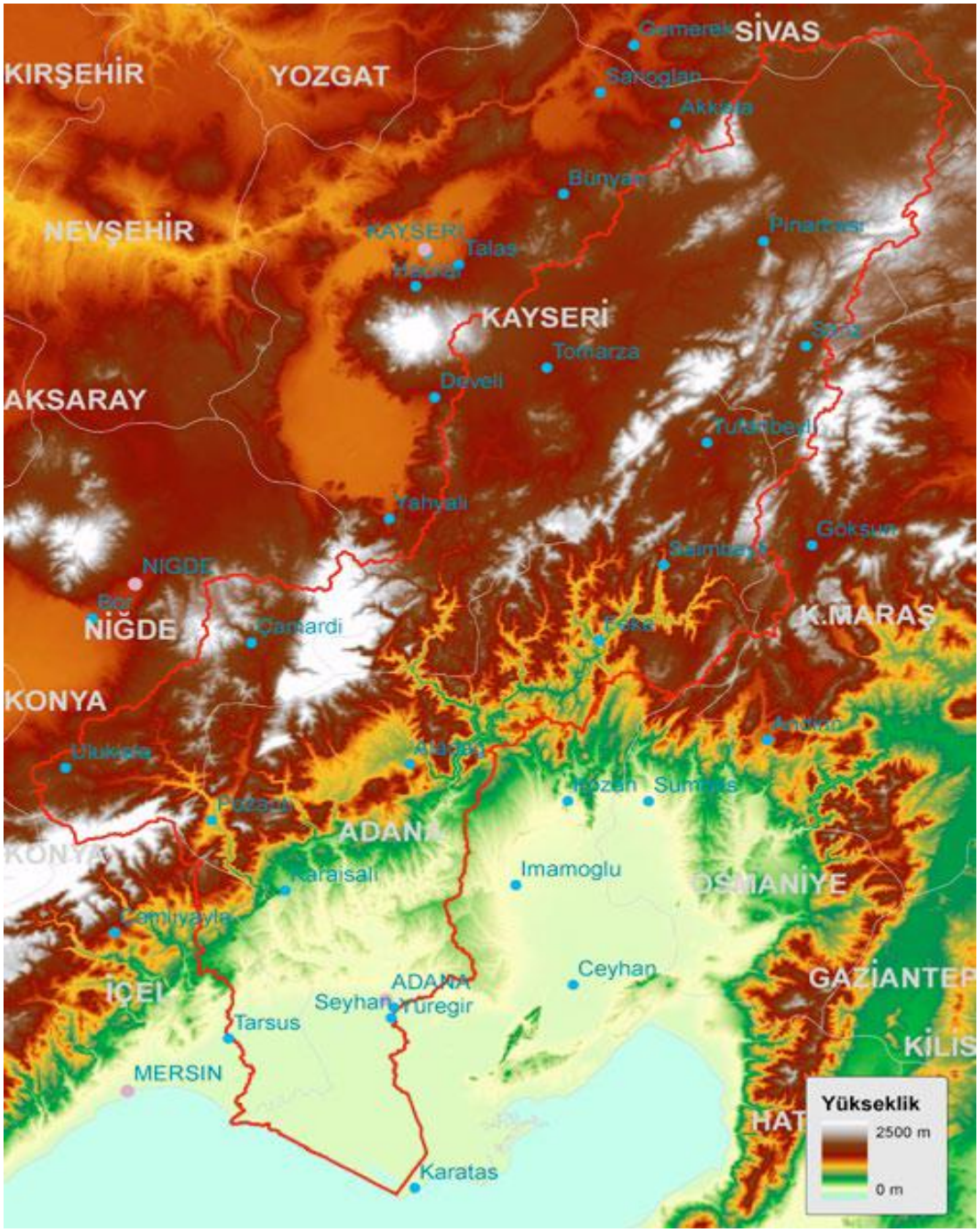
3.1.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada Türkiye'nin en önemli ve verimli havzalarından olan Seyhan Havzası çalışma konusu olarak seçilmiştir. Seyhan Havzası Türkiye'de bulunan 26 hidrolojik havzadan biridir. Havza 20450 km^2 alana sahip olup; Türkiye'nin %2.82'sini oluşturmaktadır. Şekil 3.1 Seyhan Havzası'nın Türkiye'deki konumunu ve sınırlarını göstermektedir.



Şekil 3.1. Seyhan Havzası'nın Türkiye'deki konumu

Seyhan Havzası'nın yukarı bölümü İç Anadolu, orta ve aşağı bölümü ise Akdeniz Bölgesi' nde kalmaktadır. Seyhan havzası tümüyle dağlık bir alan görünümündedir. Şekil 3.2'de Seyhan Havzası'nın coğrafi yapısı görülmektedir.

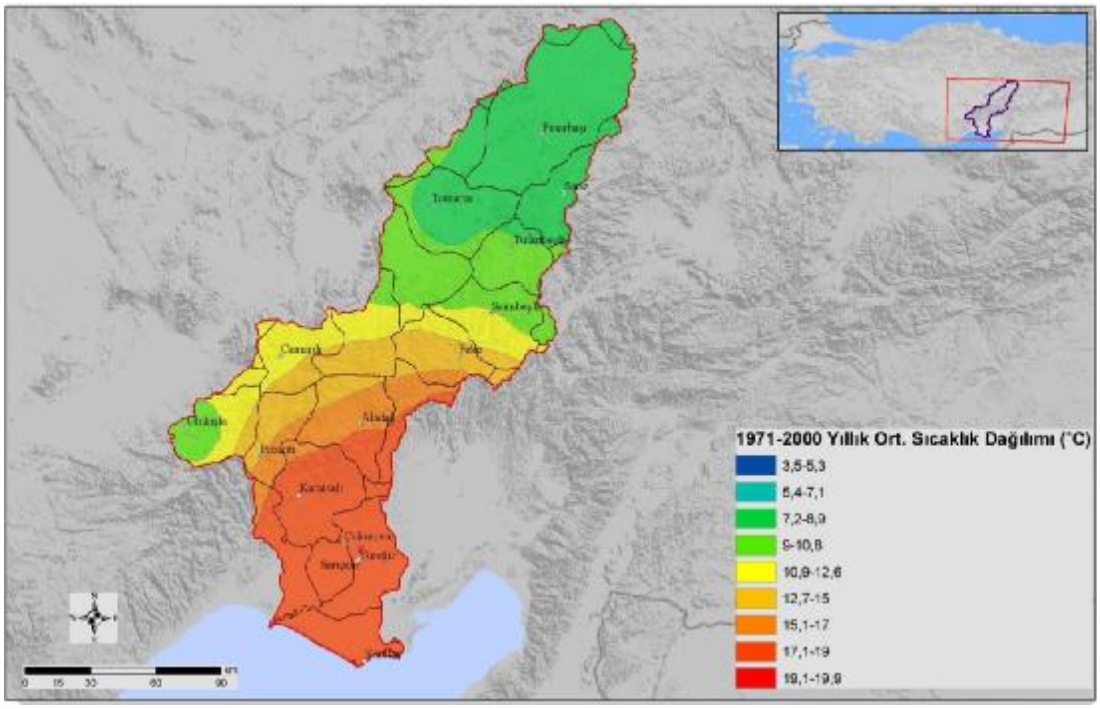


Şekil 3.2. Seyhan Havzası coğrafi yapısı
(Kaynak: Doğa Koruma Merkezi, İklim Değişikliği ve Ormancılık : Modellerden Uygulamaya, 2010 (http://www.dkm.org.tr/))

Öte yandan havza alanının 185566 hektarlık bölümü ovalık alan niteliği göstermektedir. Yağış alanı 20450 km^2 olan havzanın suları Göksu, Zamantı, Kürtün, Eğlence ve Çakıt akarsuları ve bunların kollarıyla Seyhan Irmağı' nda toplanmaktadır. Yıllık su hacmi yaklaşık 6 milyar m^3 olan havza topraklarının 314625 hektarlık bölümü sulanabilecek niteliktedir. Seyhan havzasında değişik yaşta tortullar, şistler ve püskürükler yayılım gösterir. İklim bakımından üç farklı kesim olan Seyhan havzasında, kıyı kesiminde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Havzanın kuzeyi ise yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı iklim tipinin egemen olduğu kesimlerdir. Seyhan havzasında kurak kuzey kesimiyle kıyı kesimi arasında kalan ve kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan Toroslar' ın yer aldığı kesim ise öbür bölgelerden farklı olarak daha yağışlı ve daha soğuktur. En yağışlı kesim, havzanın yüksek olan orta bölümüdür. Seyhan havzasının bitki örtüsü iklim, jeoloji, toprak ve yeryüzü şekillerindeki değişmelere bağlı olarak üç önemli yapı göstermektedir. Havzanın kuzeyindeki kurak kesimlerde doğal bitki örtüsü ot ve çayırken, bu örtünün arasında yer yer ahlat ve meşe çalısı gibi bitkilere de rastlanmaktadır. Seyhan havzasının güneyindeki alçak alana doğru inildikçe Akdeniz iklimine özgü çalı-maki topluluğunun yaygın olduğu görülür.

(Seyhan Havzası Küresel İklim Değişikliği Etkileri İzleme Sistemi internet sayfası, (http://iklimcbs.cevreorman.gov.tr/altkatgor.aspx?id=105&lang=1)).

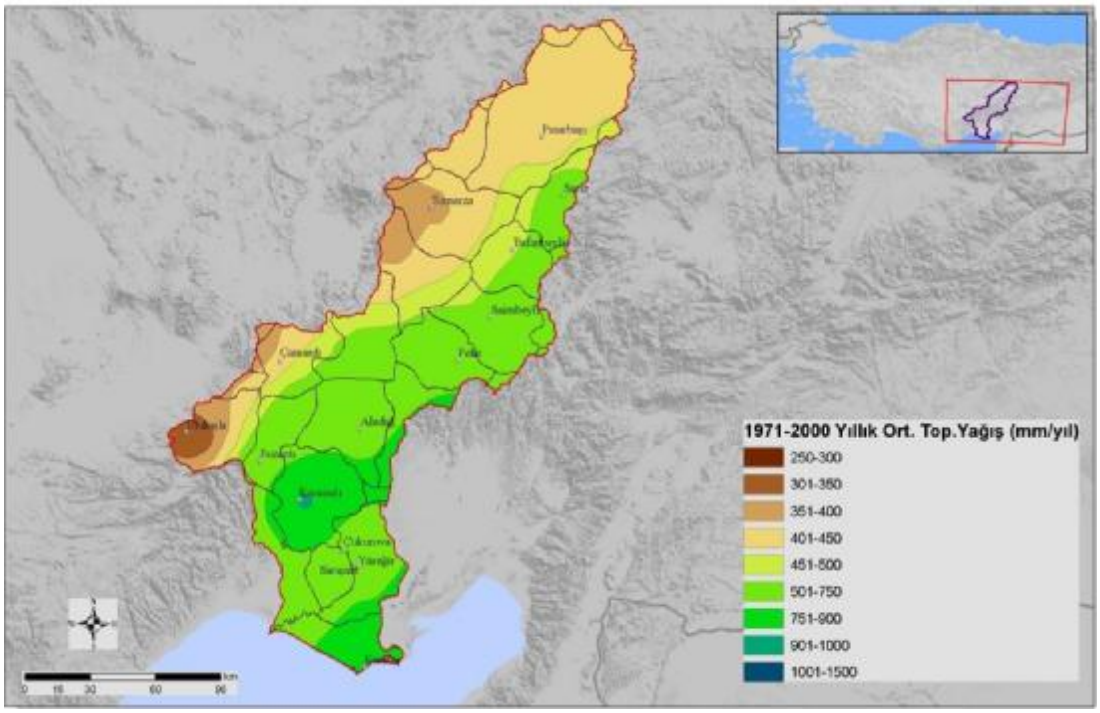
Seyhan Havzası'ndaki değişen topografik yapı, yağış ve sıcaklıkla birlikte kuraklığın şiddetini, süresini ve kategorisini de değiştirmektedir. Havzanın yüksek kesimleri daha az yağış alırken güneyi daha çok yağış alır ve sıcaklık ortalama 10 derece daha yüksektir. Yıllık ortalama sıcaklık da havza içerisinde çok değişkenlik gösterir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Seyhan Havzası'nda yıllık ortalama sıcaklık dağılımı (Kaynak: Havza Koruma Eylem Planları - Seyhan Havzası, Tübitak Mam Çevre Enstitüsü, 2010)

Güney ve sahil kesimlerde yazları ve bazı kış aylarında hafif kuraklık ve şiddetli kuraklık görülmektedir. Yağışı daha iyi olan kuzey ve dağlık kesimlerde ise genelde hafif kuraklık görülür. Kuzey kesimler rakım olarak daha yüksek olduğundan kışın özellikle yağışın büyük bir kısmı kar şeklinde düşer. Ancak havzanın Türkiye'deki konumu itibariyle güneyde olmasından dolayı kar çok uzun süre kalmaz. Rakımı 1000 m civarı olan bölgelerde kar yaklaşık 3-4 hafta, rakımı 1000-1500 m olan bölgelerde 1-2.5 ay, rakımı 1500 m den yüksek olan kesimlerde ise 3 ay kalır. Havzanın en yüksek bölümü olan 3500 m lik zirvelerin bulunduğu Aladağlar bölümünde ise küçük buzullar bulunur ve kar yaklaşık 6-7 ay yerde kalmaktadır. Karın çok yağması ve yüksek kesimlerde kışın depolanması hem kuzey bölüm hem de güney bölüm için yaz kuraklığının çok az hissedilmesini sağlar. Karın bulunması, baharda gelecek suyun garantisi olduğundan tarımsal kuraklık açısından çok değerlidir. Havzanın güneyinde haziran-temmuz-ağustos dönemlerinde çok az yağış düşmektedir. Ancak kuzeydeki kar deposunun bulunması ve baharda taşan nehir ve derelerin doldurduğu irili ufaklı barajların bulunması en azından hidrolojik

kuraklığın oluşmasına engel olmaktadır. Şekil 3.4' de Seyhan Havzası yıllık ortalama yağış miktarları görülmektedir.

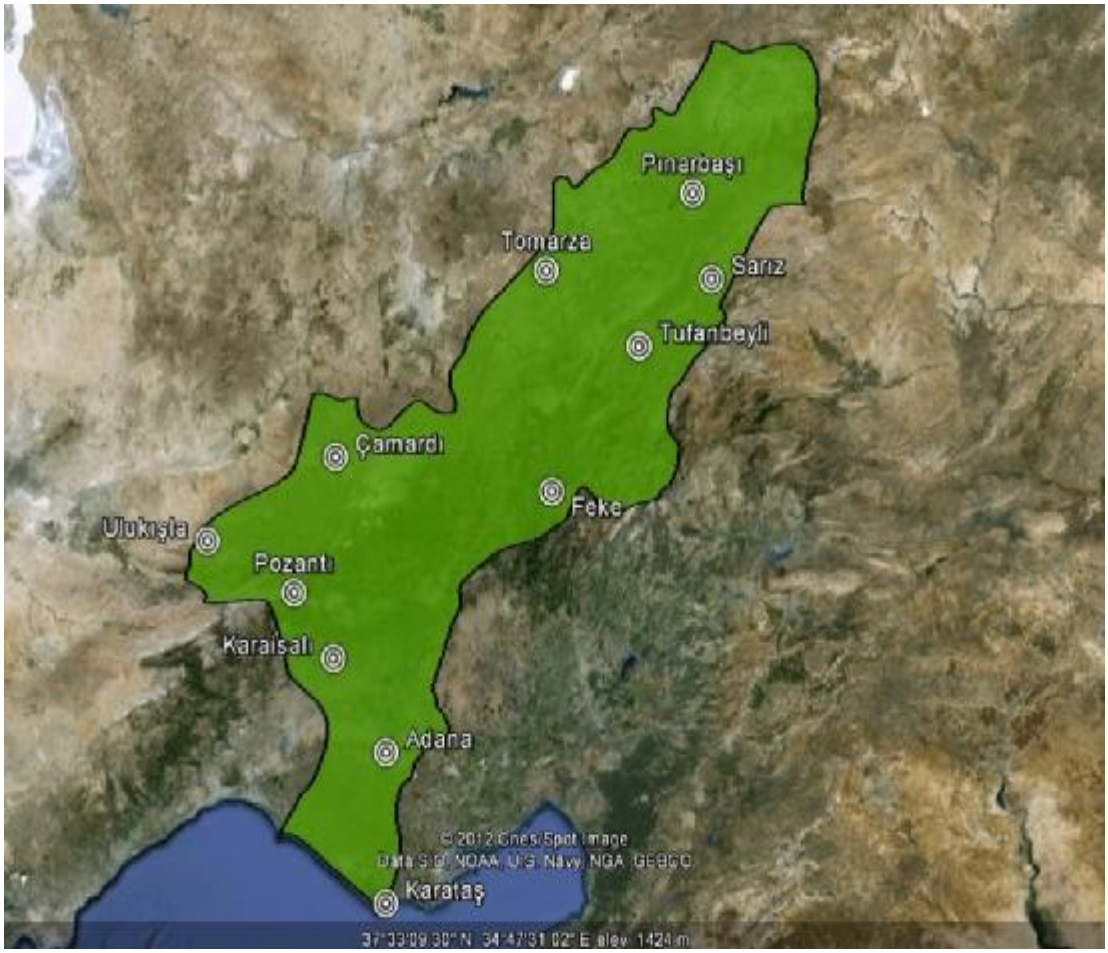


Şekil 3.4. Seyhan Havzası'nda yıllık ortalama yağış dağılımı (Kaynak: Havza Koruma Eylem Planları - Seyhan Havzası, Tübitak Mam Çevre Enstitüsü, 2010)

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Verilerin Kaynağı

3.1.2.1. Yağış Verileri

Çalışmada kullanılan istasyonların özellikleri ve yıllara göre yağış serileri Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğün'den elde edilmiştir. Çalışmanın hassas sonuçlar verebilmesi için en az 20 yıl uzunluğundaki seriler kullanılmıştır. 20 yıldan daha az süreli kayıt tutan istasyonlar hesaba katılmamıştır. Toplamda Seyhan Havzası'nda 11 tane istasyon kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarının Seyhan Havzası'ndaki konumları Şekil 3.5'de; istasyon numaraları ve kayıt süreleri Çizelge 3.1'de; ortalama deniz seviyesinden yükseklikleri ve coğrafi koordinatları Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Seyhan Havzası'nda kullanılan istasyonların konumu

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarının DMİ istasyon numaraları ve kayıt yılları

Sıra	İstasyon Adı	İstasyon No	Gözlem Yılları	Gözlem Süresi (Yıl)
1	Adana	17351	1970-2012	43
2	Çamardı	6893	1970-1994	25
3	Feke	6902	1970-1994	25
4	Karaisalı	17936	1970-2012	43
5	Karataş	17981	1970-2012	43
6	Pınarbaşı	17802	1970-2010	41
7	Pozantı	17934	1970-1993	24
8	Sarız	17840	1970-2011	42
9	Tomarza	17837	1970-2010	41
10	Tufanbeyli	6204	1986-2012	27
11	Ulukışla	17906	1970-2012	43

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarının ortalama deniz seviyesinden yükseklikleri ve coğrafi koordinatları

Sıra	İstasyon Adı	İstasyon No	Yükseklik(m)	Enlem	Boylam
1	Adana	17351	27	37° 00' 30" N	35° 20' 67" E
2	Çamardı	6893	1500	37° 49' 54" N	34° 59' 03" E
3	Feke	6902	620	37° 49' 04" N	35° 54' 46" E
4	Karaisalı	17936	241	37° 15' 05" N	35° 03' 47" E
5	Karataş	17981	22	36° 33' 51" N	35° 22' 96" E
6	Pınarbaşı	17802	1500	38° 43' 17" N	36° 23' 39" E
7	Pozantı	17934	750	37° 25' 00" N	34° 53' 00" E
8	Sarız	17840	1500	38° 28' 47" N	36° 29' 49" E
9	Tomarza	17837	1400	38° 26' 00" N	35° 48' 00" E
10	Tufanbeyli	6204	1350	38° 15' 54" N	36° 13' 13" E
11	Ulukışla	17906	1453	37° 33' 00" N	34° 29' 00" E

3.2. METOT

Bu çalışmada öncelikle Standart Yağış İndisi yöntemi ile Seyhan Havzası'nda, yağış ölçer meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilerle, kayıt tutulan zaman aralığında görülen kurak dönemlerin süreleri ve hangi kuraklık kategorisinde yer aldıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu şekilde Seyhan Havzası'nda özellikle verimli ovaların yer aldığı bir bölgede kuraklığın geçmişte ne derece şiddetli ya da yağışın ne derece fazla olduğunun tespiti yapılmaya çalışılmıştır. Seyhan Havzası'nda yer alan 11 istasyonun her birinin SYİ değerleri kayıt süresi boyunca 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemler için belirlenmiştir. Daha sonra her bir istasyonun hangi kuraklık kategorisinde kaç kez yer aldığı belirlenmiş ve bu sayı toplam gözlem sayısına bölünerek kurak olma frekansı elde edilmiştir. Elde edilen SYİ değerleri her istasyon için incelenmiş ve kuraklığın en şiddetli ve nemliliğin en fazla olduğu aylar saptanmıştır. 3 aylık (mevsimsel), 6 aylık (mevsimsel), 9 aylık (mevsimsel) ve 12 aylık (yıllık) süreler için, SYİ değerleri, kuraklığın zaman içinde ay ay nasıl değiştiğinin daha iyi göstermek için grafik haline getirilmiştir. Sadece ay olarak değil de yıl bazında da ortalama SYİ değerleri elde edilerek, kuraklığın yıldan yıla nasıl seyrettiğini belirlemek için de grafikler oluşturulmuştur

Çalışmanın ikinci aşamasında ise Standart Yağış İndeksi yöntemiyle elde edilen SYİ sonuçları baz alınarak, her yılın en kurak ayına karşılık gelen yağış değerleri kullanılarak L-Moment tekniği ile bölgeselleştirme yapılmıştır. L-moment tekniği, istasyonlardan elde edilen serilerdeki her yılın minimum yağış alan ayı kullanılmak yerine Standart Yağış İndisi'nden elde edilen en kurak ayın yağış miktarı kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemle bölgenin kuraklık konusunda homojen ya da heterojen olup olmadığı irdelenmiştir. Standart Yağış İndisi ile 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemler için belirlediğimiz en kurak ayların o dönemde aldıkları yağış miktarları seri haline getirilmiştir. L-Momentler için bu seriler kullanılmıştır. Çıkan sonuca göre havza alt bölümlere ayrılarak homojen alt-havzalar elde edilmiştir.

En son aşamada alt-havzaların en kurak aylardaki yağış miktarlarının büyüme eğrileri ve bölgelerin uydukları en iyi istatistik dağılımları belirlenmiştir. Hem

Standart Yağış İndeksi hem de L-Momentler yöntemi için bilgisayar programları kullanılmıştır.

3.2.1. Standart Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi

Yağış bazı günler şiddetli ve uzun yağması bazı günler ise hiç yağmaması nedeniyle sıcaklıktan daha zor çalışılabilen bir iklimsel fenomendir. Bu yüzden pek çok yağış ile ilgili çalışmada aylık toplam yağışlar kullanılır. Standart Yağış İndisi 1993 yılında Mckee tarafından bölgesel kuraklığı tanımlamak ve değişimleri gözlemleyebilmek için geliştirilmiştir. Herhangi bir zaman aralığında kurak periyotların şiddetini ve özelliklerini belirlemek için tasarlanmıştır. Mckee Yağış miktarındaki değişimin ya da kıtlığının toprak nemi, akarsu akışı, yer altı suyu depolanması gibi su kaynaklarını etkileyen hayati etmenlerin nasıl etkilendiğini araştırmıştır. Kısa ya da uzun zaman aralıkları su kaynakları üzerinde değişik anomaliler gerçekleştirirler. Konunun uzmanları, kurak olayın SYİ değeri sürekli -1 ve altında iken meydana geleceğini ve kurak dönemin SYİ değeri pozitif olunca biteceğini söylemiştir. Her kurak olay; sürdüğü aylar boyunca başlangıcı, bitişi ve şiddeti gibi özellikleriyle belirtilir. Standart Yağış İndeksi genellikle aylık toplam yağış miktarı içeren uzun süreli yağış zaman serileri kullanılarak elde edilebilmektedir. Bu indeks sayesinde olağanüstü yağışlı dönemlerden olağanüstü kurak dönemlere kadar zaman aralıkları belirlenebilir.

3.2.1.1. Standart Yağış İndisi Değerlerinin Hesabı

Standart Yağış İndeksi bir istasyonda meydana gelen yağışın kümülatif olasılığını temel alır. Standart Yağış İndeksi esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde normal dağılıma dönüştürülmüş yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (Eşitlik 3.1) (McKee 1993).

$$SY\dot{I}_{ij} = \left(X_j - \overline{X_j}\right) / S_j \qquad (3.1)$$

Bu eşitlikte :

$SY\dot{I}_{ij}$ ⟹ Standart Yağış İndeksi

X_j ⟹ Yağış miktarı

$\overline{X_J}$ ⟹ Yağış ortalaması

S_j ⟹ Standart sapma

Burada j : istasyonu, i : 1, 2, ..., n ise istasyondaki kronolojik kayıt sırasını göstermektedir. Gerçekte indeks hesaplanması yağışın 12 ay ve daha az periyotlarda normal dağılıma uymaması sebebiyle karmaşıktır ve bu yüzden yağış dizileri öncelikle normal dağılıma uygun hale getirilir. Sonuçta elde edilen SYİ değerleri yağış eksikliği ile doğrusal olarak artan ve azalan bir eğilim gösterir (Sırdaş, 2002). Standart Yağış İndisi değerleri standart normal dağılımlı yağış serileri kullanılarak bulunur.

Thom (1958a) iklimsel yağış serilerine en iyi Gamma Fonksiyonunun uyduğunu bulmuştur. Gamma dağılımı frekansı g (x) aşağıdaki gibi bulunur. Burada α şekil parametresi, β ölçek parametresi ve x yağış miktarıdır.

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

$\Gamma(a)$ ise Gamma fonksiyonudur ;

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

Standart Yağış İndisi bir istasyonda yağış toplamları verilmiş olan frekans dağılımına Gamma yoğunluk fonksiyonu uydurulması üzerine kuruludur. Gamma yoğunluk fonksiyonunun α ve β parametreleri analiz edilmek istenen her istasyon ve zaman ölçeği için tahmin edilir.

Thom (1966b), α ve β tahmininde kullanılacak maksimum olasılık çözümleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

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

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

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

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

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx \quad (3.7)$$

Bu eşitlikte;

$$t = \frac{x}{\beta} \quad (3.8)$$

Olduğunda; Eksik gamma fonksiyonu aşağıdaki gibi oluşur;

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(a)}\int_0^x t^{\hat{a}}\, e^{-t}\, dt \quad (3.9)$$

Gamma fonksiyonu x=0 için tanımsızdır ve yağış dağılımı 0 değerler içerebilir.

$$H\,(x) = q + (1 - q)G\,(x) \tag{3.10}$$

Burada q sıfırın olasılığıdır, m : yağış zaman serisinde sıfırların sayısı aşağıdaki gibi bulunur;

$$q = \frac{m}{n} \tag{3.11}$$

Toplam olasılık fonsiyonu olan $H\,(x)$ eksik gama fonksiyonunun tabloları yardımıyla bulunabilir. Ancak, Mckee ve arkadaşları (1993), bilgisayar yazılımı kullanmışlardır. Toplam olasılık fonksiyonundan elde edilen yağış olasılıkları standart yağışlara dönüştürülür. Bu şekilde ortalaması 0 ve varyansı 1 olan standart yağışlar elde edilir. Daha sonra SYİ değerleri Çizelge 3.3'deki kuraklık derece aralıklarına bakılarak kuraklık sınıflarına dönüştürülür.

Standart Yağış İndisi, farklı zamanlar için kuraklığın belirlenmesinde işe yarar. Fakat zaman serisi kullanıldığından serinin başlangıç değerleri değiştiğinde verdiği sonuçlar değişebilmektedir. Yani serinin başlangıç ölçümleri yanlış yapılmışsa SYİ değişik sonuçlar vereceğinden araştırma yapanları verdiği sonuçlar ile yanıltabilir. İstasyon ölçümlerinin doğru yapıldığından emin olmak gerekir. SYİ, araştırmacılar tarafından özellikle mevsimsel yani 3 ay ve 6 ay periyotluk ya da yıllık (12 ay) ya da uzun süreli 24, 48, 72 ay gibi periyotlar için kuraklığı hesap etmede kullanılır. SYİ sadece bir ayda düşen yağış miktarına bağlıdır. Uzun yıllar boyunca istasyonlara düşen yağış, düştüğü ay ve yıl belirtilmek üzere kaydedilir ve SYİ hesap girdisi olarak kullanılır. SYİ, hesap etmeye çalıştığımız yağış zaman serisinde yağış eksikliğini hesaplar. Hesap ettiği değere göre o dönem kurak, nemli, aşırı nemli gibi değerlendirilir. Değerler Çizelge 3.3 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. SYİ kuraklık indeksine göre kuraklık sınıflandırması (Mckee, 1993)

SYİ İndis Değerleri	Sınıflandırma
2.0 ve üzeri	Olağanüstü Nemli
1.50 — 1.99	Aşırı Nemli
1.0 — 1.49	Orta Nemli
0.0 — 0.99	Hafif Nemli
0.0 — (-0.99)	Hafif Kurak
(-1.0) — (-1.49)	Orta Kurak
(-1.50) — (-1.99)	Aşırı Kurak
(-2.0) ve altı	Olağanüstü Kurak

SYİ normal dağılımlı olduğu için kurak dönemi olduğu gibi nemli dönemleri de gözlemleyebiliriz. Mevsimsel hesaplamalarda (3 ay ve 6 ay) periyot kısa olduğu için SYİ değeri kuraklık sınırında çok rahat hareket eder; ancak, uzun dönem için hesaplarken daha yavaş hareket eder. SYİ hesabında en ez 30 yıllık kesintisiz zaman serileri kullanılır. Eksik seriler istasyonlar arası bağıntı kurularak ya da çeşitli hidrolojil yöntemler kullanılarak belirlenir. İstenilen 1, 3, 6, 9, … şeklinde zaman aralıkları hangi konuda kuraklık incelenecekse belirlenebilir. Mesela yağış eksikliğinin toprak nemine etkisi hemen olduğu için mevsimsel kısa periyotlar tercih edilebilir. Fakat yer altı suları bu değişime daha geç cevap verir ve uzun dönem periyotları tercih etmek gerekir. SYİ sonucunda istenilen zaman aralığında bir bölgenin o zaman aralığı içerisinde kaç defa kurak dönem geçirdiği belirlenir. Bu değer gözlenen toplam süreye bölünerek kurak olma frekansı bulunabilir.

Araştırmacılar kuraklık analizinde ilgili kurum ya da kurumların düzenli olarak kurduğu, ölçüm yaptığı yağış gözlem istasyonlarına bağımlıdırlar. Zaten yapılan çalışmalar tamamen istasyonu olan ya da istasyon olmasa da çeşitli hidrolojik tahmin yöntemleri kullanarak belirli yağış değeri verebilen istasyonlar üzerine kurulmuştur. Bilgisayar devriminin yaşanmasıyla bu tarz istatistiksel ve matematiksel ağır problemler rahatlıkla çözülebilmektedir. Konunun uzmanları da kuraklık konusunda bu nimetlerden fazlasıyla faydalanmaktadırlar. Hem zamandan hem de nakitten kazanmaktadırlar. Ayrıca, Standart Yağış İndisi için de rahat gözlemlenebilen bilgisayar programları geliştirilmiştir. Kuraklık konusunda makale

yayınlayan bilim adamları da standart yağış indeksi için çeşitli haftalık, aylık gibi özel yazılmış programlar kullanmışlardır. Bu programlar sonucunda, kuraklığın durumu konusunda yorum yapabilmektedirler.

SYİ değerleri, internet üzerinden de indirilebilen SPI SL 6.exe bilgisayar programı ile kolayca hesaplanabilir. Program girdisi için notepad dosyası halinde serileri düzenlemek gerekir. Bunun için komut satırına sırasıyla yıl, ay ve yağış miktarı yazılır. Programın çalışabilmesi için yağış değerlerinde virgül olmaması gerekir. Bu yüzden yağış değerleri 100 ile çarpılarak büyütülür. Verilerin girilmesi, programın çalıştırılması ve çıktı dosyasının alınması örneği Ek 1a, 1b ve 1c'de verilmiştir.

3.2.2. L Momentler Yöntemi

Frekans analizi yapılacak bir bölge ya da havzada bulunan akım ya da yağış ölçer istasyonlar havzanın farklı bölümlerinde bulunduklarından değişik topografik yapıya ve iklim koşullarına sahiptirler. Bu nedenle frekans dağılımları birbirlerinden farklıdır ve aynı seçilmemelidir. Frekans analizini hassas ve güvenilir yapabilmek için istasyonların akım ya da yağış değerlerinin doğru ölçülmesi, kaydedilmesi ve yeterli uzunlukta olması gerekir. Benzer coğrafyadaki istasyonlar yakındaki diğer istasyonların da ölçüm bölgesine girdikleri için benzer dağılımlara ve istatistiklere uyan datalar elde edilir. Bu yüzden sadece istasyondan gelecek veriler analiz için güvenilir ve yeterli değildir. Yağışı takip etmeye yarayan radarlar bu istasyonlara alternatif olarak kullanılabilirler. İstasyonlar optimum fayda sağlayacak şekilde yerleştirilmelidir. Benzer istasyonlardaki dataların da incelenmesinin daha güvenilir sonuçlar vereceği düşüncesi Bölgesel Frekans Analizi'ni oluşturmuştur. Bu işlemi gerçekleştirirken yağış ya da akım ölçerlerin farklı ya da uzak kısımlarda bulunması sorun teşkil etmemektedir. Bu çalışmada bölgesel frekans analizi kullanılmıştır. Bölgesel analiz için benzer istatistik özelliklere sahip istasyonlar ele alınmak koşulu ile bölge, homojen alt bölgelere ayrılır. Böylece frekans hesaplarken homojen her bölge için genel bir frekans dağılımı elde edilmiş olur.

3.2.2.1. Gösterge-Sel Metodu (Index-Flood Method)

Gösterge-sel metodu, hidrolojide ve taşkın frekans analizinde uzun bir geçmişe sahip basit bir bölgeselleştirme tekniğidir (Dalrymple, 1960). Gösterge-sel metodu istasyonların homojen bölgelere ayrılmasını temel alır, yani istasyonların bir ölçek faktörü olan gösterge taşkını dışında frekans dağılımlarının aynı olduğunu kabul eder.

$Q_i(F)=\mu_i\ q(F)$, denklemde F aşılmama olasılığını, μ_i i istasyonundaki ortalamayı (indeks taşkını), ve q(F) de her istasyon için aynı olan bölgesel büyüme faktörünü temsil eder. Bölgesel frekans analizi neticesinde q(F) değerini elde ettikten sonra bu değeri istenilen istasyonun ortalaması ile çarparak F tekerrürü için ait olduğu istasyondaki hidrolojik değişkenin $Q_i(F)$ değeri elde edilir. N tane istasyonun bulunduğu bir bölgede i istasyonun n_i tane verisi olduğu ve bu verilerin Q_{ij}, $j=1,2,\ldots,n_i$ şeklinde sembolize edildiği kabul edilirse; $q(F)= Q_{ij}/\mu_i$ şeklinde tanımlanan boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel dağılımın fonksiyonunun tekerrür fonksiyonu (quantile function) olarak karşımıza çıkar.

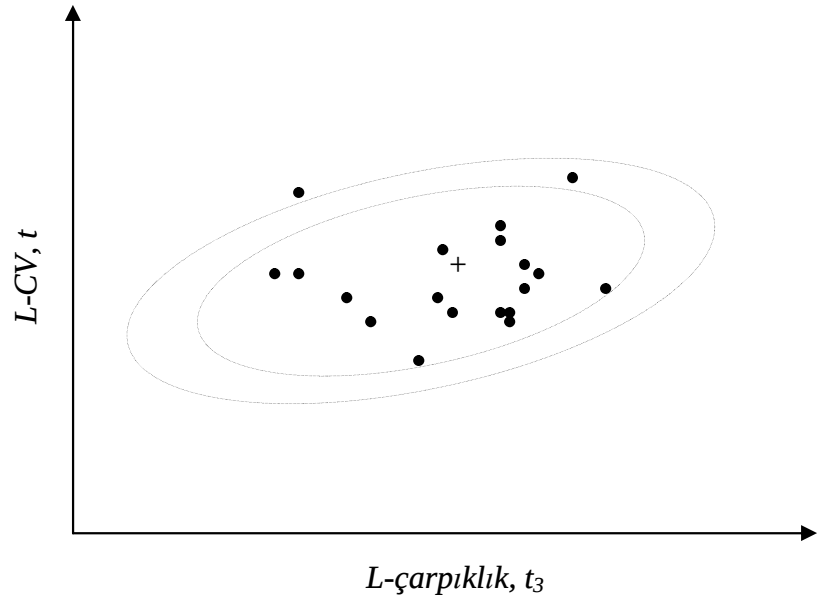
Gösterge sel metodu ile yapılan bölgesel frekans analizi aşağıdaki aşamaları içerir. Bu aşamaların hepsinde L-momentler ve L-moment oranları kullanıldığından gösterge sel metodunun bu haline bölgesel L-moment algoritması denilmektedir (Hosking, ve Wallis ,1997).

1. **Verilerin gözden geçirilmesi**

İstatistik analizlerde, ilk önce eldeki verilerin analiz için uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Uyumsuzluk ölçüsü, verilerin gözden geçirilmesi ve homojen bölge olarak kabul edilen istasyonların birbirleri ile olan uyumlarının saptanması amacı ile kullanılır. Uyumsuzluk ölçüsü bölgedeki istasyon sayısına bağlıdır. Uyumsuz çıkan bir istasyon başka bölgeye kaydırılmalı veya analizden çıkarılmalıdır. Uyumsuzluk ölçüsü, istasyon verilerinin L-moment oranları ile hesaplanır. İstasyonun L-moment oranları (L-cv, L-çarpıklık, L-basıklık) bir noktanın üç boyutlu koordinatları olarak tanımlanır. Bu tanımlanan noktaların L-cv

ve L-çarpıklık değerleri grafikte karşılıklı olarak noktalandığında bir grup oluşturur ve bu grup bir merkeze yani orta noktaya sahiptir. Uyumsuz olarak adlandırılan herhangi bir nokta, bu merkezden oldukça uzaktır. Bu uzaklık kriteri, örnek L-moment oranlarının arasındaki korelasyon olarak tanımlanır. Şekil 3.6. da (+) ile işaretlenmiş olan noktalar kümesinin merkezi, L-cv ve L-çarpıklık değerlerinin grup ortalamasıdır.

Veriler için en uygun seçilen küçük ve büyük eksenli aynı merkeze sahip olan elipsler, istasyonların L-moment oranlarının örnek koveryans matrisleri ile hesaplanır. Uyumsuz noktalar, en dış elipsin de dışında yer alır. N adet istasyon olan bir grupta L-moment oranlarının vektörel formu aşağıdaki gibi ifade edilir.



Şekil 3.6. Uyumsuzluk için tanım grafiği
(Kaynak: Hosking ve Wallis, 1997)

$$u_i = \left[t^i, t_3^i, t_4^i\right]^T \tag{3.12}$$

T: Vektör yada matrisin transpozu

$$\bar{u} = N^{-1}\sum_{i=1}^{N} u_i \tag{3.13}$$

$\bar{u}$: Ağırlıksız grup ortalaması

$$A = \sum_{i=1}^{N} (u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T \quad (3.14)$$

A: Karelerinin toplamının matrisi ve çapraz çarpımı

$$D_i = \frac{1}{3} N(u_i - \bar{u})^T A^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad (3.15)$$

D_i : i istasyonu için uyumsuzluk ölçüsü

D_i, bölgedeki istasyon sayısına bağlı olarak tanımlanır. Eğer hesaplanan D_i değeri Çizelge 3.4 de verilen kritik D_i değerinden büyük ise o istasyon uyumsuzdur denir (Seçkin, 2009).

Çizelge 3.4. Diskordant istatistiği (D_i) için kritik değerler

Bölgedeki istasyon sayısı	Kritik değer	Bölgedeki istasyon sayısı	Kritik değer
5	1.333	11	2.632
6	1.648	12	2.757
7	1.917	13	2.869
8	2.140	14	2.971
9	2.329	≥15	3.000
10	2.491		

(Kaynak:Hosking and Wallis, 1997)

2. Homojen Bölgelerin Belirlenmesi

Bölgesel frekans analizi birçok aşama içerir. Homojen bölgelerin tanımlanması en zor ve öznel yargının en fazla olduğu aşamadır. Bölgesel frekans analizinde tüm bölgeye tek bir frekans dağılımı uygulanır. Bunun uygulanabilmesi için bölgenin homojen olması, her istasyona özgü ölçek faktörünün dışında bölgeye aynı frekans dağılımının uygulanabilmesi anlamına gelen homojenlik koşulunun sağlanması gerekir. Bundan dolayı istasyonlar homojenlik durumunu sağlamak için

alt gruplara ayrılır. Bölgesel frekans analizinde benzer istasyonları gruplandırmada birçok yöntem vardır. Bu yöntemler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

1. Coğrafik Uygunluk
2. Öznel Ayırma
3. Nesnel Ayırma
4. Grup Analizi
5. Diğer çeşitli analiz yöntemleri

Bu yöntemler içinde Grup analizi kullanılır. Grup analizi, bölgesel frekans analizinde istasyonları gruplara ayırmada kullanılan istatistik bir yöntemdir.

Bölgesel homojenlik testinde, θ, L-Cv veya L-Cv, L-çarpıklık, L-basıklık kombinasyonunu temsil eder. $\theta^{(i)}$, i istasyonundaki verilere dayanan noktasal tahmindir. $\theta^{(R)}$ ise bölgedeki tüm istasyonları kullanarak hesaplanan bölgesel tahmindir. Buradan S istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S = \sum_{i=1}^{N} \left(\theta^{(i)} - \theta^{(R)}\right)^2 \tag{3.16}$$

Bu elde edilen S değeri etkisiz dağılım (null distribution) ile karşılaştırılır. Bu dağılımın 4 parametreli kappa dağılımı olduğu farzedilir (Hosking ve Wallis, 1997)

Hosking ve Wallis (1993), bölgesel homojenliği test etmek için iki istatistik vermiştir. İlk istatistik olan uyumsuzluk ölçüsünden daha önce bahsedildi. İkinci istatistik olan heterojenlik ölçüsünün amacı, istasyon gruplarının heterojenlik ölçüsünü belirlemektir. Heterojenlik ölçüsü özellikle homojen olması muhtemel bölgelerin istasyonları arasında örnek L-momentlerin varyasyonlarını karşılaştırır. Homojen bir bölgede bulunan tüm istasyonlar, aynı toplum L-moment oranlarına sahiptir.

Heterojenlik ölçüsü 3 ayrı değerle belirlenebilir (V_1, V_2, V_3)

- $LC_v(t)$' ye bağlı, t'nin ağırlıklı standart sapması

$$V_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N} N_i \left(t^i - t^R\right)^2}{\sum_{i=1}^{N} N_i} \tag{3.17}$$

N : istasyon sayısı

N_i : Her istasyonun kayıt uzunluğu

t^R: t^i'nin ortalama değeri

$$t^R = \frac{\sum_{i=1}^{N} N_i t^i}{\sum_{i=1}^{N} N_i} \tag{3.18}$$

- LC_v-LC_s'ye dayanan, grupta bulunan istasyonların t ve t_3'lerinin grubun ağırlıklı ortalamasına uzaklığı,

$$V_2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} N_i \left\{\left(t^i - t^R\right)^2 + \left(t_3^i - t_3^R\right)^2\right\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^{N} N_i} \tag{3.19}$$

- L-çarpıklık ve L-basıklık' a dayanan, grupta bulunan istasyonların t_3 ve t_4'lerinin grubun ağırlıklı ortalamasına uzaklığı,

$$V_3 = \frac{\sum_{i=1}^{N} N_i \left\{\left(t_3^i - t_3^R\right)^2 + \left(t_4^i - t_4^R\right)^2\right\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^{N} N_i} \tag{3.20}$$

Heterojenlik ölçüsünü hesaplamak için, L-momentlerin grup ortalamasına (1, t^R, t_3^R, t_4^R) kappa dağılımı uygulanır. Bölgenin en büyük numaralı similasyonu (N_{sim}), bu kappa dağılımından elde edilir. Bölgeler homojen olarak kabul edilir ve veriler çapraz korelasyona veya dizili korelasyona sahip değildirler. İstasyonların kayıt uzunlukları değiştirilmeden aynen kullanılırlar. Her bir simüle edilmiş bölge için, V_i (V_1, V_2, V_3 olarak tanımlanmış üç ölçüden herhangi biri) hesaplanır. Simüle edilmiş verilerin μ_v (ortalaması), ve σ_v (standart sapması) hesaplanır. Heterojenlik ölçüsü (3.21) nolu formül ile elde edilir.

$$H_i = \frac{(V_i - \mu_v)}{\sigma_v} \tag{3.21}$$

Hosking ve Wallis (1993), eğer Hi<1 ise bölgenin kabul edilebilir derecede homojen olduğunu, 1≤Hi<2 ise bölgenin muhtemelen heterojen olduğunu, Hi≥2 ise bölgenin kesinlikle heterojen olduğunu söylemişlerdir.

Hosking ve Wallis (1993), H_2 ve H_3'ü V_2 ve V_3'e dayanarak, H_1'i de V_1'e dayanarak hesaplamışlardır. H_1'in homojen ve heterojen bölgelerin ayrımında daha güçlü olduğunu öne sürmüşlerdir. Bundan dolayı V_1'e dayalı H_1 istatistiği, heterojenlik ölçüsünü hesaplamada tavsiye edilmektedir (Seçkin, 2009).

3. Bölgesel Frekans Dağılımının Seçimi

Bölgesel frekans analizinde bölgeye tek bir frekans dağılımı uygulanacağından her istasyona aynı dağılımı uygulamak çoğu zaman imkansızdır. Önemli olan husus noktasal ile bölgesel frekans dağılımının aynı olmadığı durumlar içinde doğru tahminler yapabilecek dağılımlar kullanmaktır (Seçkin, 2009).

4. Bölgesel Frekans Uygunluk Testi

Uyumsuz olmayan istasyonlardan oluşan homojen bir bölgede bir dağılım seçildikten sonra, bu dağılımın bölgeye uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu nedenle birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar Ki kare, Kolmogorov-Smirnov, diğer

genel uygunluk testleri ve L-moment istatistiklerine ve momentlere dayalı testlerdir. Literatürde yaygın olarak L-momentlerin basıklık katsayısını temel alan dağılımın uygunluğu ölçüsü kullanılmaktadır. Bu ölçü şu şekilde hesaplanır: Üç parametreli GEV dağılımının uygun olduğunu varsayalım. Gev dağılımı ile elde edilen L-basıklık $\left(t_4^{GEV}\right)$ ile bölgesel ortalama L-basıklık $\left(t_4^R\right)$ arasındaki fark hesaplanır. $\left(t_4^R\right)$'lerin standart sapmalarını σ_4 ile ifade edersek, σ_4'ler Gev dağılımının uygun olduğu homojen bölgenin simülasyonu ile elde edilir. İstasyonların kayıt uzunlukları gözlenmiş veriler ile aynı alınır. Gev dağılımının Z testi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Z_{GEV} = \frac{\left(t_4^R - t_4^{GEV}\right)}{\sigma_4} \tag{3.22}$$

Örnek L-momentler t_3 ve t_4 tam olarak hatasız alınır. Bu t_3 için çok iyi bir yaklaşımdır ama kayıt uzunluğu kısa (n_i<20) veya populasyonun L-basıklığı geniş ise ($t_3 \geq 0.4$) t_4 için iyi bir yaklaşım değildir. Bu problemin üstesinden gelmek için, t_4 için hata düzeltmesi kullanılır($t_4^R - B_4$). B_4, gözlenmiş veriler gibi aynı kayıt uzunluğuna ve aynı istasyon sayısına sahip bölgelerin bölgesel ortalama L-basıklıklarındaki hatadır. Bölge N istasyona sahip olsun, i'nci istasyonun kayıt uzunluğu n_i ve örnek L-momentler oranları t^i, t_3^i, t_4^i ile, bölgesel ortalama L-Cv, L-çarpıklık, L-basıklık t^R, t_3^R, t_4^R ile gösterilir ve ağırlıklı bölgesel ortalamaları 1 nolu denklem ile hesaplanır. Gözlenmiş verilere uygun olması muhtemel 3 parametreli dağılımlar Genelleştirilmiş Lojistik, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer, Genelleştirilmiş Pareto, Genelleştirilmiş Normal ve Pearson Tip 3 literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu dağılımlar için bölgesel L-moment oranları ($1, t^R, t_3^R$) hesaplanır. Uygulanan dağılımın L-basıklığı t_4^{Dist} olarak adlandırılır. Bölgesel L-moment oranlarına Kappa dağılımı uygulanır ve simülasyon yapılır. Simüle edilmiş bölgeler homojendir ve çapraz korelasyona ve sıralı korelasyona sahip değildirler. İstasyonlar gözlenmiş veriler ile aynı kayıt uzunluğuna sahiptir. Kappa dağılımını uygulamada ve bölgenin simülasyonunda heterojenlik ölçüsünde kullanılan hesaplamalar kullanılır. M'inci

simüle edilmiş bölge için L-çarpıklık (t_3^m) ve L-basıklık (t_4^m) hesaplanır. t_4^R'nin hatası, aşağıdaki formül ile elde edilir.

$$B_4 = N_{sim}^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} \left(t_4^m - t_4^R \right) \tag{3.23}$$

t_4^R'nin standart sapması;

$$\sigma_4 = \left[(N_{sim} - 1)^{-1} \left\{ \sum_{m=1}^{N_{sim}} \left(t_4^m - t_4^R \right)^2 - N_{sim} B_4^2 \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \tag{3.24}$$

ve her bir dağılım için uygunluk testi ölçüsü;

$$Z^{Dist} = \frac{\left(t_4^{Dist} - t_4^R + B_4 \right)}{\sigma_4} \tag{3.25}$$

Simülasyon kullanılarak her dağılım için ayrı ayrı hesaplanan dağılımın uygunluğu ölçüsünün mutlak değeri 1.645 den küçük ise $\left(|Z| < 1.645 \right)$, o dağılım bölgesel frekans dağılımı olmaya adaydır. Bu değer %90 güvenilirlik sınırına karşılık gelir.

5. Bölgesel Frekans Dağılımının Parametrelerinin Tahmini

Frekans dağılımının tahmininde kullanılan 3 yöntemi şöyle sıralayabiliriz. Bunlar; istasyon-yıl yöntemi, maksimum olabilirlik tahmini ve gösterge sel metodudur. Gösterge sel metoduna, istasyon verilerinin L-moment oranları kullanıldığında ortaya çıkan yönteme bölgesel L-moment algoritması adı verilir. N istasyon olduğunu varsayalım. Kayıt uzunluğu n_i olan bir istasyonun gözlenmiş verileri Q_{ij} (j=1, 2,…,n_i) olsun.Qi(F), 0<F<1, i'nci istasyondaki frekans dağılımının

büyüme fonksiyonudur. $\mu_{i=}\overline{Q}_i$ (index flood:örneğin ortalaması), istasyonun ölçek faktörüne bağlıdır. Gözlenmiş veriler μ_i değerine bölünerek boyutsuz değerleri elde edilir. ($q_{ij}=\frac{Q_{ij}}{\mu_i}$ j=1, 2,…,n_i, i=1, 2,…,N). Herbir istasyon için boyutsuz değerler kullanılarak L-moment oranları hesaplanır. Tüm bölgeye tek bir dağılım fonksiyonu uydurabilmek amacı ile istasyon L-moment oranları, istasyondaki gözlem uzunluklarına göre ağırlıklı ortalama hesaplanarak bölgesel ağırlıklı L-moment oranları bulunur. Bu momentler kullanılarak bölgesel dağılımın fonksiyonunun parametreleri hesaplanır. Bu dağılım kullanılarak istasyon bazında ve bölge bazında boyutsuz büyüme oranları bulunur. Bölge içindeki her istasyonun ortalaması, ilgili dönüş aralığına karşılık gelen büyüme oranı ile çarpılarak, o istasyonun o dönüş aralığına karşılık gelen tekerrür değerleri hesaplanır.Bölgesel taşkın frekans analizinde gösterge sel metodu veya L-moment algoritması yönteminde izlenecek yol aşağıdaki adımları içermektedir.

Homojen bölgeler tespit edildikten sonra Q_T/Q_{ort} oranına karşılık T değerleri aşağıdaki sıra ile hesaplanır(Şorman, 2004).

- Tüm istasyonlar için Q_T/Q_{ort} hesaplanır ve bölgesel ortalamaları alınır. Bölgesel boyutsuz momentler hesaplanır.
- Boyutsuz momentlere ait değişim katsayılarının ve çarpıklık katsayılarının bölgesel ortalamaları hesaplanır.
- Dağılım fonksiyonları eldeki boyutsuz Q_T/Q_{ort} değerlerine uygulanır.
- Homojen havzalarda bulunan her bir istasyon için aynı olan q(F) değerleri bölgesel gelişme eğrisi olarak adlandırılır ve Q_i değerleri, $Q_i=\mu_i q(F)$ formülünden $\mu_i=Q_{iort.}$ve q(F) değerleri kullanılarak hesaplanır.
- Q_{ort} değerleri bölgesel olarak havza özellikleri kullanılarak (alan, eğim, morfoloji) regresyon analizleri ile $X_T=Q_T/Q$ oranından Q_T hesaplanır.

3.2.2.2. L-Momentler Tekniği

L-Momentler, Hosking (1986, 1990) tarafından geliştirilmiştir. L-momentler yöntemi parametre tahmini, bölgeselleştirme ve dağılım tanımlama ile ilgili çeşitli problemleri çözmede yaygın olarak kullanılmaktadır. L-momentler yöntemi PWM (Olasılık Ağırlıklı Momentler) yöntemlerinin lineer bir fonksiyonudur. Adını da buradan alır. L-momentler bilinen momentlere benzer olup PWM momentleri cinsinden aşağıdaki gibi yazılabilirler (Gebeyehu, 1989).

$$L_{r+1} = (-1)^r \sum_{k=0}^{r} (-1)^{r-k} \binom{r}{k} \binom{r+k}{k} M_{10k} \tag{3.26}$$

L momentleri;

$r=0 \Rightarrow \lambda_1=L_1=M_{100}$

$r=1 \Rightarrow \lambda_2=L_2=M_{100}-2M_{101}=2M_{110}-M_{100}$ (3.27)

$r=2 \Rightarrow \lambda_3=L_3=M_{100}-6M_{101}+6M_{102}=6M120-6M_{110}+M_{100}$

$r=3 \Rightarrow \lambda_4=L_4=M_{100}-12M_{101}+30M_{102}-20M_{103}=20M_{130}-30M_{120}+12M_{110}-M_{100}$

Yüksek mertebeden momentlerde ölçümler birbirinden bağımsızlaştırılırsa L-moment oranları aşağıdaki gibi olur:

$$r=3,4,\ldots \qquad t_r = \frac{L_r}{L_2} \qquad t = \frac{L_2}{L_1} \tag{3.28}$$

L-momentler (L_1) ve (L_2), L-moment oranları L-Cv(t), çarpıklık katsayısı (t_3), basıklık (kurtosis) katsayısı (t_4), olasılık dağılımını özetlemek için en çok kullanılan parametrelerdir. L_1, dağılımın yer parametresini, L_2, dağılımın ölçek parametresini temsil etmektedir.

Bu metodun uygulanması için aşağıda sıralanan hususlar aranır (Şorman, 2004):

- Frekans analizi hatasız ve güçlü olmalıdır. Bunun anlamı: Bir modelleme yönteminin güçlü olabilmesi için yöntemin gerçek fiziksel sürecin modelin kabullerinden farklılaşma göstermesi durumunda dahi tahmin edilen değerin (Q_T) gerçekten randımanı iyi ve oldukça hatasız olmasıdır. Aksi halde Q_T nin bulunmasındaki yöntem ile zayıf tahmin yapılıyorsa bunun güçlü olmayacağı anlaşılmalıdır.
- Frekans analiz yöntemi simülasyona dayandırılmalıdır.
- Bölgeselleştirmenin önemli ölçüde bu tür çalışmada katkısı vardır.
- Bölgelerin coğrafik baza dayandırılma zorunluluğu yoktur.
- L-moment istatistik parametreleri dağılımın geniş bir alanını kapsar ve hatalı olma özelliği azdır.

Klasik parametre tahmin yöntemleri ile karşılaştırıldığında L-momentler yönteminin avantajları şunlardır (Şorman ve Okur, 2000):

- L-mometler yöntemi ile bulunan varyasyon, çarpıklık ve basıklık katsayıları hemen hemen hatasızdır ve yaklaşık normal bir dağılıma sahiptir. Aynı çarpım momentleri küçük örneklemlerde oldukça değişken ve hatalıdır.
- L-momentler, çarpım momentlerinden daha hatasız oldukları için moment diyagramları oluşturulmasında kullanımları daha uygundur.
- L-momentler, dağılım ortalamasının bulunabildiği her durumda hesaplanır. Bu özellik, bazı çarpım momentlerinin hesaplanmadığı durumlar için de geçerlidir.
- Çarpım momentlerinde bir sınırlama yoktur. L-moment oranları –1 ile 1 arasında değiştiğinden doğal bir sınıra sahiptir. Bu sınırlama, bu değerlerin yorumlanmasını kolaylaştırır.
- Çarpım momentlerinde cebirsel sınırlamalar vardır. n örneklemin uzunluğu, g çarpıklık katsayısı ve k basıklık katsayısı olmak üzere; $|g| \leq n^{1/2}$ ve $k \leq n+3$ olmalıdır. Oysa L-momentlerde örnekleme bağlı bu türlü sınırlamalar yoktur. Popülasyon değerlerinin alabileceği tüm değerleri örneklem L-momentleri de alabilir.

- L-momentlerin aksine çarpım momentleri dağılımın uçlarına daha fazla ağırlık verirler ve uçlardaki gözlemlerden daha fazla etkilenirler.
- Klasik tekniklerle kıyaslandığında, L-momentler daha fazla sayıda dağılımın parametrelerinin bulunmasında kullanılabilir.
- L-momentler bir örneklemeden tahmin edildiğinde, örneklemde bulunan uç değerlere karşı daha doğru ve etkin sonuçlar verir.
- L-momentler kullanılarak elde edilen dağılım parametreleri küçük örneklemlerde genellikle daha doğru sonuçlar verir.
- L-momentler, verilerin doğrusal fonksiyonları oldukları için örneklemin değişkenliğinin etkisi fazla değildir (Hosking, 1990).
- L-momentler bölgeselleştirme tekniklerinde kolaylıkla kullanılır. L-momentler tekniği ilgili istasyonlardan bölgesel parametrelerin elde edilmesi için en üstün tekniktir (WMO, 1989).
- L-momentleri temel alan analizler, model varsayımlarından sapmalar olduğunda ve/veya uygun dağılım fonksiyonunun seçilmediği durumlarda daha etkin sonuçlar vermektedir.

3.2.3. Dağilimlarin Parametrelerinin L-Momentler Yöntemi ile Tahmini

3.2.3.1. Genelleştirilmiş Ekstrem Değer Dağılımı (GEV)

GEV dağılımının parametreleri aşağıdaki formüller kullanılarak elde edilir (Hosking 1986, 1990).

$$k = 7.8590C + 2.9554C^2 \tag{3.29}$$

$$\alpha = \frac{L_2 k}{\left(1 - 2^{-k}\right)\Gamma(1+k)} \tag{3.30}$$

$$\zeta = L_1 - \frac{\alpha}{k}\left[1 - \Gamma(1+k)\right] \tag{3.31}$$

$$C = \frac{2}{3+\tau_3} - \frac{\log 2}{\log 3} \tag{3.32}$$

Burada ζ yer, α ölçek, k şekil parametresidir.

$$q_T = \frac{Q}{=Q} = \zeta + \left(\frac{\alpha}{k}\right)\left[1-(-\mathrm{LnF})^k\right] \tag{3.33}$$

3.2.3.2 Genelleştirilmiş Lojistik Dağilim (GLO)

Genelleştirilmiş Lojistik dağılımının parametreleri aşağıdaki formüller yardımı ile elde edilir(Hosking 1986, 1990).

$$k = -t_3 \tag{3.34}$$

$$\alpha = \frac{L_2}{\Gamma(1+k)\Gamma(1-k)} \tag{3.35}$$

$$\zeta = L_1 + \frac{(L_2-\alpha)}{k} \tag{3.36}$$

Genelleştirilmiş Lojistik dağılımının ters formu analitik olarak aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$q_T = \frac{Q}{=Q} = \zeta + \left(\frac{\alpha}{k}\right)\left[1-\left\{\frac{(1-F)}{F}\right\}^k\right] \tag{3.37}$$

3.2.3.3. Genelleştirilmiş Normal Dağilim (GNO)

Genelleştirilmiş Normal dağılımda (Log-Normal dağılım) rastgele değişken sadece pozitif değerler alabildiği ve dağılımın pozitif çarpıklığı olduğu için bu

dağılım pratikte karşılaşılan birçok değişkene iyi uyar. İnşaat mühendisliğinde hidrolojik değişkenlerle ilgili problemlerde geniş ölçüde kullanılır (Bayazıt, 1994).

Genelleştirilmiş Normal dağılımının kullanımı basittir. Bunun yanında dağılımın bir özelliği de Log-Normal dağılmış değişkenlerin çarpımı ile elde edilen değişkenlerinde Log-Normal dağılmış olmasıdır. Log-Normal dağılımının parametrelerinin L-momentler ile ilişkileri ve L-çarpıklık katsayısı Hosking (1990) tarafından aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$L_1 = \zeta + \exp(\alpha + \frac{k^2}{2}) \tag{3.38}$$

$$L_2 = \exp(\alpha + \frac{k^2}{2})\mathrm{erf}(\frac{k}{2}) \tag{3.39}$$

$$t_3 = \frac{6}{\sqrt{\pi}} \int_0^{k/2} \frac{\mathrm{erf}(x/\sqrt{3})e^{-x^2}}{\mathrm{erf}(k/2)}\,dx \tag{3.40}$$

$$z = \sqrt{8/3}\Phi^{-1}\left(\frac{1+t_3}{2}\right) \tag{3.41}$$

Log-Normal dağılımının α, k, ζ parametreleri aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplanır.

$$k = 0.999281z - 0.006118z^3 + 0.000127z^5 \tag{3.42}$$

$$\alpha = \mathrm{Log}\left[\frac{L_2}{\mathrm{erf}\left(\frac{k}{2}\right)}\right] - \frac{k^2}{2} \tag{3.43}$$

$$\zeta = L_1 - \exp\left(\mu + \frac{k^2}{2}\right) \tag{3.44}$$

Yukarıdaki denklemlerde erf error fonksiyonunu göstermektedir ve

$$\mathrm{erf}(x) = 2\Phi(x\sqrt{2}) - 1 \tag{3.45}$$

eşitliği ile hesaplanır. Φ^{-1}, standart normal dağılımın tersini gösterir. Boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel dağılım fonksiyonunun tekerrür fonksiyonu aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$q_T = \exp\left[k\Phi^{-1}(F) + \alpha\right] + \zeta \tag{3.46}$$

3.2.3.4. Pearson Tip 3 Dağilimi (PE3)

Pratikte çok kullanılan dağılımlardan birisi olan Pearson Tip 3 dağılımının fonksiyonunda γ şekil, σ ölçek, μ yer parametresidir(Hosking ve Wallis, 1997).
Eğer $\gamma \neq 0$ ise $\alpha = 4/\gamma^2$, $\beta = 0.5\sigma|\gamma|$ ve $\xi = \mu - 2\sigma/\gamma$.
Eğer $\gamma > 0$, x in aralığı, $\xi \leq x < \infty$ ve olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$f(x) = \frac{(x-\xi)^{\alpha-1} e^{-\frac{(x-\xi)}{\beta}}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} \tag{3.47}$$

$$\lambda_1 = \xi + \alpha\beta \tag{3.48}$$

$$\lambda_2 = \pi^{-1/2}\beta\,\Gamma\left(\alpha + \frac{1}{2}\right) \Big/ \Gamma(\alpha) \tag{3.49}$$

$t_3 \geq 1/3$ için $t = 1 - t_3$ ve

$$\alpha = \frac{\left(0.36067t - 0.59567t^2 + 0.25361t^3\right)}{\left(1 - 2.78861t + 2.56096t^2 - 0.77045t^3\right)} \tag{3.50}$$

$t_3<1/3$ ise $t=3\pi(t_3)^2$

$$\alpha = \frac{\left(1 + 0.2906t\right)}{\left(t + 0.1882t^2 + 0.0442t^3\right)} \tag{3.51}$$

$$\gamma = 2\alpha^{-1/2}\text{sign}\left(t_3\right) = \lambda_1 - \sigma\alpha \tag{3.52}$$

$$\sigma = \lambda_2\pi^{1/2}\alpha^{1/2}\,\Gamma(\alpha)\Big/\Gamma\left(\alpha + \frac{1}{2}\right) \tag{3.53}$$

$$\mu = \lambda_1 \tag{3.54}$$

K_T frekans faktörüne bağlı tekerrür fonksiyonu aşağıdaki formül ile elde edilir.

$$q_T = \sigma\beta + \gamma + K_T\sqrt{\sigma^2\beta} \tag{3.55}$$

3.2.3.5 Genelleştirilmiş Pareto Dağilimi (GPA)

Genelleştirilmiş Pareto dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanabilir(Hosking ve Wallis, 1997).

$$f(x) = \alpha^{-1}e^{-(1-k)y} \qquad y = \begin{cases} -k^{-1}\log\{1 - k\left(x - \xi\right)/\alpha\}, & k \neq 0 \\ \left(x - \xi\right)/\alpha \quad , & k = 0 \end{cases} \tag{3.56}$$

$$F(x) = 1 - e^{-y} \tag{3.57}$$

Genelleştirilmiş Pareto dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonunun ters formu analitik olarak aşağıdaki formül yardımı ile tanımlanır.

$$x(F) = \begin{cases} \zeta + \alpha\left\{1-(1-F)^{k}\right\}/k, & k \neq 0 \\ \zeta - \alpha\log(1-F), & k = 0 \end{cases} \quad (3.58)$$

Buradaki ζ yer, α ölçek ve k şekil parametresini temsil etmektedir.

L-momentler yöntemi ile aşağıdaki formüller kullanılarak yer, ölçek ve şekil parametreleri hesaplanabilir.

$$\zeta = \lambda_1 - (2+k)\lambda_2 \quad (3.59)$$

$$\alpha = (1+k)(2+k)\lambda_2 \quad (3.60)$$

$$k = (1-3t_3)/(1+t_3) \quad (3.61)$$

3.2.3.6. 5 Parametreli Wakeby Dağilimi (WAK)

Bölgesel taşkın frekans analizi için Houghton (1978) tarafından Wakeby dağılımı önerilmiştir. Bu dağılım 5 parametreli olup m=0 kabul edildiği takdirde 4 parametreli olarak işlem yapılır. Wakeby dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ve eklenik dağılım fonksiyonu açık olarak verilememektedir. Landwehr ve ark (1979a) tarafından ters formu şu şekilde verilmiştir:

$$x(F) = \zeta + \frac{\alpha}{\beta}\left[1-(1-F)^{\beta}\right] - \frac{\gamma}{\delta}\left[1-(1-F)^{-\delta}\right] \quad (3.62)$$

Burada ζ (yer parametresi), α, β, γ ve δ dağılımın parametreleridir. F değeri ise T dönüş aralığına bağlı aşılmama olasılığıdır. Wakeby dağılımının parametre tahmini maksimum olabilirlik yöntemi ile çok fazla iterasyon gerektirmektedir.

Momentler yöntemi ile de, dağılımın parametreleri momentlerin bir fonksiyonu olarak ifade edilemediğinden iteratif çözümler gerektirmektedir. Bu nedenle Landwehr ve ark (1979b, c) tarafından önerilen, olasılık ağırlıklı momentler yöntemiyle çözümü mümkündür.

Olasılık ağırlıklı momentler ile çözümde, ilk önce momentler hesaplanır.

- N_1, N_2, N_3 hesabı:

$$\begin{aligned} N_1 &= 64\hat{M}_3 - 81\hat{M}_2 + 24\hat{M}_1 - \hat{M}_0 \\ N_2 &= 16\hat{M}_3 - 27\hat{M}_2 + 12\hat{M}_1 - \hat{M}_0 \\ N_3 &= 4\hat{M}_3 - 9\hat{M}_2 + 6\hat{M}_1 - \hat{M}_0 \end{aligned} \tag{3.63}$$

- C_1, C_2, C_3 hesabı:

$$\begin{aligned} C_1 &= 125\hat{M}_4 - 192\hat{M}_3 + 81\hat{M}_2 - 8\hat{M}_1 \\ C_2 &= 25\hat{M}_4 - 48\hat{M}_3 + 27\hat{M}_2 - 4\hat{M}_1 \\ C_3 &= 5\hat{M}_4 - 12\hat{M}_3 + 9\hat{M}_2 - 2\hat{M}_1 \end{aligned} \tag{3.64}$$

$$\hat{b} = \frac{(N_3C_1 - N_1C_3) \pm \left[(N_1C_3 - N_3C_1)^2 - 4(N_1C_2 - N_2C_1)(N_2C_3 - N_3C_2)\right]^{\frac{1}{2}}}{2(N_2C_3 - N_3C_2)} \tag{3.65}$$

$$\beta = \max(b_1, b_2) \tag{3.66}$$

$$\delta = -\min(b_1, b_2) \tag{3.67}$$

- d parametresinin tahmini:

$$\hat{d} = \frac{\left(N_1 + \hat{b}N_2\right)}{\left(N_2 + \hat{b}N_3\right)} \tag{3.68}$$

- Diğer hesaplar:

$$\begin{aligned}\{0\} &= (1+\hat{b})(1-\hat{d})\hat{M}_0 \\ \{1\} &= 2(2+\hat{b})(2-\hat{d})\hat{M}_1 \\ \{2\} &= 3(3+\hat{b})(3-\hat{d})\hat{M}_2 \\ \{3\} &= 4(4+\hat{b})(4-\hat{d})\hat{M}_3\end{aligned} \tag{3.69}$$

- m, a, c ve a_0 parametrelerinin tahmini:

$$\hat{m} = \frac{[\{3\}-\{2\}-\{1\}+\{0\}]}{4} \tag{3.70}$$

$$\hat{a} = \frac{(\hat{b}+1)(\hat{b}+2)}{\hat{b}(\hat{b}+\hat{d})}\left[\frac{\{1\}}{2+\hat{b}} - \frac{\{0\}}{1+\hat{b}} - \hat{m}\right] \tag{3.71}$$

$$\hat{c} = \frac{(1-\hat{d})(2-\hat{d})}{\hat{d}(\hat{b}+\hat{d})}\left[\frac{-\{1\}}{2+\hat{d}} - \frac{\{0\}}{1+\hat{d}} - \hat{m}\right] \tag{3.72}$$

$$a_0 = \hat{m} + \hat{a} - \hat{c} + \frac{\hat{a}}{1+\hat{b}} + \frac{\hat{c}}{1-\hat{d}} \tag{3.73}$$

Yukarıdaki 5 adımda parametreler hesaplandıktan sonra ζ, α, ve γ parametreleri aşağıdaki formüller yardımı ile elde edilir.

$$\gamma = (1-\delta)(2-\delta)(3-\delta)\frac{(4N_2-N_1)+(4N_3-N_2)\beta}{6(\beta+\delta)} \tag{3.74}$$

$$\alpha = -(1+\beta)(2+\beta)(3+\beta)\frac{(4N_2-N_1)-(4N_3-N_2)\delta}{6(\beta+\delta)} \tag{3.75}$$

$$z = a_0 - \frac{a}{(1+b)} - \frac{g}{(1-d)} \tag{3.76}$$

3.2.4. Bilgisayar Programi

Bu çalışmada Hosking ve arkadaşlarının geliştirdiği Xtest programı kullanılmıştır. Frekans analizinde kullanılacak dağılımların parametrelerinin hesaplanması şu şekilde olur:

- Frekans analizi için belirli bir dönüş aralığına karşılık gelen tekerrür değerlerinin bulunması.
- Frekans analizi için belirli bir tekerrür değerine karşılık gelen dönüş aralığının hesaplanması.
- Her istasyon için uyumsuzluk ölçüsünün (Di) hesaplanması.
- Heterojenlik ölçüsünün (H) hesaplanması.
- Bölge frekans dağılımı olmaya aday beş dağılım için dağılımın uygunluğu ölçüsünün (Z) hesaplanması.
- L-moment algoritması kullanılarak bölgeye bir dağılım uygulanması.

Xtest programına veriler aşağıdaki Çizelge 3.5 gibi hazırlanarak girilir;

Çizelge 3.5. Xtest program verilerinin hazırlanması

İstasyon sayısı (N)						
İstasyon No	Kayıt uzunluğu (ni)	Ortalama Debi	t	t_3	t_4	t_5

(Seçkin, 2009).

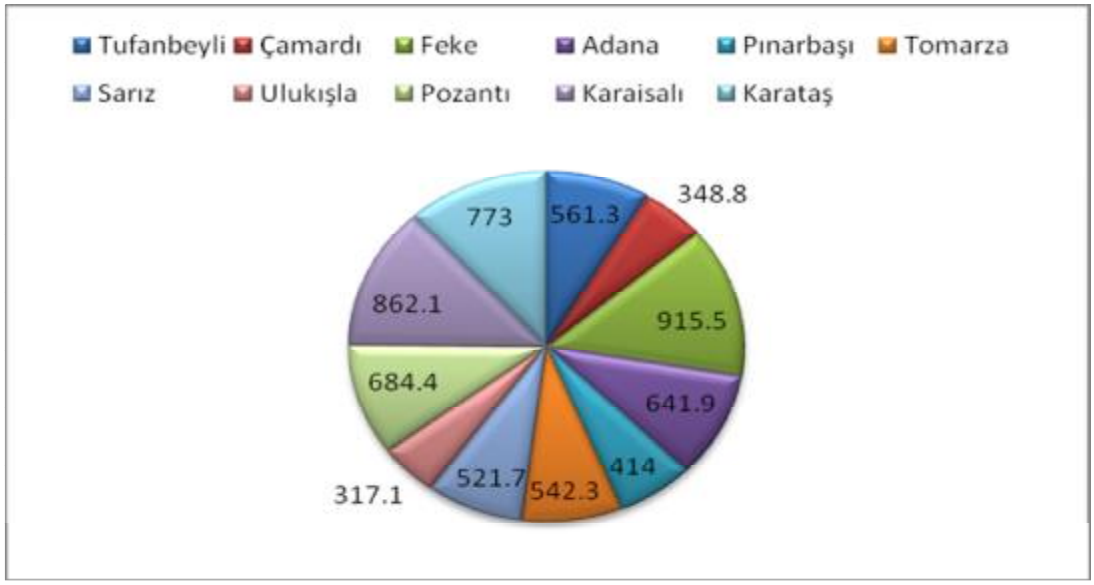
Xtest programının örnek veri ve çıktı dosyası Ek 1d, 1e ve 1f‘de verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

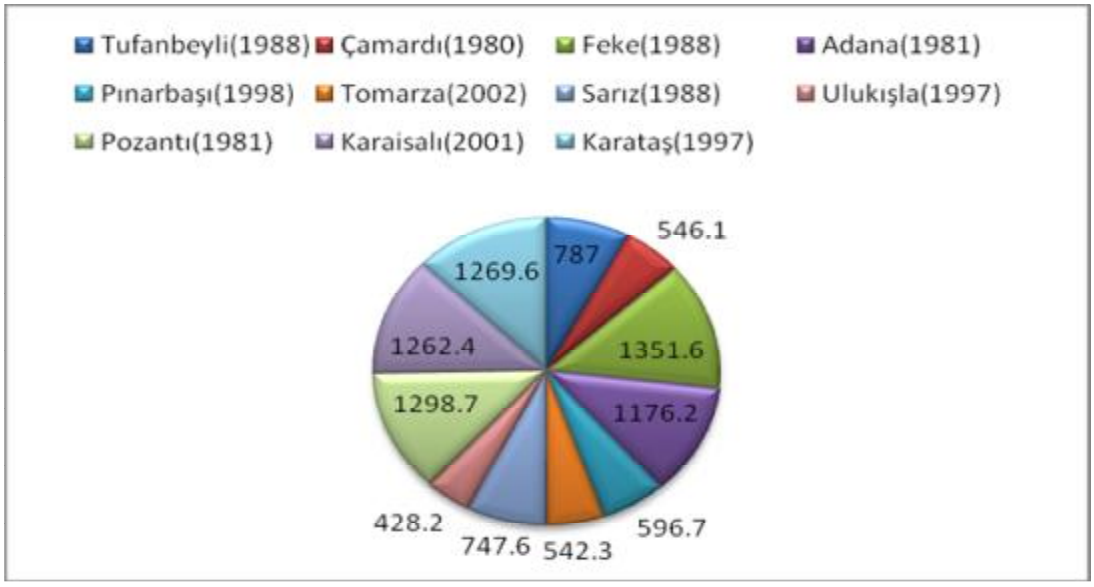
Çalışmada 11 yağış gözlem istasyonunun yıllara göre aylık yağış serilerinden 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman dilimleri için Standart Yağış İndisi (SYİ) değerleri elde edilmiştir. Kayıt süresi kısa olan istasyonlar taraflı sonuç vereceği düşüncesiyle göz ardı edilerek değerlendirmeye alınmamışlardır. L-Momentler yönteminde ise SYİ'den elde ettiğimiz en kurak ayların yağış miktarları kullanılmıştır. Ele aldığımız (Adana, Karataş, Karaisalı, Pozantı, Feke, Tufanbeyli, Ulukışla, Pınarbaşı, Çamardı, Sarız ve Tomarza) yağış gözlem istasyonlarının yöntemler sonucu ortaya çıkan verileri ayrıntılandırılmıştır. Özellikle SYİ değerlerinin yıllara göre 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman dilimi içinde nasıl değiştiğinin takibinin yapılabilmesi için grafikle gösterme yöntemi uygulanmıştır. Her bir istasyonun 3, 6, 9 ve 12 aylık dönem içinde SYİ değerlerine göre kaydettikleri en kurak ve en nemli aylar ve görüldükleri yıllar tablo halinde gösterilmiştir. Ayrıca her bir istasyonun irdelenen süre içerisinde, kuraklık kategorilerinde kurak olma sayıları bulunmuştur. Bu sayı toplam gözlem sayısına bölünmüştür bu şekilde o istasyon için hangi kuraklık kategorisinde hesap yapıyorsak o kategori için kurak olma frekansı ya da olasılığı bulunmuştur. %50 ve üstü kuraklık yoktur değerine sahip olan istasyonlar genel olarak kurak olmayan istasyonlar olarak tanımlanmıştır. Bu değerler 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemler için grafik yöntemi ile gösterilmiştir. Yıllık ortalama SYİ değerleri de yıldan yıla kuraklık değerlerinin nasıl değiştiğinin, bir yılın önceki yahut sonraki yıla göre kuraklık farklılığının daha iyi anlaşılması için grafik üzerinde gösterilmiştir. Her istasyon için kuraklık değerlendirmesi yapılmıştır.

L-Momentler yöntemi için ise her bir istasyonu tek bir bölge gibi kabul ederek, heterojenlik ölçüsü ve her istasyon için uyumsuzluk ölçüsü hesaplanmıştır. Heterojen çıkan bölge homojen alt bölgeler elde edebilmek için alt bölgelere ayrılmıştır. Heterojenlik – homojenlik, havzada incelediğimiz 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemler için yapılmıştır.Mesela havzanın 11 istasyonunun 3 aylık dönem boyunca en kurak aylarının minimum yağış değerlerinin havzada frekans analizi yapılmıştır. Bölge homojen çıktığında en iyi dağılımı belirlemek için Z testi uygulanmıştır. Z testini geçen dağılımlar bölgeye uygulanarak büyüme eğrileri elde edilmiştir.

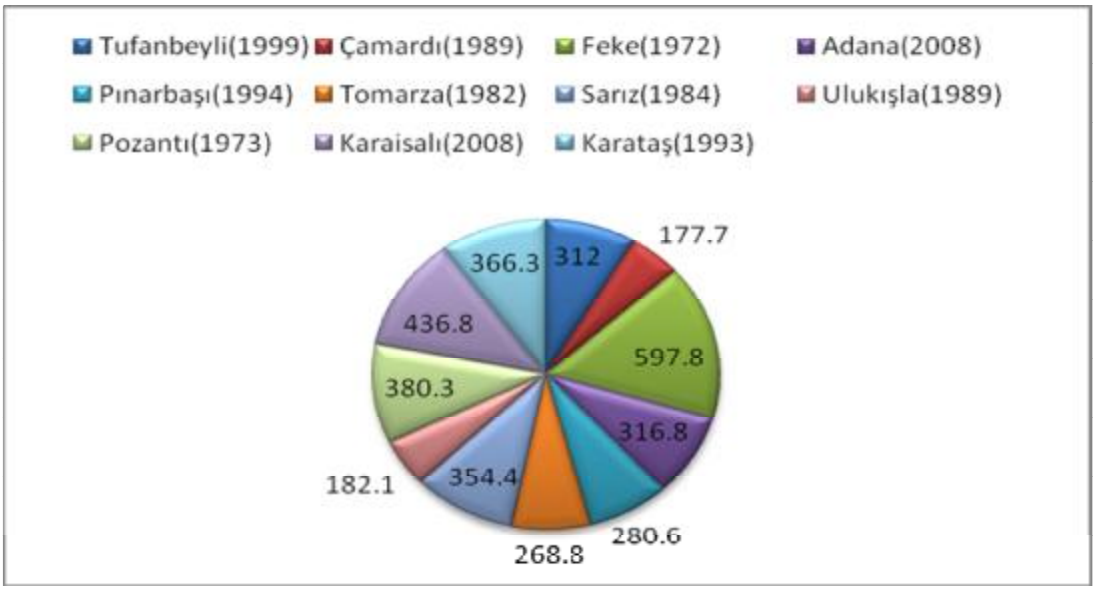
Seyhan Havzası'nda incelenen 11 istasyonun yıllık ortalama yağış miktarları Şekil 4.1'de, yıllık max yağış miktarları (mm) ve görüldüğü yıllar Şekil 4.2'de, yıllık mimimum yağış miktarları (mm) ve görüldüğü yıllar Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Seyhan Havzası'ndaki istasyonların yıllık ortalama yağış miktarları (mm)



Şekil 4.2. Seyhan Havzası'ndaki istasyonların yıllık maksimum yağış miktarları (mm) ve görüldüğü yıllar



Şekil 4.3. Seyhan Havzası'ndaki istasyonların yıllık minimum yağış miktarları (mm) ve görüldüğü yıllar

4.1. İstasyonların Standart Yağış İndisi (SYİ) Analiz Sonuçları

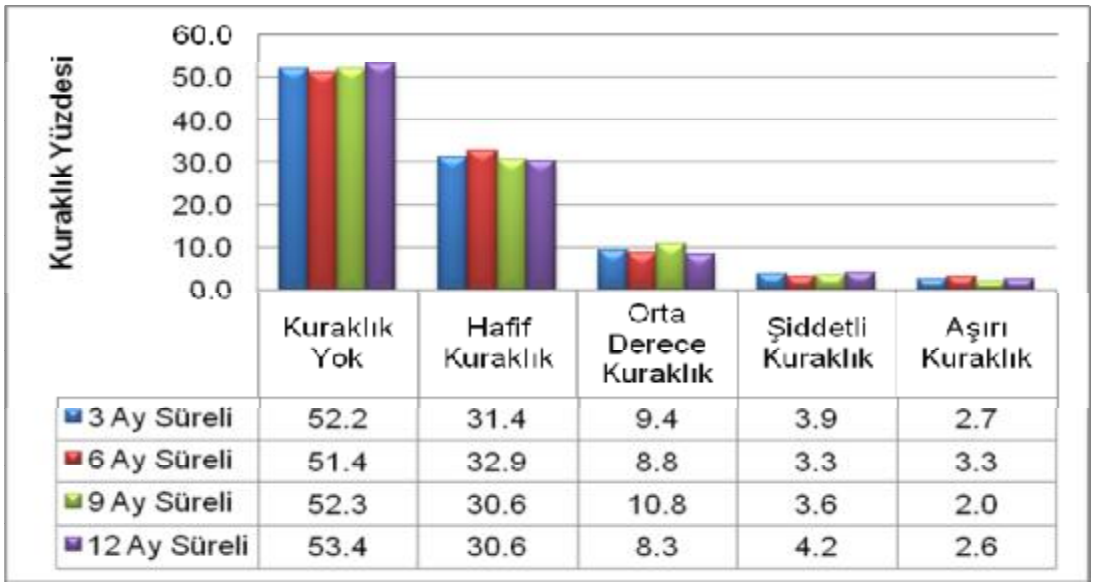
4.1.1. Adana İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları

Seyhan Havzası'nda rakımı en düşük istasyonlarından olan Adana istasyonunun bulunduğu bölge tipik Akdeniz iklimi hakimiyeti altındadır. Bölgenin hakim rüzgar yönü yazları güneybatıdır. Bu yüzden esen rüzgarlar Akdeniz üzerinden topladıkları nemli havayı bölgeye taşır ve yazın sıcaklık değerleri 35 °C civarındadır. Kışları ise Sibirya ve Balkanlar üzerinden gelen soğuk ve yağışlı havadan etkilenir. Enlemi itibariyle güneyde olduğundan soğuk poyrazlar bu bölgeyi çok soğutmaz. Kışın sıcaklık sadece birkaç gün 0 °C'nin altına düşer. Adana istasyonunun yıllık ortalama yağış miktarı 641.9 mm'dir. İstasyonun kaydettiği maksimum yağış 1981 yılında görülen ve taşkına yol açan 1176.2 mm'lik yağıştır. 2007 ve 2008 kuraklıklarından etkilendiğinden kaydedilen yıllık en düşük yağış miktarı ise 316.8 mm ile 2008 yılında kaydedilmiştir. İstasyonun 1970-2012 yıllarındaki kayıtları incelenmiştir.

Çizelge 4.1. Adana istasyonunda 3,6,9,12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar

	3 Ay Süreli	6 Ay Süreli	9 Ay Süreli	12 Ay Süreli
En Kurak Ay	Şubat	Şubat	Şubat	Şubat
Görüldüğü Yıl	1973	1973	1973	1973
SYİ Değeri	**-3.12**	**-3.18**	**-2.93**	**-2.75**
En Nemli Ay	Mart	Haziran	Eylül	Aralık
Görüldüğü Yıl	1981	1981	1981	1981
SYİ Değeri	**2.36**	**2.69**	**2.64**	**2.38**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Kurak Yıl	2008	1973	1973	1973
SYİ Değeri	**-0.81**	**-1.36**	**-1.87**	**-2.27**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Nemli Yıl	1976	1981	1981	1981
SYİ Değeri	**1.16**	**1.54**	**1.69**	**1.87**

Çizelge 4.1‘de görüldüğü gibi en şiddetli kuraklık 3,6,9,12 aylık dönemlerde 1973 yılı Şubat ayında görülmüştür. Bu dönem hala çiftçilerin anısında yer almaktadır. 2007 yılında yaşanan kuraklıkta çiftçiler 1973 yılında yaşanan kuraklığın tekrar etmesinden endişe duymuşlardır. Kış mevsiminin ortasında olağanüstü kuraklık görülmesi o dönem için tarım ürünlerinin yetişmesini zorlaştırmıştır. 1981 yılında uzun dönem ortalamasına göre mart, haziran, eylül ve Aralık olağanüstü nemli geçmiştir. En kurak yıl 1973 yılıdır ve 3 aylık dönemde 2008 yılında hafif kuraklık görülmüştür. En nemli yıl ise aşırı nemli olan 1981 yılıdır. 3 aylık dönemde 1976 yılı orta derece nemlidir denebilir. Tabloya genel olarak bakıldığında bu istasyon için 1981 ve 1973 yıllarının kuraklık açısından ekstrem yıllar olduğu anlaşılmıştır.

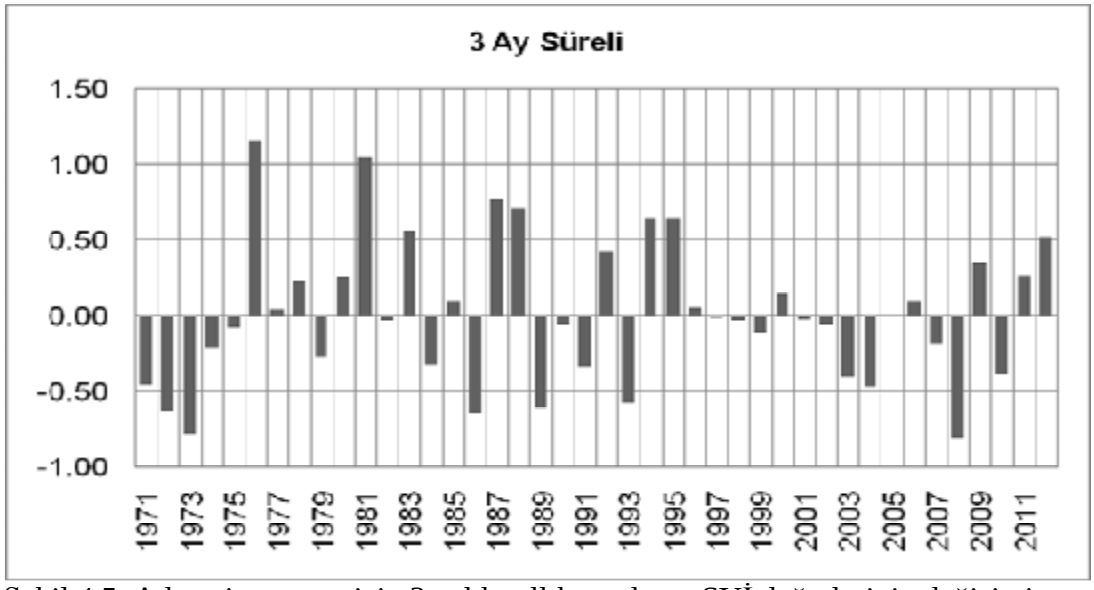


	Kuraklık Yok	Hafif Kuraklık	Orta Derece Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Aşırı Kuraklık
3 Ay Süreli	52.2	31.4	9.4	3.9	2.7
6 Ay Süreli	51.4	32.9	8.8	3.3	3.3
9 Ay Süreli	52.3	30.6	10.8	3.6	2.0
12 Ay Süreli	53.4	30.6	8.3	4.2	2.6

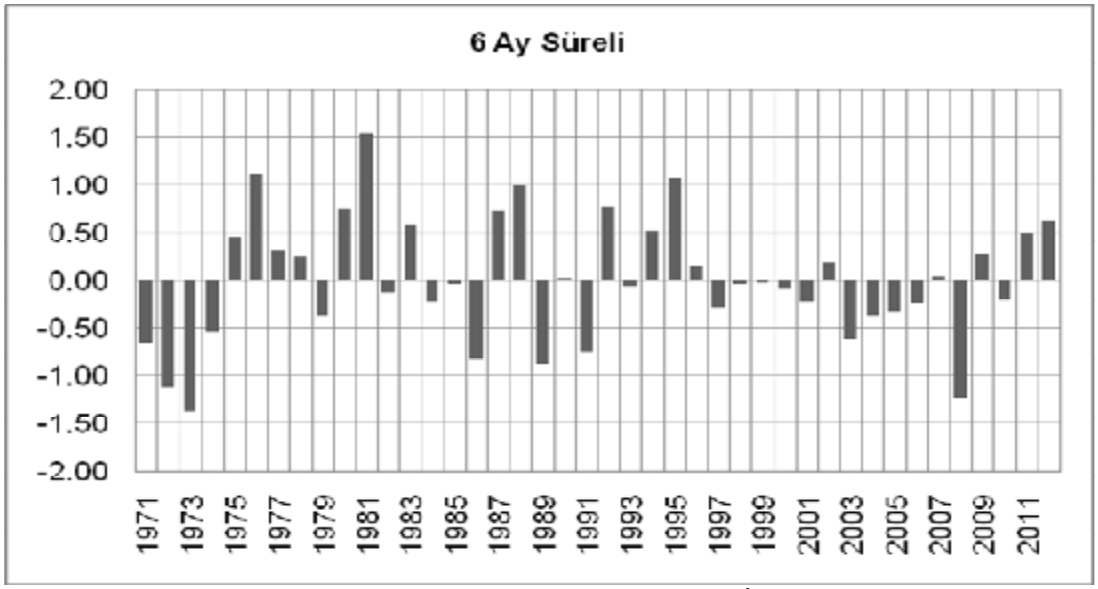
Şekil 4.4. Adana istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları

Şekil 4.4'de Adana istasyonu için 3,6,9 ve 12 aylık dönemlerde %52.3 olasılıkla kuraklık yoktur. Bu nemliliğin diğer kurak olma olaylarına göre daha fazla olduğunu söyler ama bu istasyon geleceğin hafif kurak istasyon olma adayıdır. %31.4 oranında hafif kuraklık görülmektedir. Aşırı kuraklık ise çok nadir olarak görülmüştür. Şiddetli kuraklık daha sık olurken en sık hafif kuraklık görülmüştür. Hafif kuraklık en fazla 6 aylık sürede görülürken, şiddetli kuraklık en fazla yıllık periyotta görülmüştür.

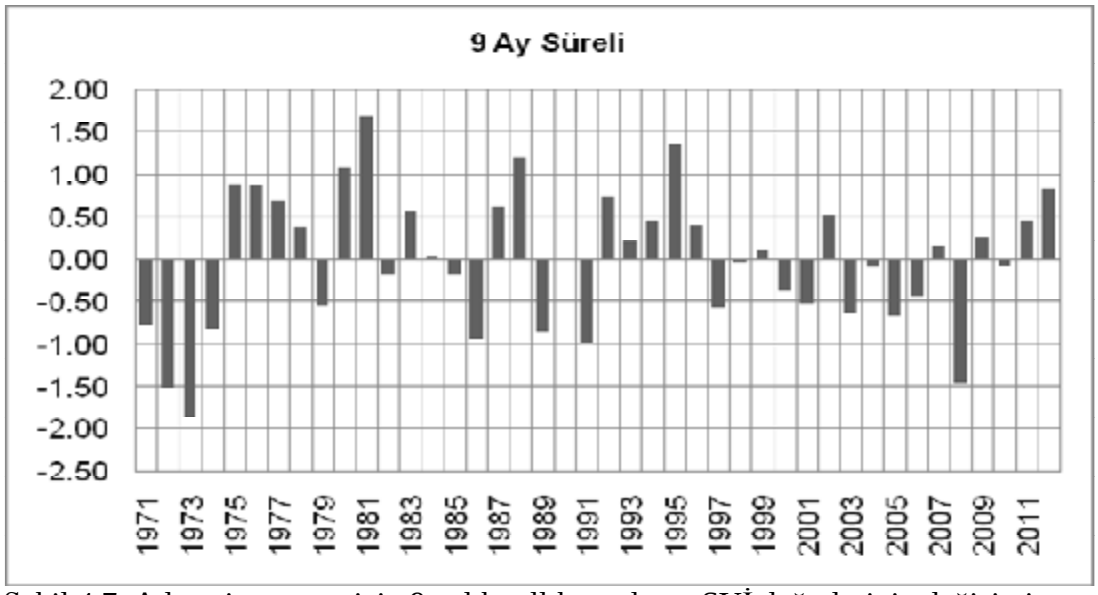
Aşağıda Adana istasyonunun yıllık ortalama SYİ değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu şekilde kuraklık sınıflarının yıldan yıla nasıl değiştiği izlenebilmektedir.



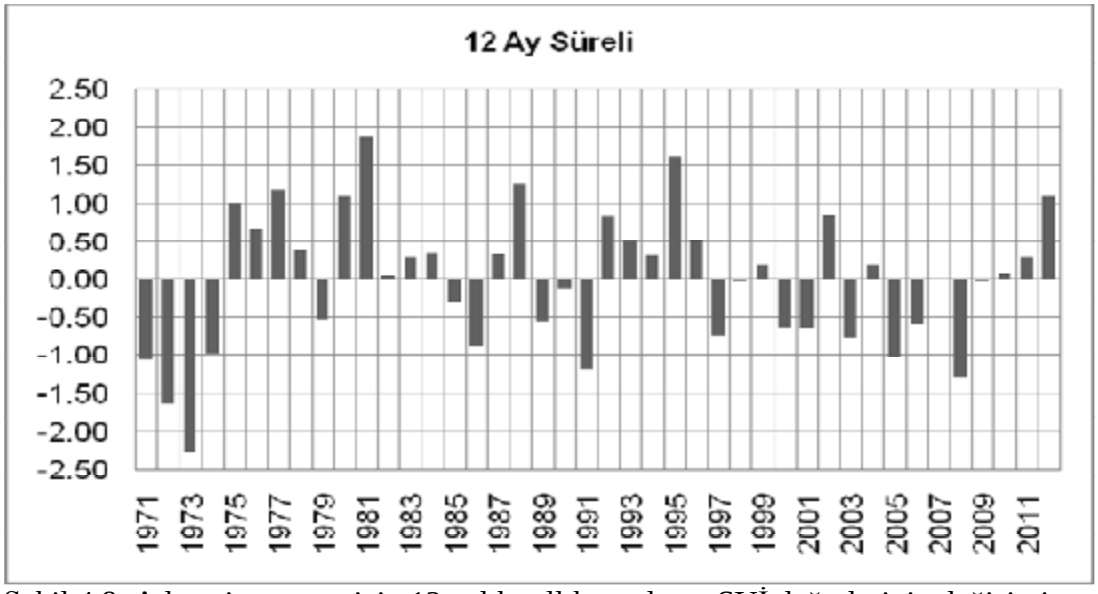
Şekil 4.5. Adana istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.6. Adana istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.7. Adana istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

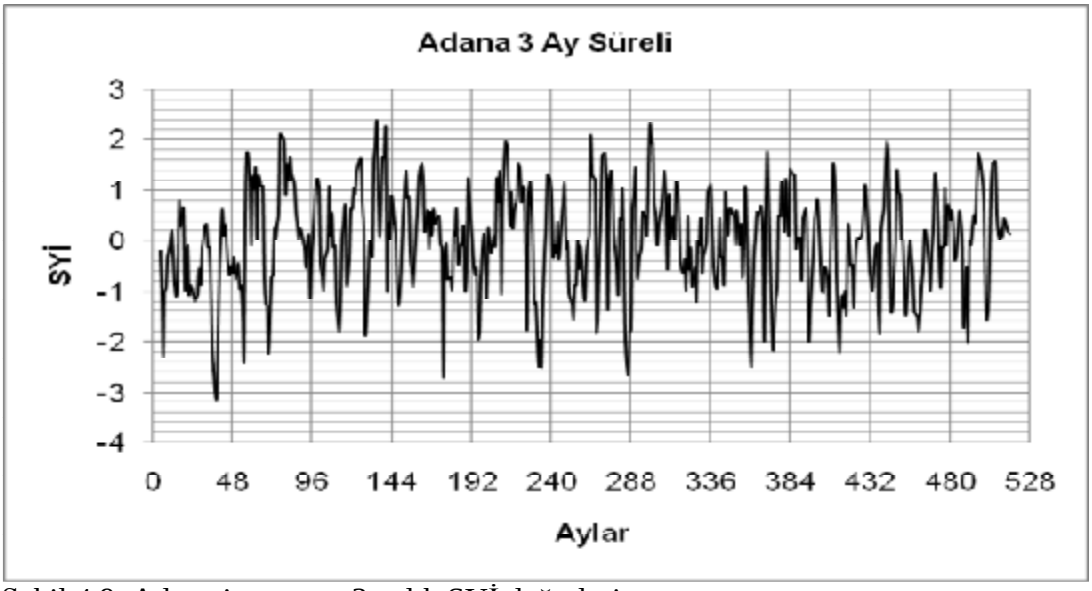


Şekil 4.8. Adana istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

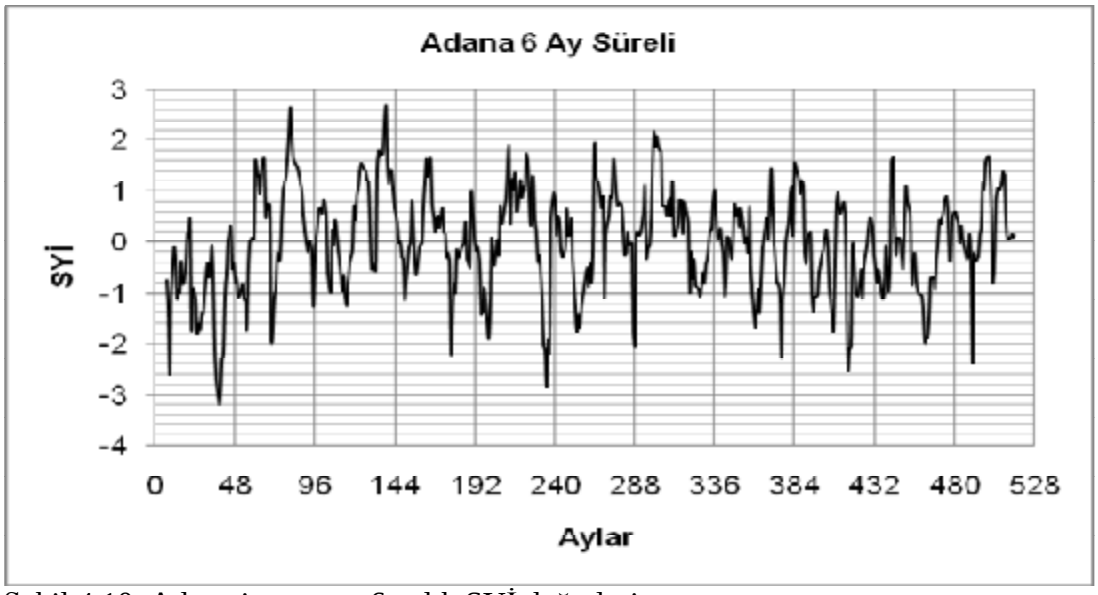
Şekil 4.5'de görüldüğü üzere 3 ay süreli SYİ analizinde dalgalanmalar görülmektedir. 1995'li yıllardan sonra aşırı yağışlı ve aşırı kurak dönemlerin azaldığını söyleyebiliriz. 1970-1995 yılları arasında hem orta nemli hem de hafif kurak dönemler görülmüştür. 2000'li yıllardan sonra kuraklıkta ani artışlar vardır. 6 aylık dönem (Şekil 4.6) 3 aylık dönemle benzerlik göstermektedir. Yalnız 1970'li ve 1980'lı yıllarda aşırı kurak ve aşırı nemli yıllar yaşanmıştır. 1995 yılından sonra

genelde hafif kuraklık görülmüştür (Şekil 4.7). 9 aylık dönemde 6 aylık döneme göre daha aşırı nemli ve daha aşırı kurak yıllar görülnüştür. 1996 yılından sonra sadece 2008 yılında şiddetli kurak vardır. 1980'li yılların genelde nemli geçtiğini söyleyebiliriz (Şekil 4.8). Senelik süre içerisinde 1973 yılının olağanüstü kurak olduğu göze çarpmaktadır. 1974 den 1984 yılına kadar aşırı nemli, orta derece nemli ve nemli yıllar yaşanmıştır. 2000 yılından sonra neredeyse iki senede bir hafif kurak ve orta derece kuraklık yaşanmıştır.

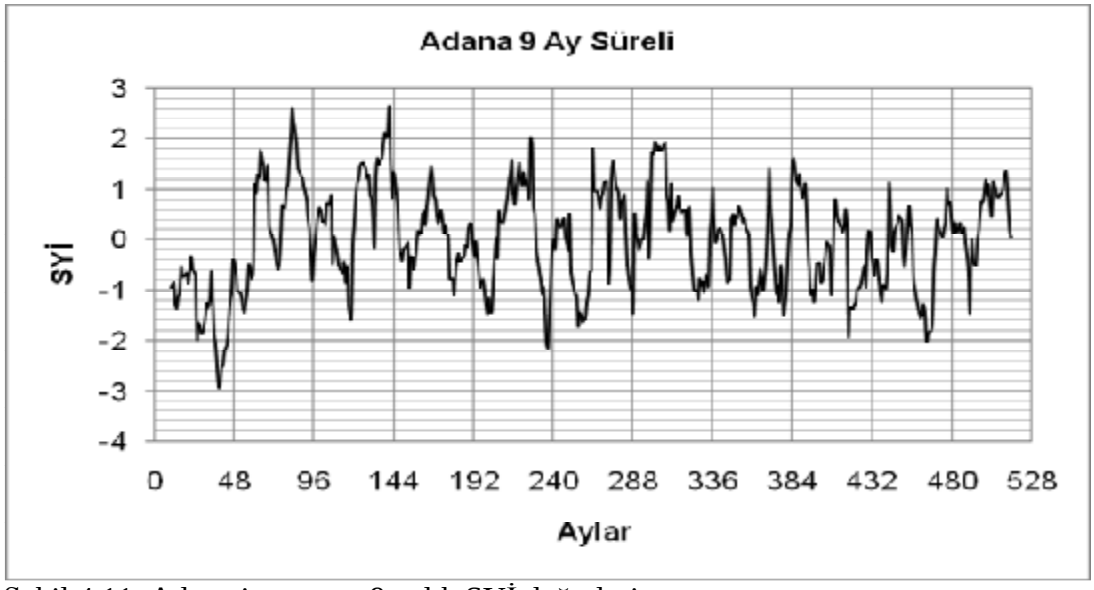
Aşağıda aylık SYİ değerlerinin zamana göre değişim grafikleri verilmiştir.



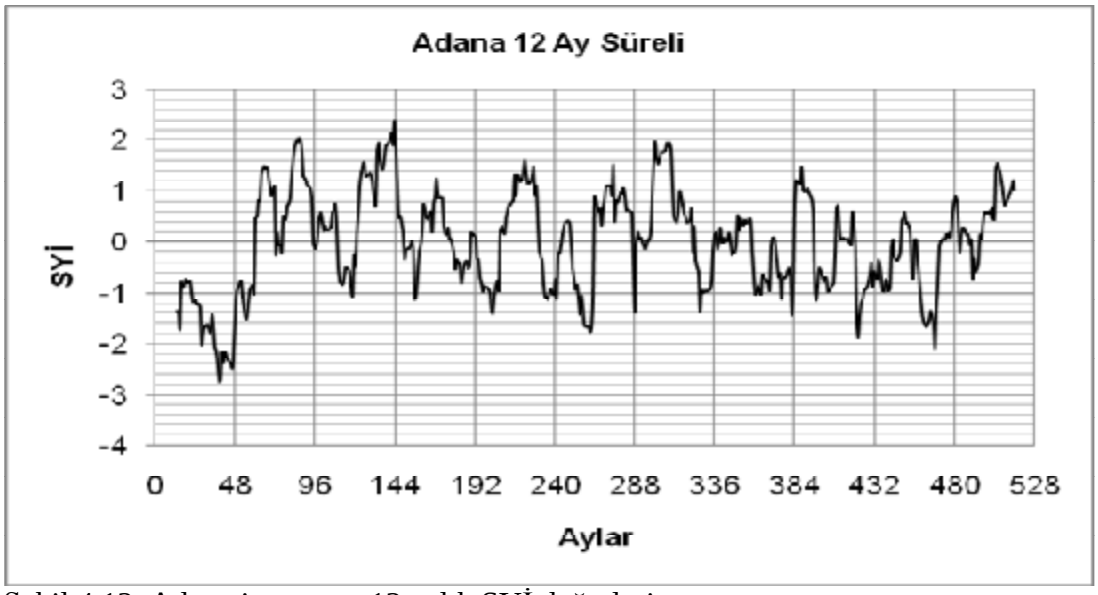
Şekil 4.9. Adana istasyonu 3 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.10. Adana istasyonu 6 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.11. Adana istasyonu 9 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.12. Adana istasyonu 12 aylık SYİ değerleri

3 aylık (Şekil 4.9), 6 aylık (Şekil 4.10), 9 aylık (Şekil 4.11), 12 aylık (Şekil 4.12) SYİ grafiklerine baktığımızda özellikle 1970 ve 1974 yılları arasındaki aylarda olağanüstü kuraklığın hüküm sürdüğü görülmektedir. 1982 yılından sonraki aylarda aşırı nemli ve olağanüstü nemli dönemlerin azaldığını görmekteyiz. 1990'lı yıllardaki aylar önceki aylara göre daha az şiddetli yağışlar görmüştür. Senelik dönemdeki aylardaki kuraklığın şiddeti mevsimsel dönemdekilere göre daha hafiftir.

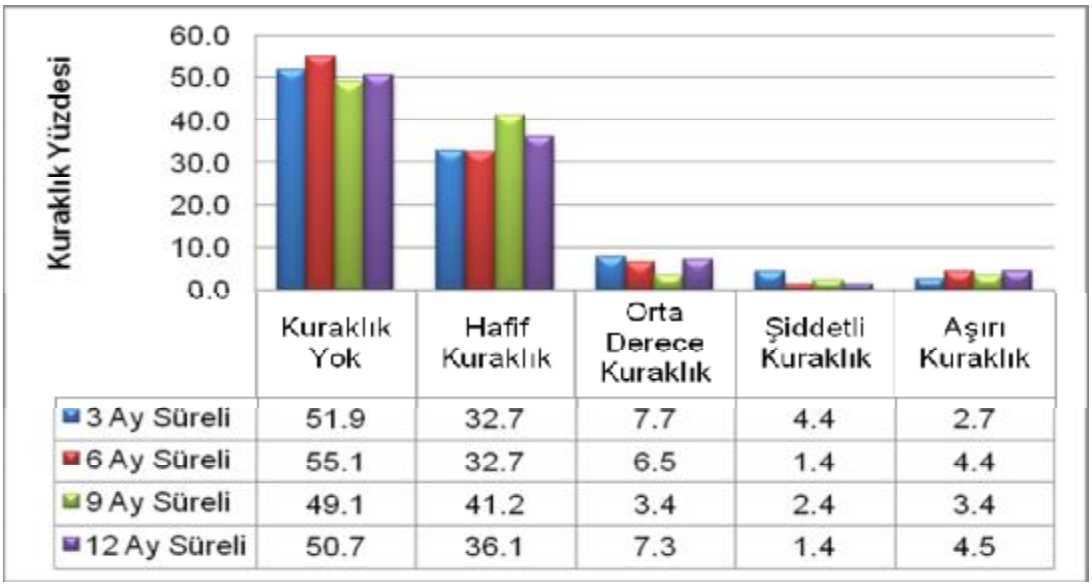
4.1.2. Çamardı İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları

Çamardı istasyonu ortalama 1500 m yüksekliktedir. Aladağların eteğinde olup rakımının yüksek olması ve dağların Akdeniz'den gelen ılık ve nemli havayı engellemesi nedeniyle tamamen karasal iklim görülür. Bitki örtüsü bozkırdır. Karın yerde kalma süresi uzundur. İstasyonun 1970-1994 yılları için analiz yapılmıştır. Yıllık ortalama 348.8 mm yağış alır. Yağışının çoğu ilkbaharda düşer.

Çizelge 4.2. Çamardı istasyonunda 3,6,9,12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar

	3 Ay Süreli	6 Ay Süreli	9 Ay Süreli	12 Ay Süreli
En Kurak Ay	Mart	Haziran	Eylül	Ekim
Görüldüğü Yıl	1989	1989	1989	1989
SYİ Değeri	**-3.11**	**-3.68**	**-3.51**	**-3.12**
En Nemli Ay	Eylül	Ekim	Mart	Mayıs
Görüldüğü Yıl	1972	1972	1980	1980
SYİ Değeri	**3.07**	**2.66**	**2.77**	**2.72**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Kurak Yıl	1989	1989	1989	1989
SYİ Değeri	**-1.65**	**-1.90**	**-1.93**	**-1.51**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Nemli Yıl	1988	1972	1980	1980
SYİ Değeri	**1.03**	**1.32**	**1.90**	**1.92**

Çizelge 4.2'ye bakılırsa Çamardı istasyonunun 3,6,9 ve 12 aylık dönemde 1989 yılında olağanüstü kuraklık yaşandığı görülmüştür. 12 ay süreli 1989 Ekim kuraklığı Ulukışla istasyonu ile aynıdır. Buna istasyonların çok uzak olmaması etkilemiş olabilir. 1972 sonbahar ve 1980 bahar aylarında Çamardı istasyonunda olağanüstü yağışlar görülmüştür. Ortalama olarak en kurak yıl 1989'dur ve genel olarak aşırı kuraktır. 1972,1988 ve 1980 yılları ise genel olarak orta derece nemli ve aşırı nemli geçmiştir.

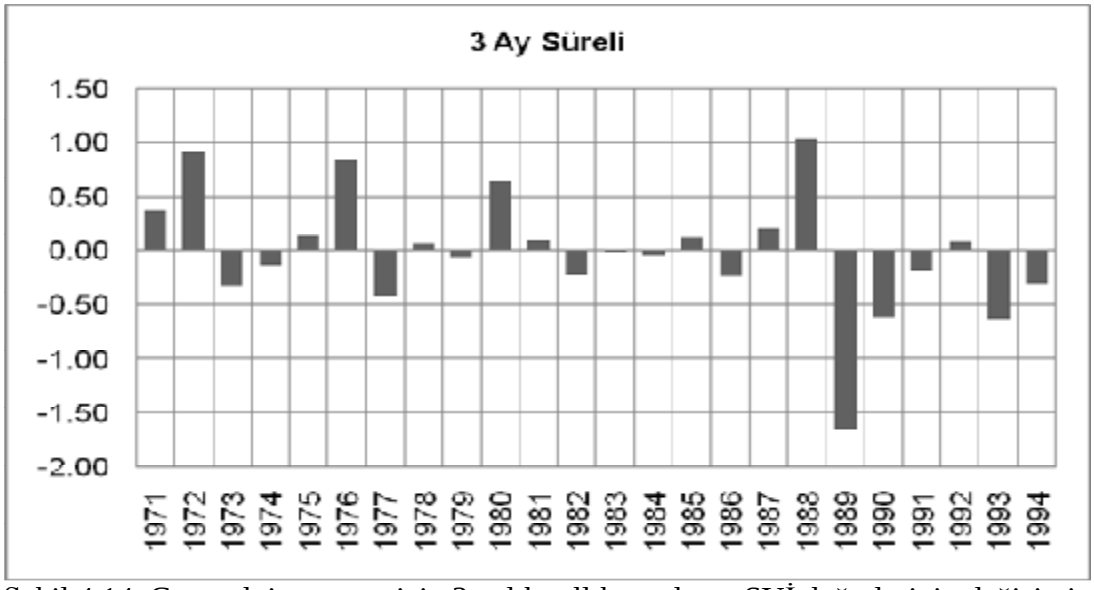


	Kuraklık Yok	Hafif Kuraklık	Orta Derece Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Aşırı Kuraklık
3 Ay Süreli	51.9	32.7	7.7	4.4	2.7
6 Ay Süreli	55.1	32.7	6.5	1.4	4.4
9 Ay Süreli	49.1	41.2	3.4	2.4	3.4
12 Ay Süreli	50.7	36.1	7.3	1.4	4.5

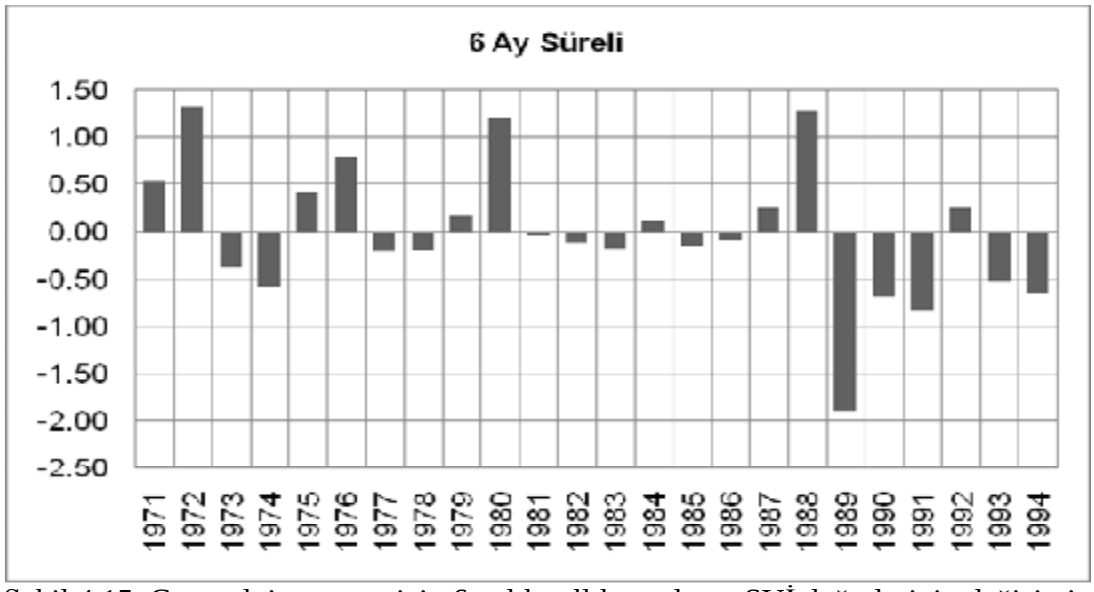
Şekil 4.13. Çamardı istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları

Şekil 4.13'e göre bu istasyonda zamanın %51.7'sinde kuraklık izlenmemiş olup, genel olarak kurak değildir. Ancak 9 ay süreli kuraklık sınırın altında kalmıştır ve diğer kurak şartlar hakimdir diyebiliriz. Bu dönem için en fazla %41.2 oranıyla hafif kuraklık görülür. Aşırı kuraklığın oluşma frekansı %3.8'dir. En fazla 6 aylık dönemin %55.1 oran ile nemli olduğunu söyleyebiliriz.

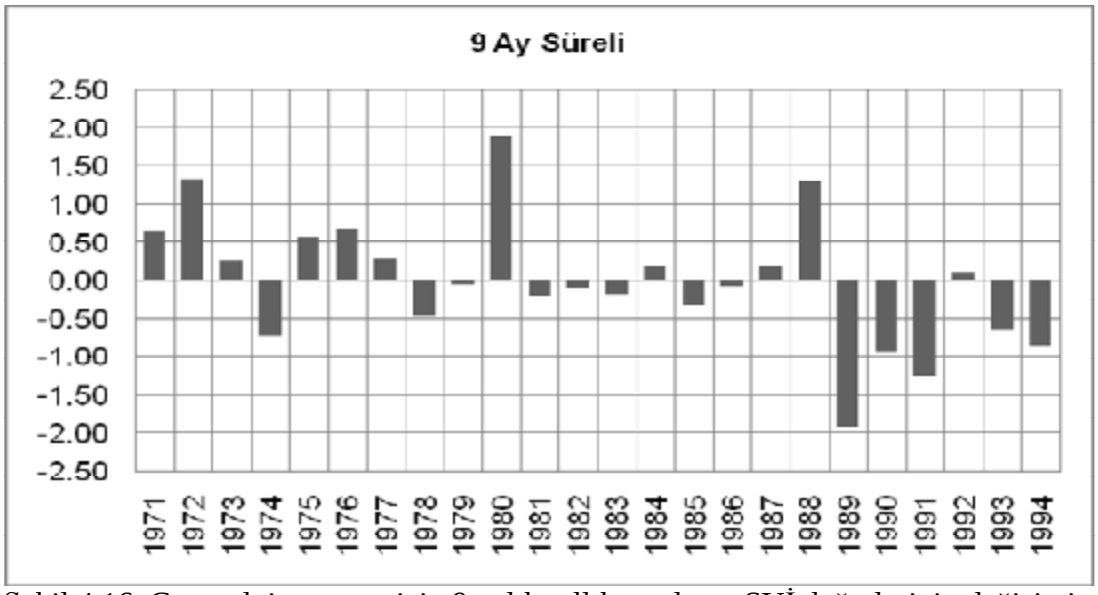
Aşağıda Çamardı istasyonunun yıllık ortalama SYİ değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu şekilde kuraklık sınıflarının yıldan yıla nasıl değiştiği izlenebilmektedir.



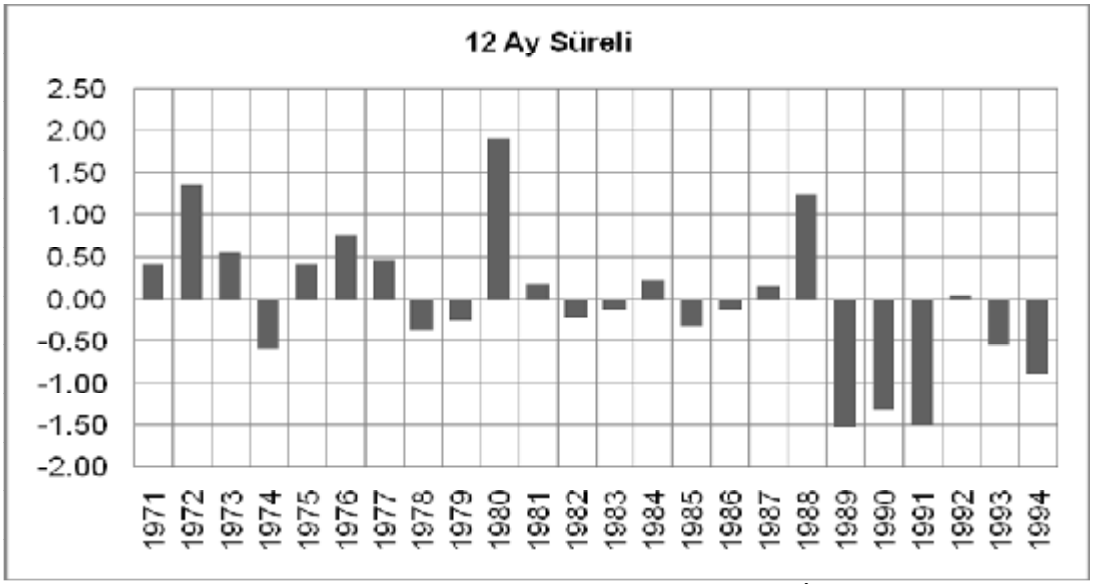
Şekil 4.14. Çamardı istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.15. Çamardı istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



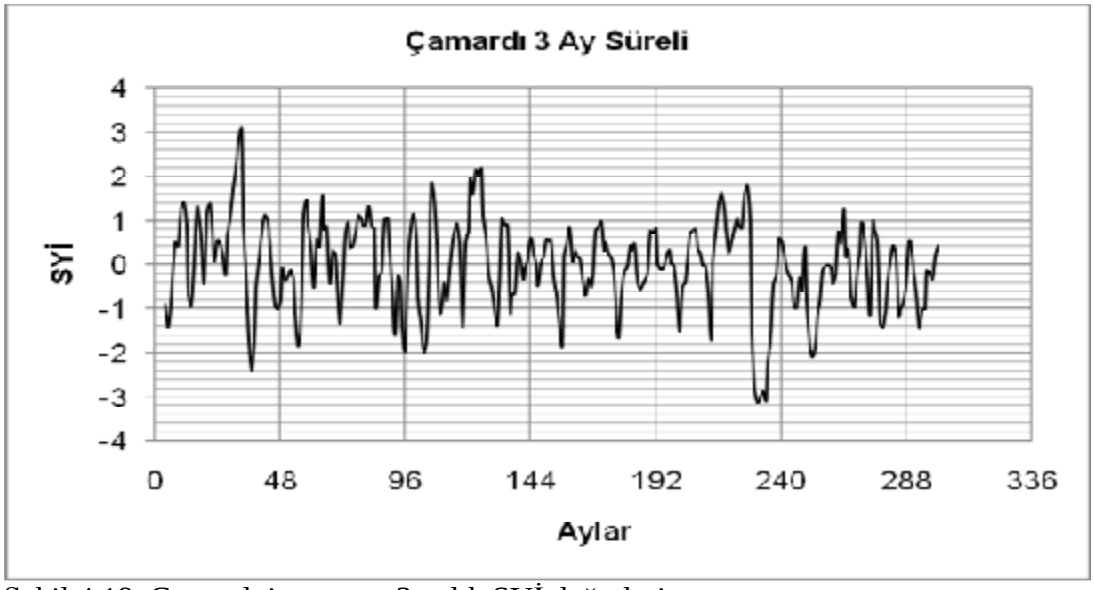
Şekil 4.16. Çamardı istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



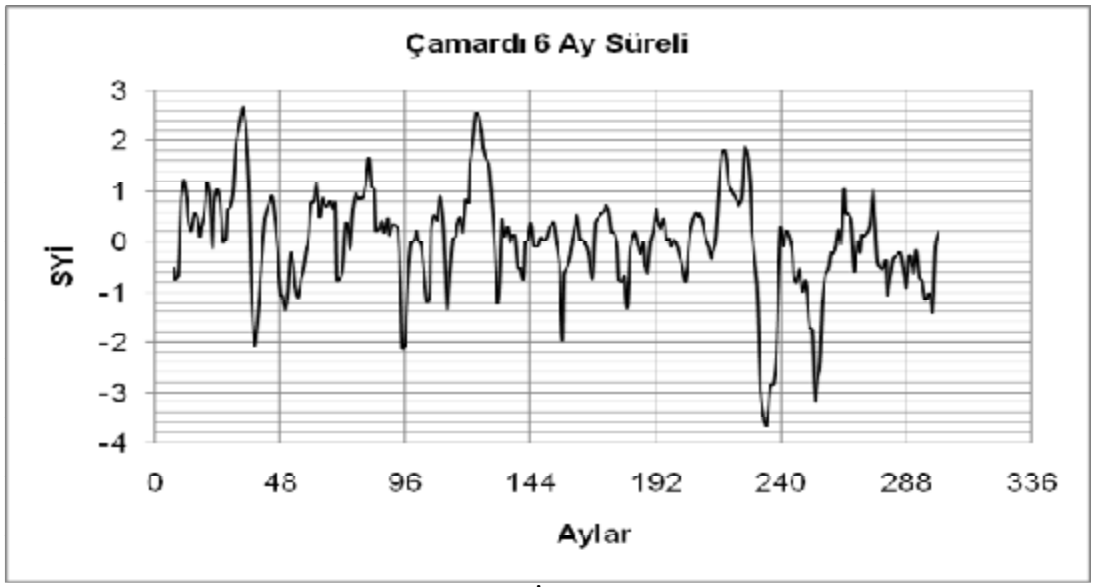
Şekil 4.17. Çamardı istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

3 ay (Şekil 4.14), 6 ay (Şekil 4.15), 9 ay (Şekil 4.16), 12 ay (Şekil 4.17) grafiklerine göz atarsak, hepsinde 1989 yılında görülen aşırı kuraklığın sonraki yıllarda da devam ettiğini görürüz. 1989'dan önceki yıl orta derece nemliyken bir anda aşırı kurak yılların seyretmesi düşündürücüdür. Zaten genel olarak baktığımızda 1989 yılına kadar olan süreçte sadece orta derece kuraklık yaşanmıştır ve iklim çoğunlukla hafif nemlidir. Kuraklığın arttığı idda edilebilir.

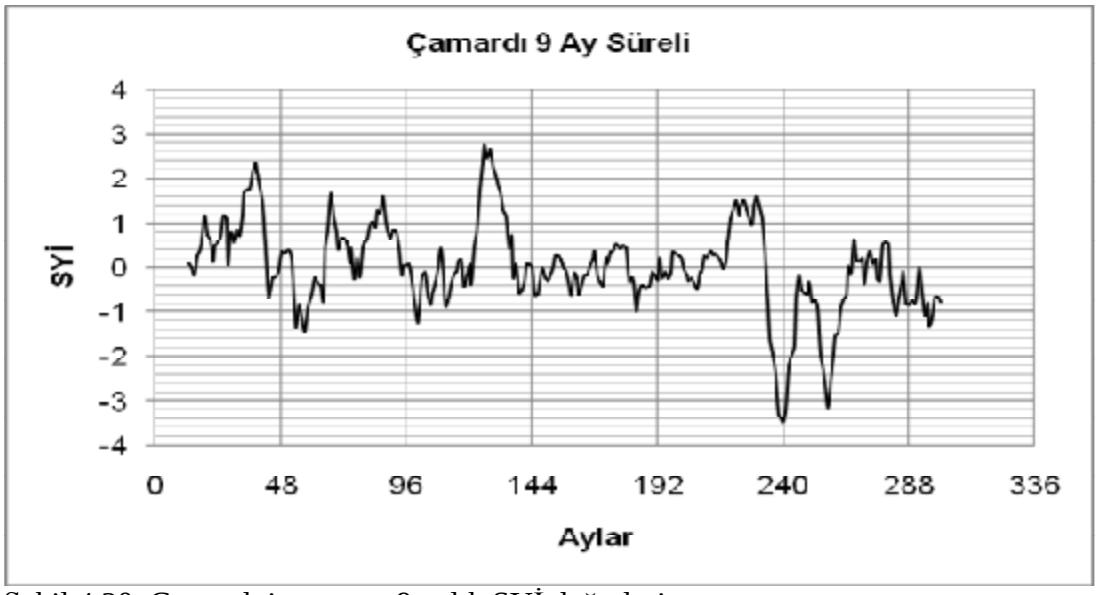
Aşağıda aylık SYİ değerlerinin zamana göre değişim grafikleri verilmiştir.



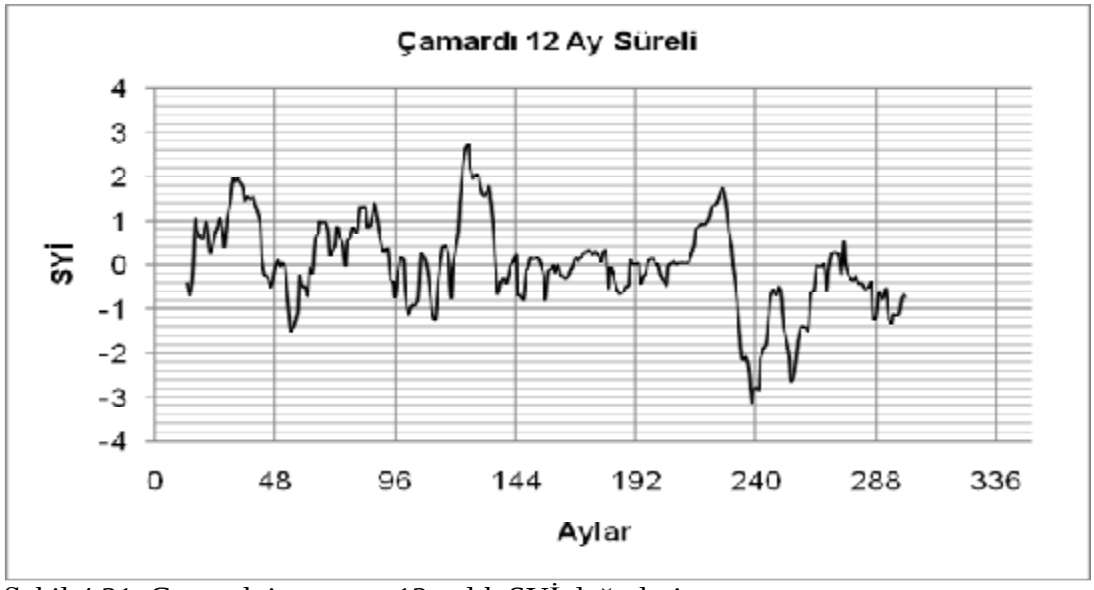
Şekil 4.18. Çamardı istasyonu 3 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.19. Çamardı istasyonu 6 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.20. Çamardı istasyonu 9 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.21. Çamardı istasyonu 12 aylık SYİ değerleri

3 ay (Şekil 4.18), 6 ay (Şekil 4.19), 9 ay Şekil (4.20) ve 12 ay (Şekil 4.21) SYİ değerlerine bakılırsa, 1989 yılındaki ekstem ani iklim değişikliğini görebiliriz. Ondan önce özellikle bazı aylarda 3 ay ve 6 aylık dönemde olağanüstü kuraklıklar görülmüştür. 9 ay ve 12 aylık dönemde ise hafif ve orta derece kuraklıklı aylar yaşanmıştır. Grafiklere bakarak çok şiddetli ve olağanüstü yağışların neredeyse gerçekleşmediğini ve iklimin az yağışlı bir döneme kaydığını söyleyebiliriz.

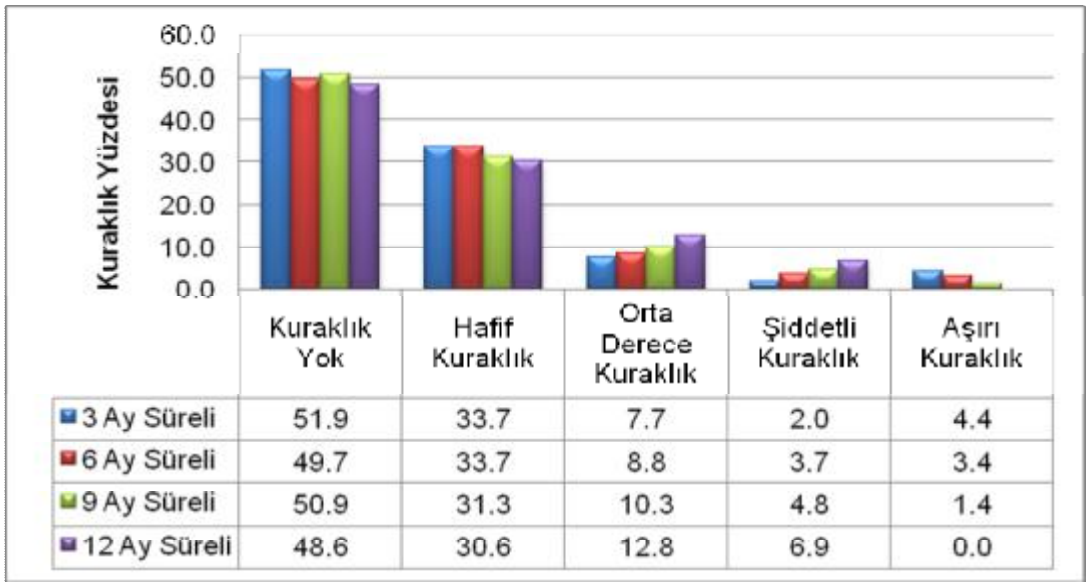
4.1.3. Feke İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları

Feke istasyonu yılda ortalama 915.5 mm yağış almaktadır. Akdeniz iklimi hakimken karasal iklim özellikleri de görülür. Dağların arasında kalmasından dolayı kışın aynı yükseklikteki yerleşim yerlerine göre daha soğuktur. Genellikle çam ormanları bulunur. 1970-1994 yılları yağış serileri analiz edilmiştir.

Çizelge 4.3. Feke istasyonunda 3,6,9,12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar

	3 Ay Süreli	6 Ay Süreli	9 Ay Süreli	12 Ay Süreli
En Kurak Ay	Ocak	Temmuz	Eylül	Ekim
Görüldüğü Yıl	1973	1989	1989	1973
SYİ Değeri	**-3.2**	**-2.79**	**-2.88**	**-1.9**
En Nemli Ay	Mayıs	Ekim	Ekim	Ekim
Görüldüğü Yıl	1980	1988	1988	1988
SYİ Değeri	**2.28**	**2.72**	**3.23**	**2.31**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Kurak Yıl	1973	1973	1972	1973
SYİ Değeri	**-0.81**	**-1.06**	**-1.27**	**-1.42**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Nemli Yıl	1988	1988	1988	1988
SYİ Değeri	**1.26**	**1.56**	**1.71**	**1.68**

Bu istasyonda 1973 sonbahar-kış aylarında ve 1989 yaz-sonbahar aylarında olağanüstü kuraklıklar ve aşırı kuraklık görülmüştür. 1980 baharı ve 1988 sonbaharında ise olağanüstü yağışlar görülmüştür. Ortalama SYİ değerine göre en kurak yıllar 1972 ve 1973 yıllarıdır bu yıllar hafif kurak ve orta kurak yıllardır. En şiddetli yağışların görüldüğü yıl ise 1988'dir. Orta şiddetli yağışlar görülmüştür.

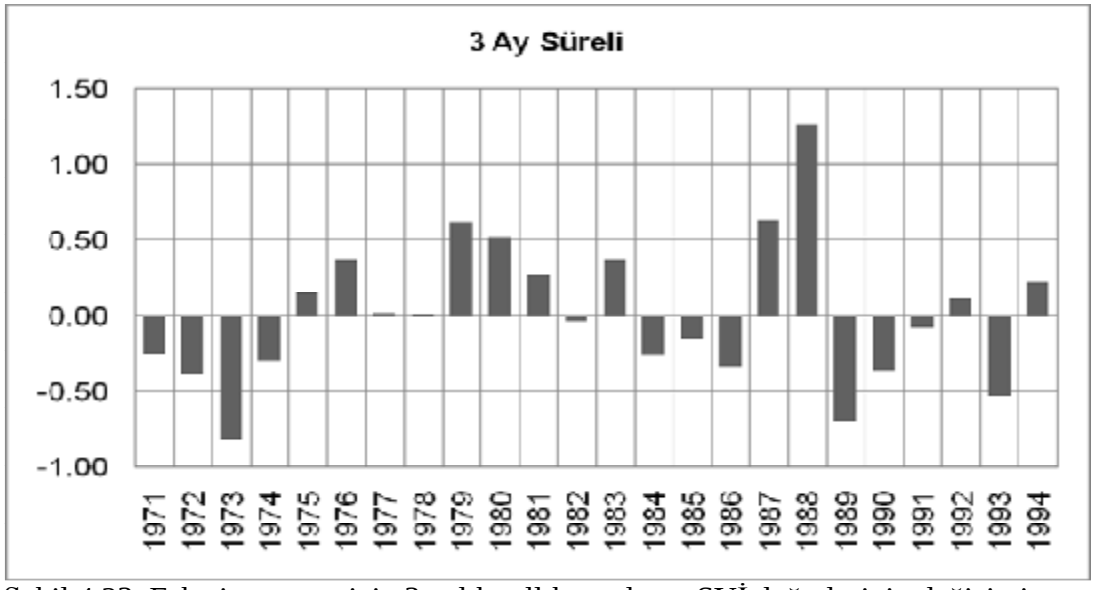


	Kuraklık Yok	Hafif Kuraklık	Orta Derece Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Aşırı Kuraklık
3 Ay Süreli	51.9	33.7	7.7	2.0	4.4
6 Ay Süreli	49.7	33.7	8.8	3.7	3.4
9 Ay Süreli	50.9	31.3	10.3	4.8	1.4
12 Ay Süreli	48.6	30.6	12.8	6.9	0.0

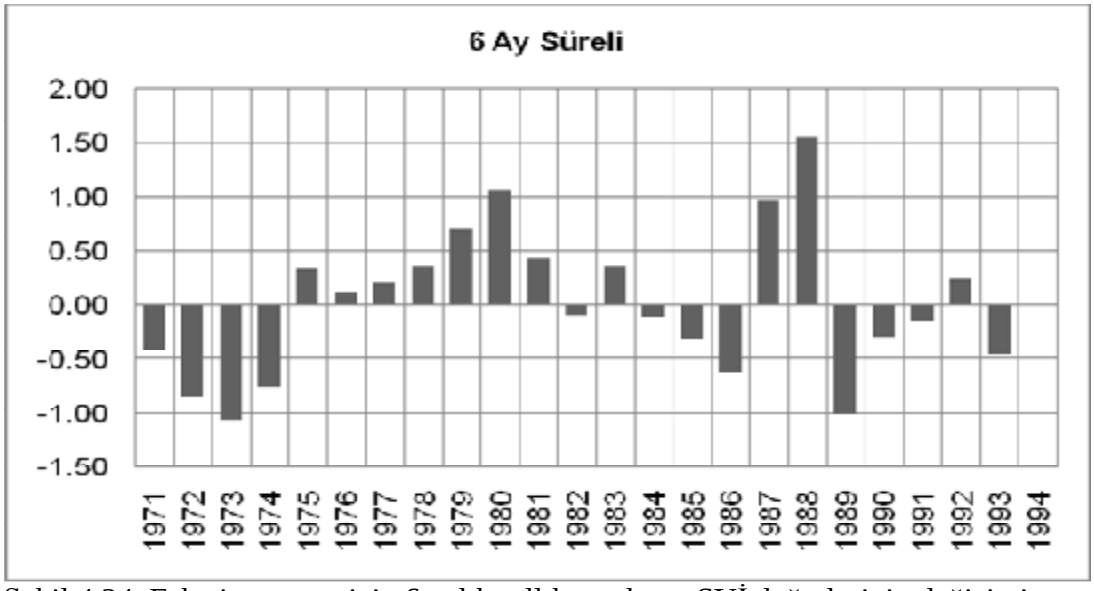
Şekil 4.22. Feke istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları

Şekil 4.22'ye göre Feke istasyonu %50.2 kuraklık yok oranıyla sınırdan geçerek genel olarak kuraklığın daha az görüldüğü bir istasyondur. 12 aylık sürede aşırı kuraklık yoktur. Daha çok orta kuraklık görülür. Yalnız genelde kurak durumların tespit edildiği periyot 12 aylık periyotdur. Kuraklığın en az görüldüğü süre ise 3 aylık süredir. Aşırı kuraklık en fazla 3 aylık periyotta görülmüştür.

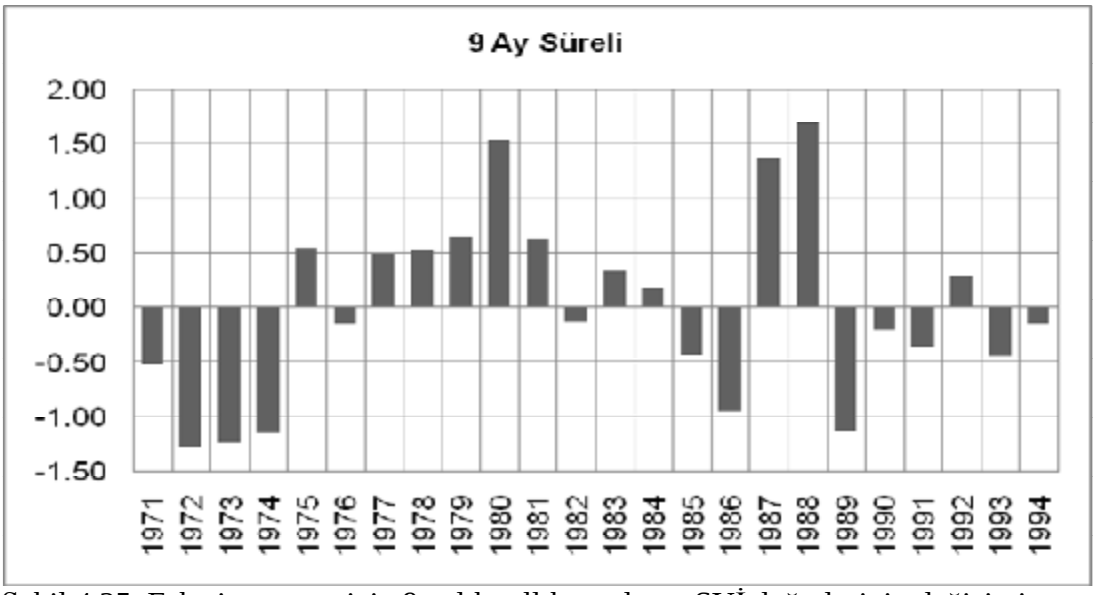
Aşağıda Feke istasyonunun yıllık ortalama SYİ değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu şekilde kuraklık sınıflarının yıldan yıla nasıl değiştiği izlenebilmektedir.



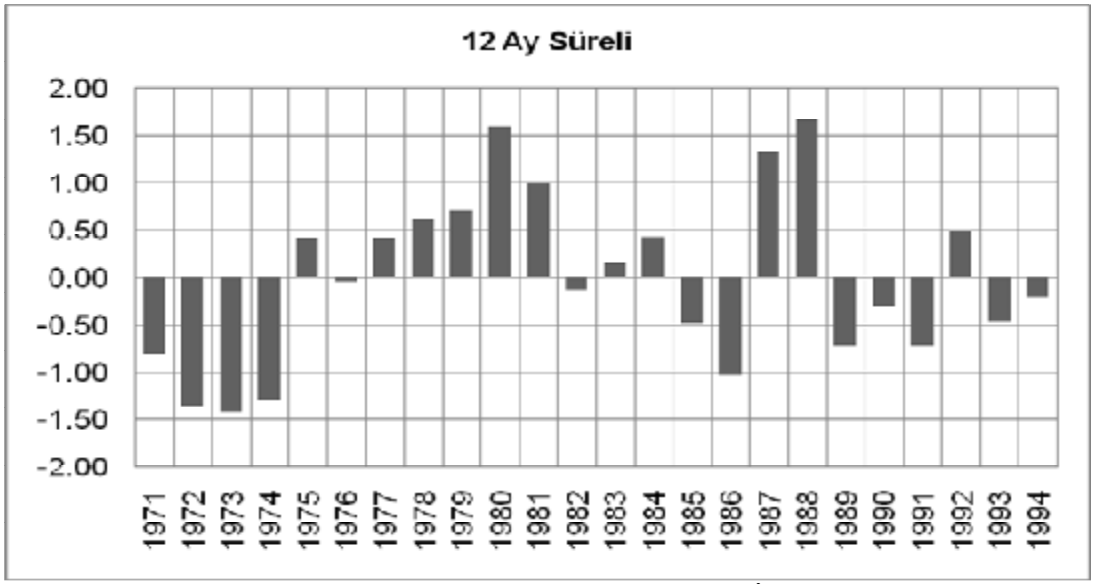
Şekil 4.23. Feke istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.24. Feke istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



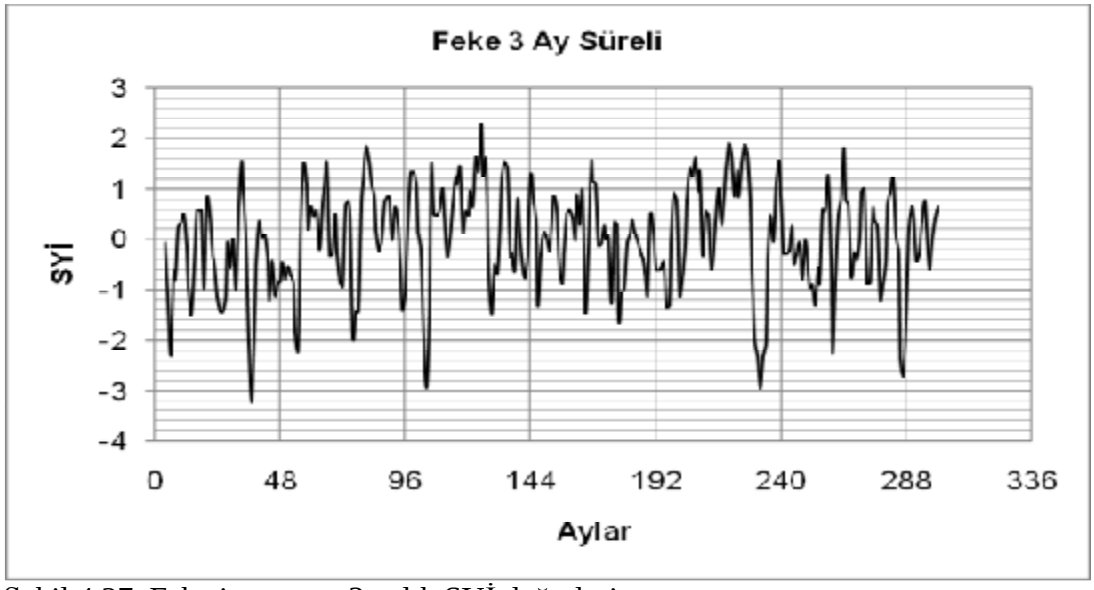
Şekil 4.25. Feke istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



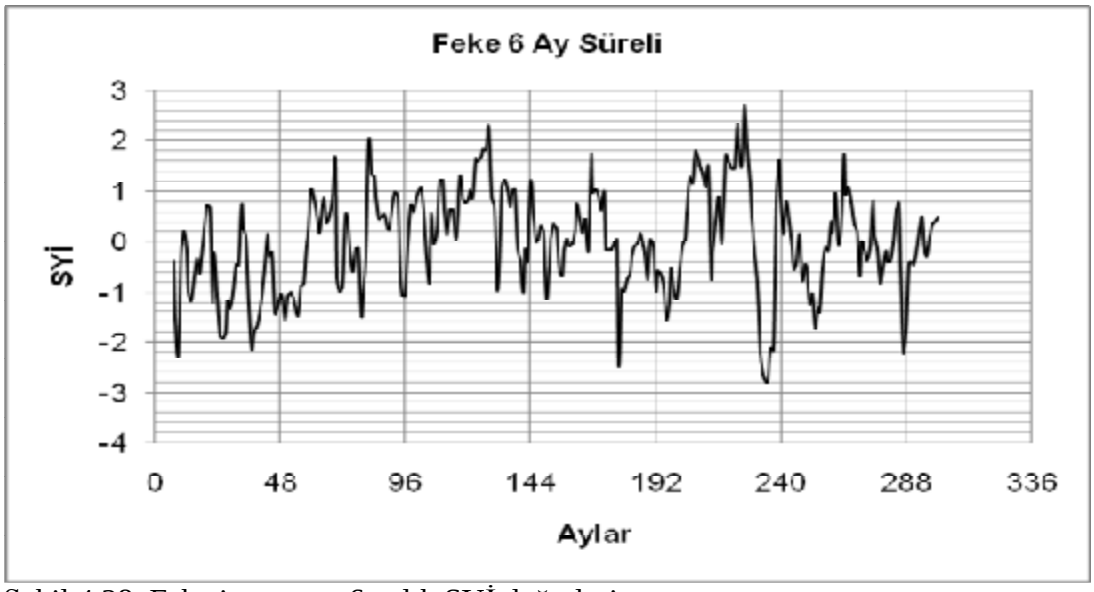
Şekil 4.26. Feke istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

3 ay (Şekil 4.23), 6 ay (Şekil 4.24), 9 ay (Şekil 4.25) 12 ay (Şekil 4.26) için 1987 ve 1988 yıllarında orta derece ve aşırı yağışlar görülmüştür. 1970-1974 yıllarında orta derece ve aşırı kuraklık yaşanmıştır. 1976-1981 döneminde orta ve aşırı şiddetli yağışlar artma eğilimi göstermiştir. 1990'lı yıllardan sonra periyot hafif kuraklık ve orta derece kuraklık yönüne kaymıştır.

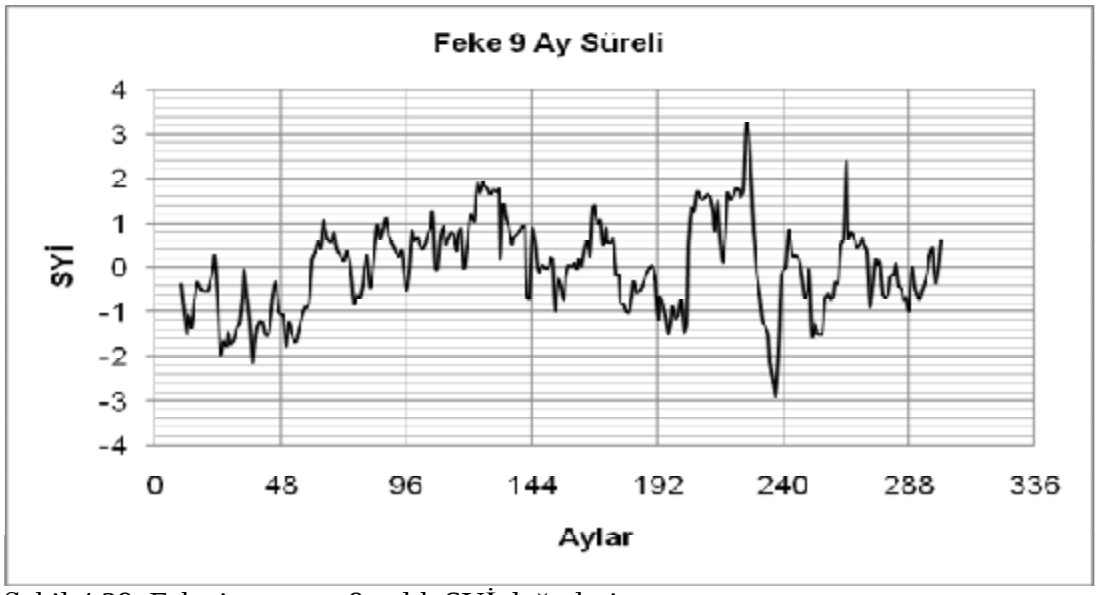
Aşağıda aylık SYİ değerlerinin zamana göre değişim grafikleri verilmiştir.



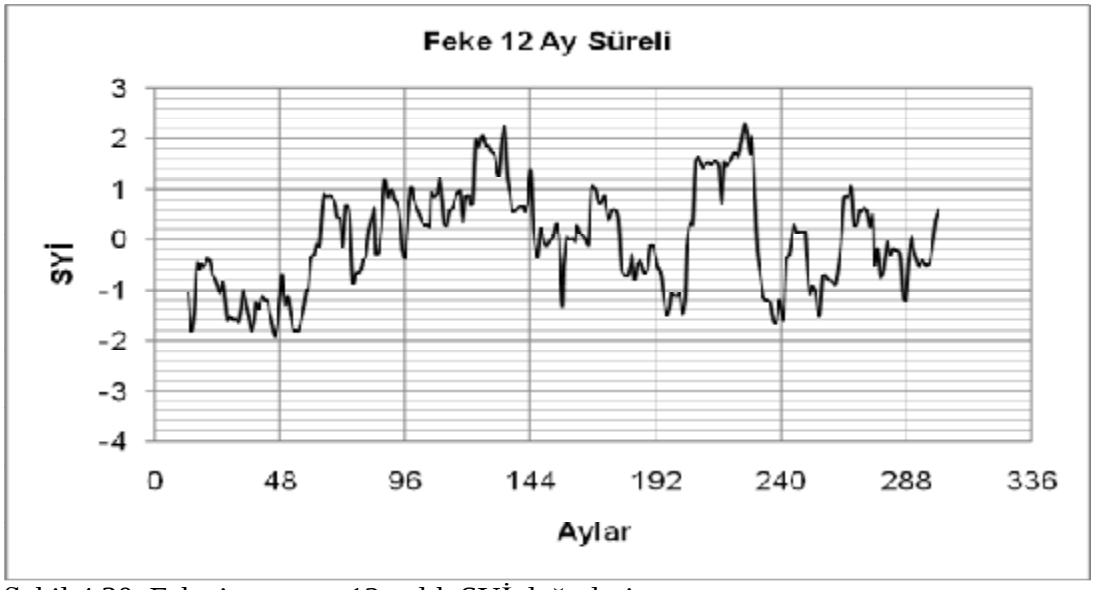
Şekil 4.27. Feke istasyonu 3 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.28. Feke istasyonu 6 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.29. Feke istasyonu 9 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.30. Feke istasyonu 12 aylık SYİ değerleri

3 ay (Şekil 4.27), 6 ay (Şekil 4.28), 9 ay (Şekil 4.29) ve 12 ay (Şekil 4.30) süreli SYİ değerlerine bakılırsa, olağanüstü yağışlı dönemleri orta derece kuraklık ve çok şiddetli kuraklıklar takip etmiştir. Ölçümün ilk yapıldığı aylarda genellikle orta derece kuraklıklar görülmüştür. Gözlem periyodunun son aylarında ise çok şiddetli yağışlı periyot orta derece kurak ve hafif kurak periyoda doğru yönelmiştir.

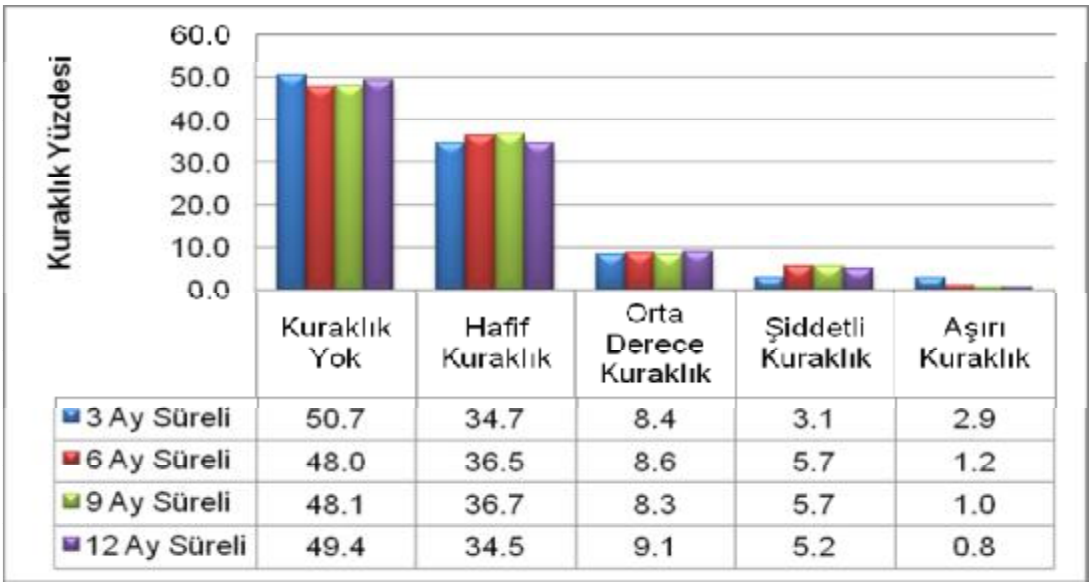
4.1.4. Karaisalı İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları

Karaisalı istasyonu Toros Dağlarına yakın olduğundan Adana istasyonuna göre bir miktar daha fazla yağış alır ve rakımı daha yüksektir. Tipik Akdeniz iklimi görülür. Analiz için 1970-2012 yılları arasındaki yağış serileri kullanılmıştır. Yılda 862.1 mm yağış alır.

Çizelge 4.4. Karaisalı istasyonunda 3,6,9,12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar

	3 Ay Süreli	6 Ay Süreli	9 Ay Süreli	12 Ay Süreli
En Kurak Ay	Nisan	Temmuz	Ekim	Nisan
Görüldüğü Yıl	1989	1989	1989	2008
SYİ Değeri	**-3.6**	**-2.98**	**-2.42**	**-2.15**
En Nemli Ay	Mart	Haziran	Eylül	Aralık
Görüldüğü Yıl	1994	1994	1994	1994
SYİ Değeri	**3.59**	**3.42**	**3.45**	**3.31**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Kurak Yıl	2007	2008	2008	2008
SYİ Değeri	**-0.88**	**-1.36**	**-1.70**	**-1.84**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Nemli Yıl	1988	1994	1994	1994
SYİ Değeri	**0.99**	**1.54**	**2.24**	**2.84**

Çizelge 4.4'den görüleceği gibi 1989 Nisan, Temmuz ve Ekim ayları olağanüstü kurak geçmiştir. 1994 yılının sonbahar ve bahar aylarında ise olağanüstü nemli geçmiştir. Tüm Türkiye'yi etkileyen 2008 kuraklığı burada da hakim olmuştur. 3 aylık sürede 2007 yılında hafif kuraklık, 6,9,12 aylık sürede ise 2008 yılında ise aşırı kuraklık görülmüştür. İstasyondaki aşırı kurak yılların son 10 yıl içinde görülmüş olması dikkat çekicidir. 1988 yılı 3 aylık dönem için hafif nemli geçerken 1994 yılı 6,9,12 aylık dönem için aşırı nemli ve olağanüstü nemli geçtiğini söyleyebiliriz.

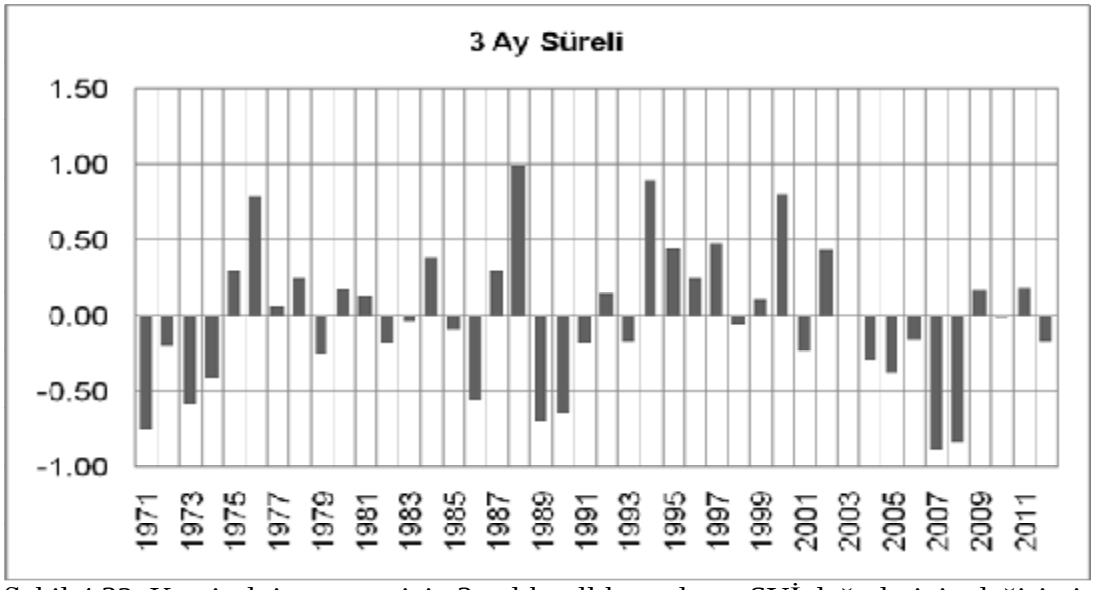


	Kuraklık Yok	Hafif Kuraklık	Orta Derece Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Aşırı Kuraklık
3 Ay Süreli	50.7	34.7	8.4	3.1	2.9
6 Ay Süreli	48.0	36.5	8.6	5.7	1.2
9 Ay Süreli	48.1	36.7	8.3	5.7	1.0
12 Ay Süreli	49.4	34.5	9.1	5.2	0.8

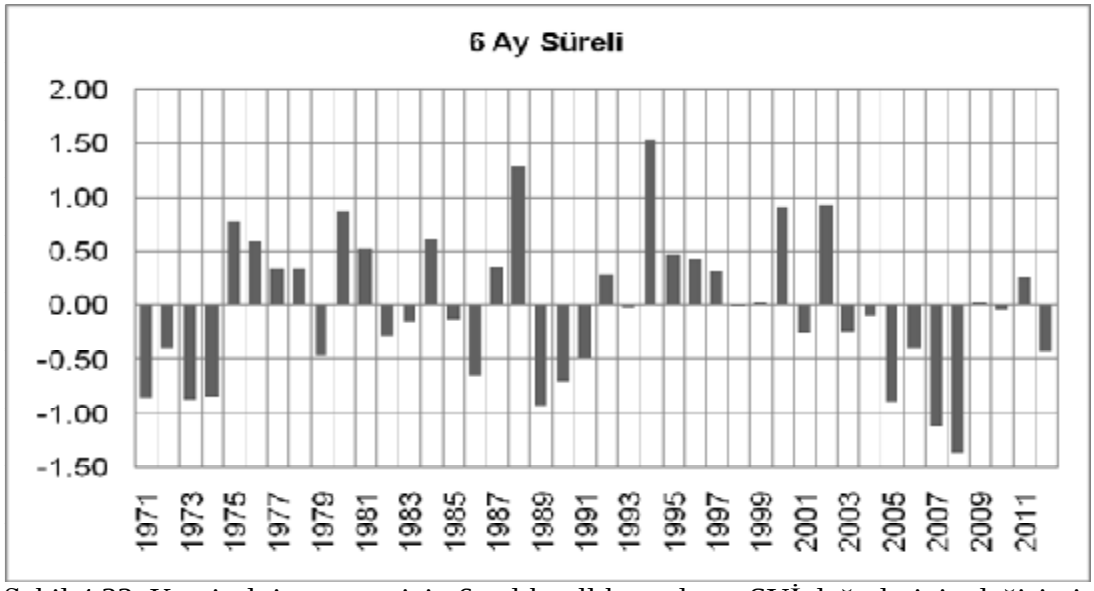
Şekil 4.31. Karaisalı istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları

Şekil 4.31'e göre Karaisalı istasyonu %49.1'lik ortalamayla kuraklık yok sınıfındadır. Bu diğer kurak olma durumlarının daha fazla olduğunu söyler. Yani bu istasyon kritik bir durumdadır. Gelecekte hafif kurak bir istasyon olma ihtimali Adana istasyonuna göre daha yüksektir. İstasyonda şimdilik en fazla hafif kuraklık görülürken; nadir olarak aşırı kuraklık görülür. 6,9 ve 12 aylık sürede kuraklık etkileri daha etkin görülür. En nemli dönem 3 aylık sürede görülürken orta derece kuraklık en fazla 12 aylık sürede görülür.

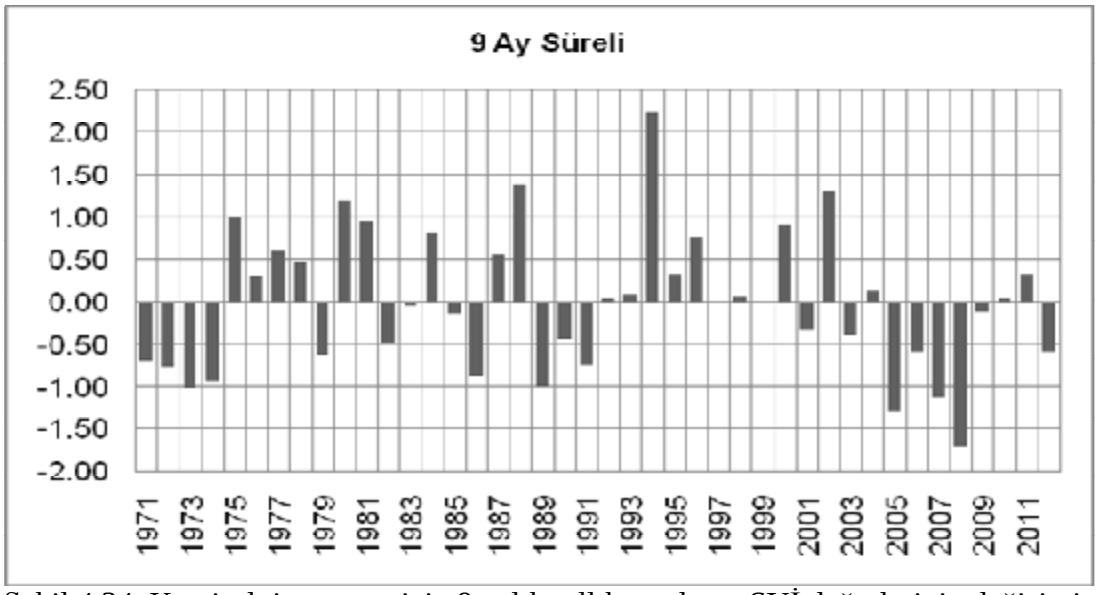
Aşağıda Karaisalı istasyonunun yıllık ortalama SYİ değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu şekilde kuraklık sınıflarının yıldan yıla nasıl değiştiği izlenebilmektedir.



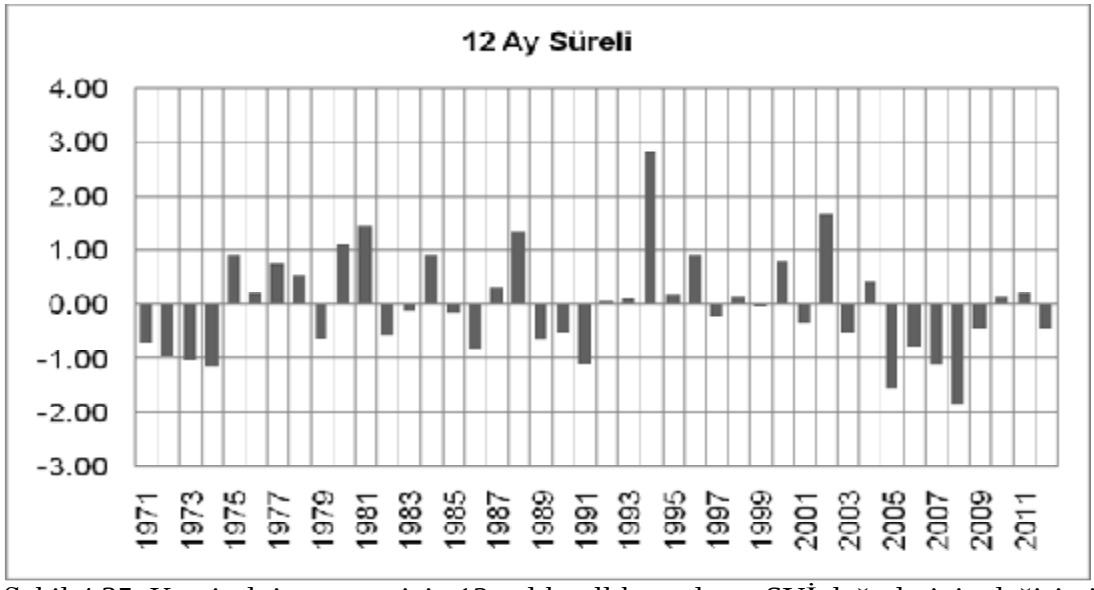
Şekil 4.32. Karaisalı istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.33. Karaisalı istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.34. Karaisalı istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

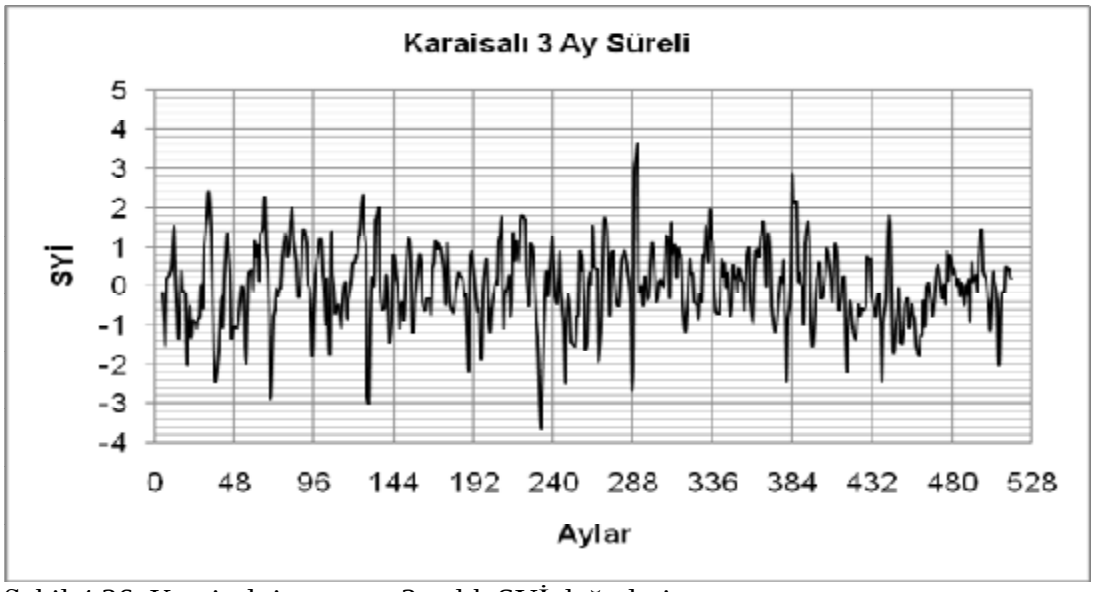


Şekil 4.35. Karaisalı istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

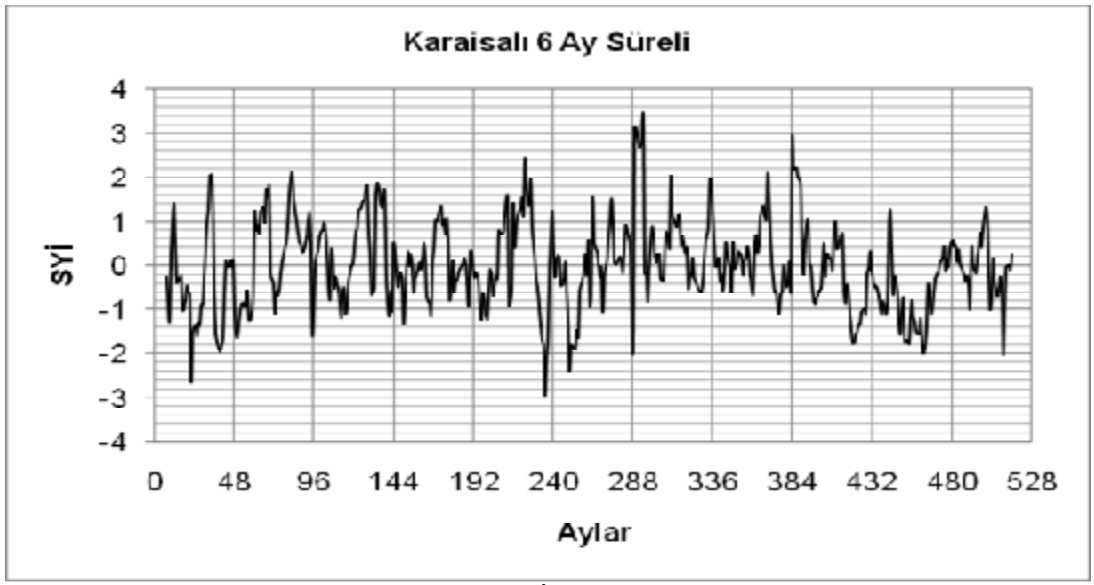
Şekil 4.32'ye göre 3 aylık dönem için en nemli yılın 1988 olduğunu, 1994 yılından sonra hafif nemli ve orta derece nemli yılların yaşandığını, 2003 yılından itibaren de orta derece kurak yıllara geçiş yapıldığını söyleyebiliriz. Şekil 4.33'te 6 aylık süre için nemlilik bakımından 1994 yılının en yüksek değerde olduğu aşırı nemli dönem görülmektedir. 2005-2008 yılları hafif kurak ve orta kurak geçmiştir. 1974 ve 1975 yıllarında kısa süreli hafif nemli bir periyot yaşanmıştır. Şekil 4.34'de

9 aylık süre için ilk göze çarpan 1994 yılının olağanüstü nemli yani çok şiddetli yağışlı olduğudur. 6 aylık süre gibi son yıllarda hafif kuraklık ve aşırı kuraklık artmıştır. 1970-1974 dönemi orta kurak geçmiştir. Şekil 4.35'de 12 aylık süre için 3,6,9 aylık periyotlarla benzerlik vardır. 1994 yılı hafif yağışlı yıllardan bir anda olağanüstü şiddetli yağışlı yıla geçildiğini temsil etmektedir.

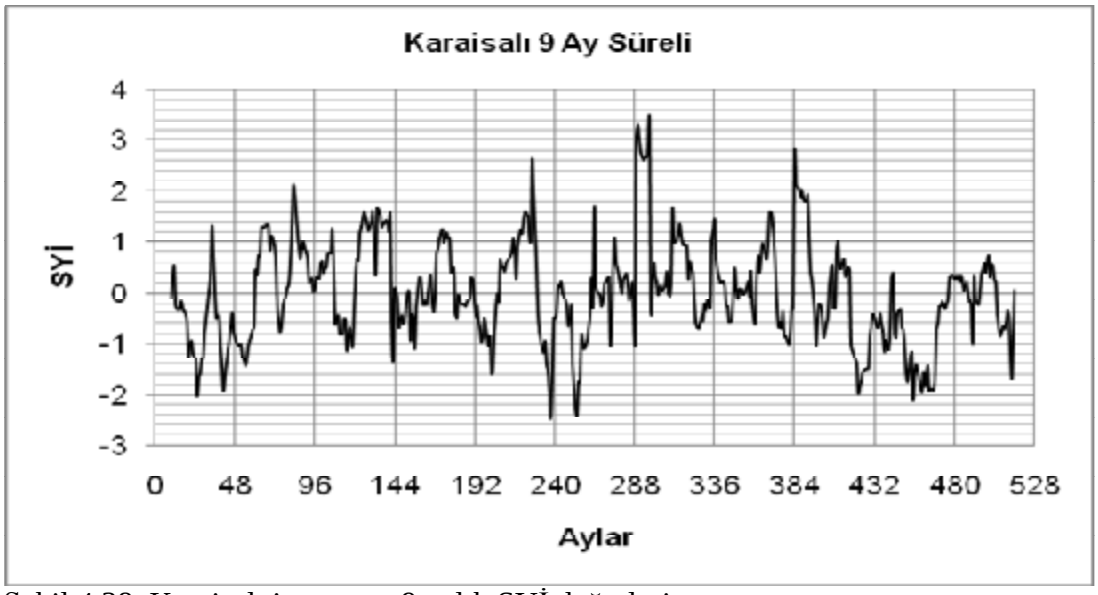
Aşağıda aylık SYİ değerlerinin zamana göre değişim grafikleri verilmiştir.



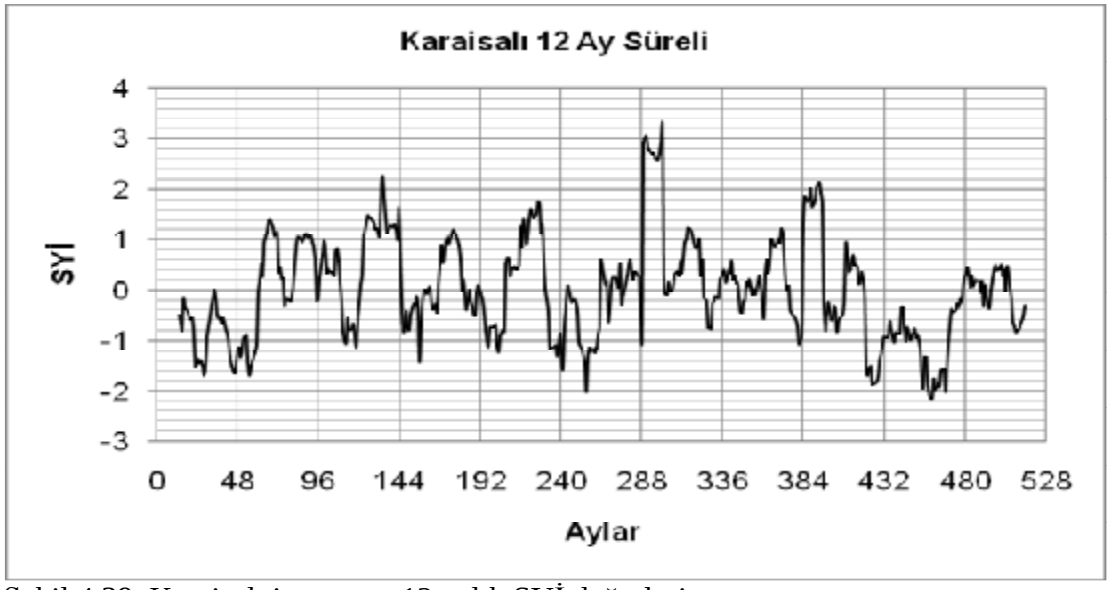
Şekil 4.36. Karaisalı istasyonu 3 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.37. Karaisalı istasyonu 6 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.38. Karaisalı istasyonu 9 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.39. Karaisalı istasyonu 12 aylık SYİ değerleri

3 aylık (Şekil 4.36), 6 aylık (Şekil 4.37), 9 aylık (Şekil 4.38) ve 12 aylık (Şekil 4.39) SYİ grafiklerinden şu bilgiler çıkarılabilir: 1994 yılı ekstrem bir yıldır kayıt süresi boyunca bu sene içerisindeki aylar çok şiddetli yağışlar görmüştür ve 3 aylık mevsimsel dönemde aylarda daha ekstrem değerler yani çok şiddetli kuraklıklar ve olağanüstü şiddetli yağışlar yaşanmıştır.

12 aylık dönemde kuraklığın şiddeti artmıştır. Son aylardaki değişime bakarsak istasyonun kuraklaştığını görebiliriz.

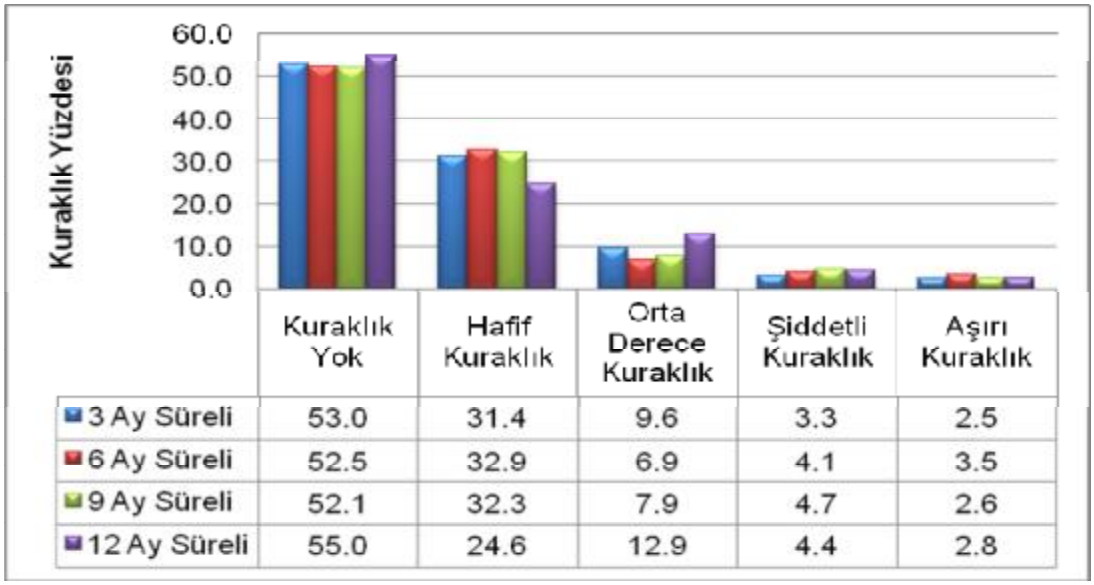
4.1.5. Karataş İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları

Seyhan Havzası'nda rakımı en düşük ve deniz sahilinde olan tek istasyondur. Havzanın en güneyinde bulunur. Akdeniz iklimi görülür. Kışları ılık, yazları ise gündüzleri serin geceleri ise sıcaktır. Yılda ortalama 773 mm yağış alır. Don olayları görülmez. 1970-2012 arası yağış kayıtları incelenmiştir.

Çizelge 4.5. Karataş istasyonunda 3,6,9,12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar

	3 Ay Süreli	6 Ay Süreli	9 Ay Süreli	12 Ay Süreli
En Kurak Ay	Ekim,Nisan	Temmuz	Eylül	Ağustos
Görüldüğü Yıl	1984 ve 1989	1989	1989	1973
SYİ Değeri	**-3.15**	**-3.74**	**-3.26**	**-2.64**
En Nemli Ay	Aralık	Aralık	Aralık	Ocak
Görüldüğü Yıl	1991	1997	1997	1998
SYİ Değeri	**2.44**	**2.54**	**2.71**	**2.3**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Kurak Yıl	1989	1973	1973	1973
SYİ Değeri	**-1.09**	**0.03**	**-0.03**	**-0.08**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Nemli Yıl	1997	1972	1996	1998
SYİ Değeri	**0.80**	**1.05**	**1.27**	**1.62**

Çizelge 4.5'e göre Karataş istasyonunda genelde sonbahar ve yaz ayları kurak geçmiştir. 1973,1984 ve 1989 yılları olağanüstü kurak aylar yaşamıştır. Genelde yaz sonu ve sonbahar kuraklığı yaşanmıştır. 1989 Temmuz ayında olağanüstü kuraklık görülmüştür. 1997,1998 kış ayları ise olağanüstü nemli geçmiştir. 1989 yılı orta kurak geçerken 1973 yılı hafif kurak geçmiştir. 1997,1996,1998 yılları hafif nemli ve aşırı nemli olarak yaşanmıştır.

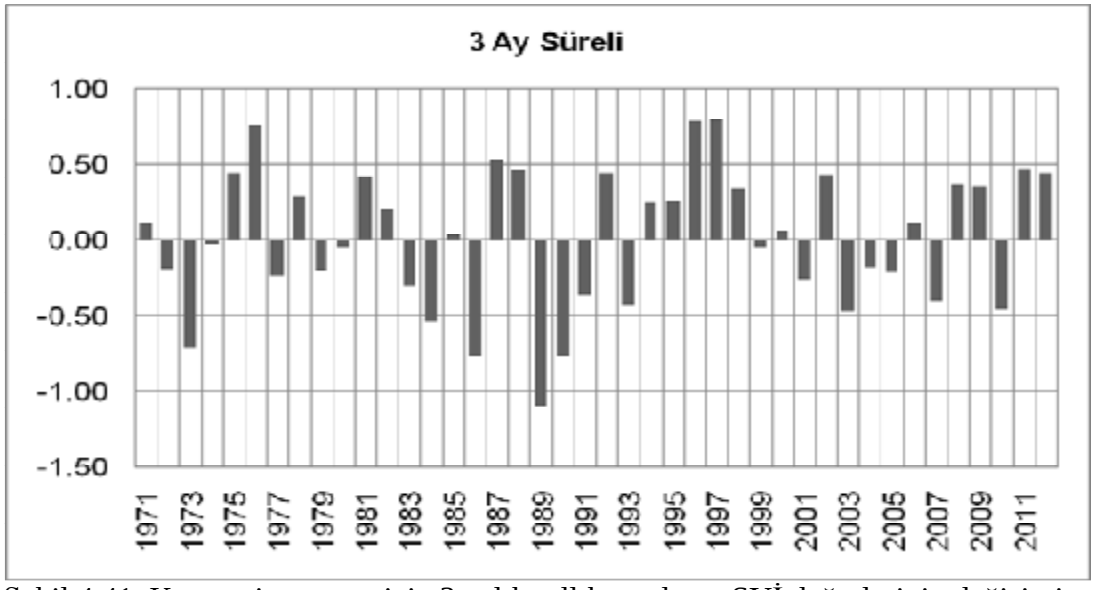


	Kuraklık Yok	Hafif Kuraklık	Orta Derece Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Aşırı Kuraklık
3 Ay Süreli	53.0	31.4	9.6	3.3	2.5
6 Ay Süreli	52.5	32.9	6.9	4.1	3.5
9 Ay Süreli	52.1	32.3	7.9	4.7	2.6
12 Ay Süreli	55.0	24.6	12.9	4.4	2.8

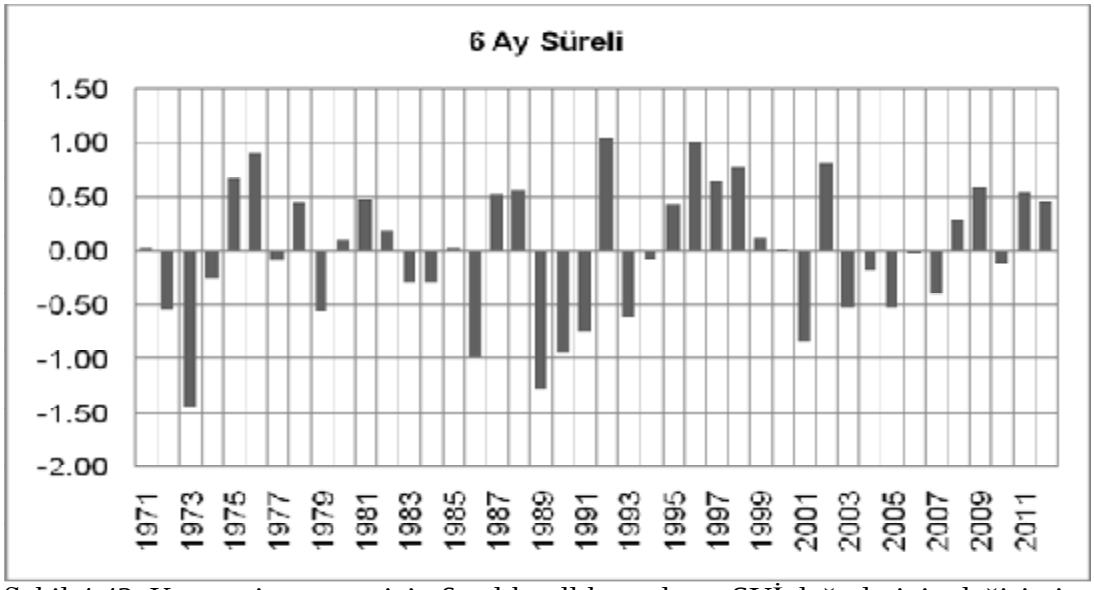
Şekil 4.40. Karataş istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları

Şekile 4.40'a göre bu istasyon %53.2 kuraklık yok olasılığıyla genelde kuraklığın görülmediği bir bölgedir. Kayıt süresince %30.3 oranında hafif kuraklık, %2.9 oranında ise aşırı kuraklık izlenmiştir. Şiddetli kuraklık en fazla 9 ay periyodunda görülmüştür. Kuraklığın olmadığı dönem kurak dönemlere göre daha fazladır.

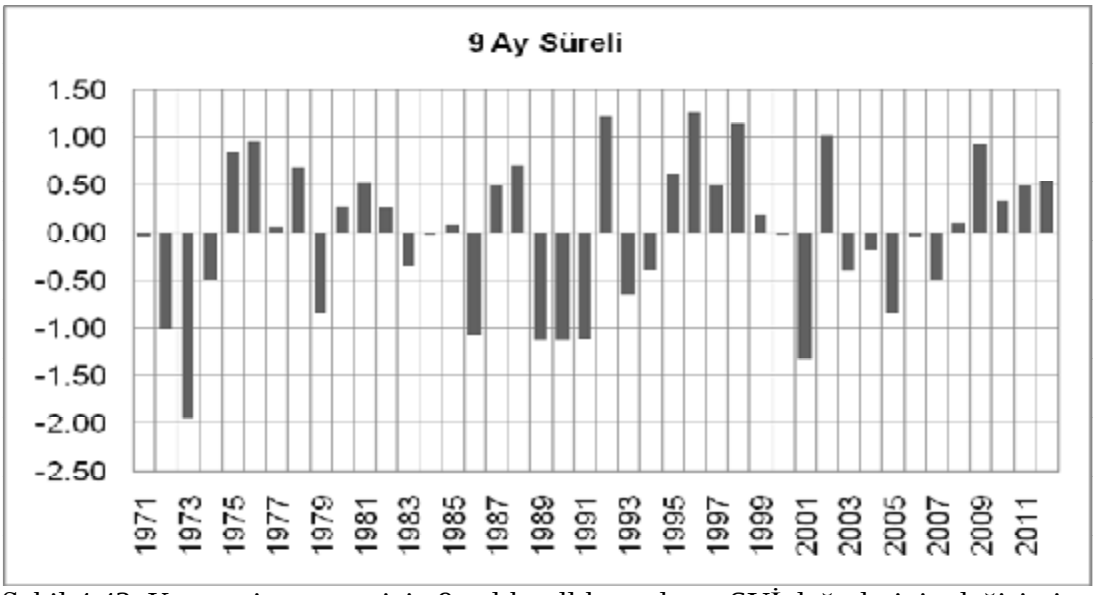
Aşağıda Karataş istasyonunun yıllık ortalama SYİ değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu şekilde kuraklık sınıflarının yıldan yıla nasıl değiştiği izlenebilmektedir.



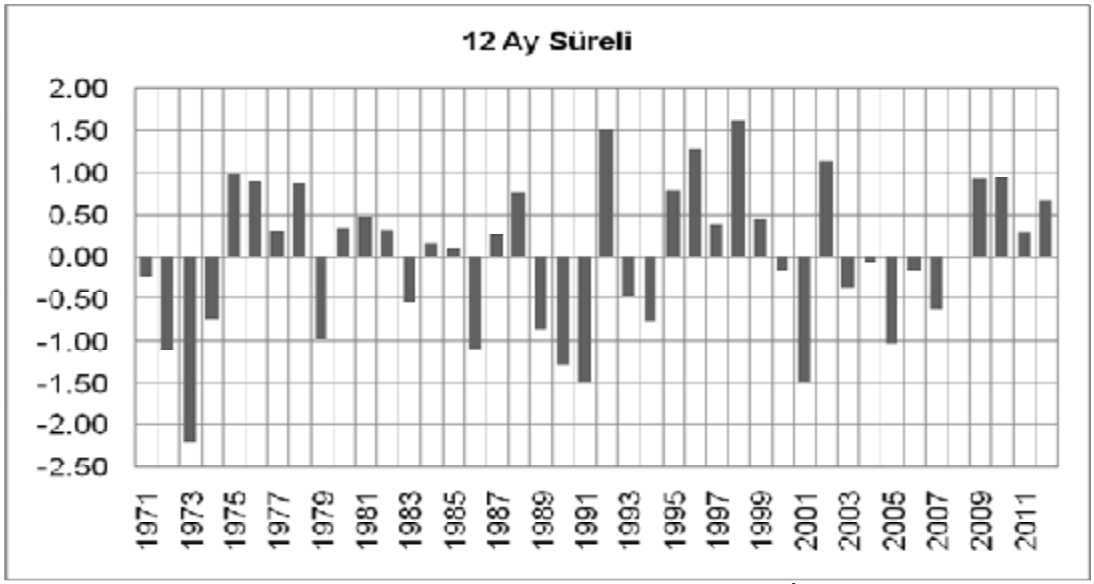
Şekil 4.41. Karataş istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.42. Karataş istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



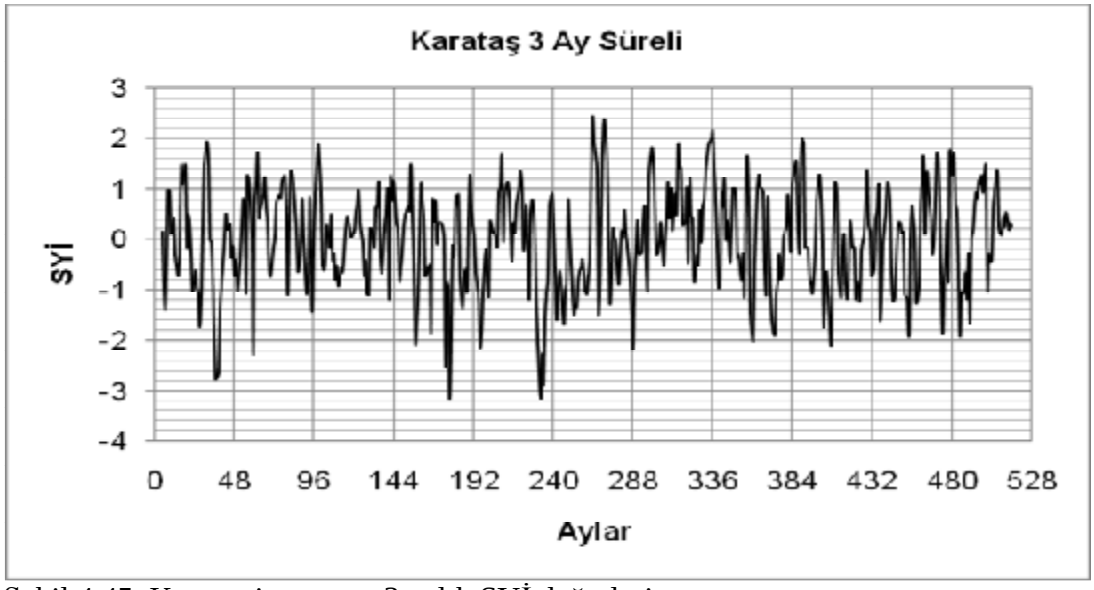
Şekil 4.43. Karataş istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



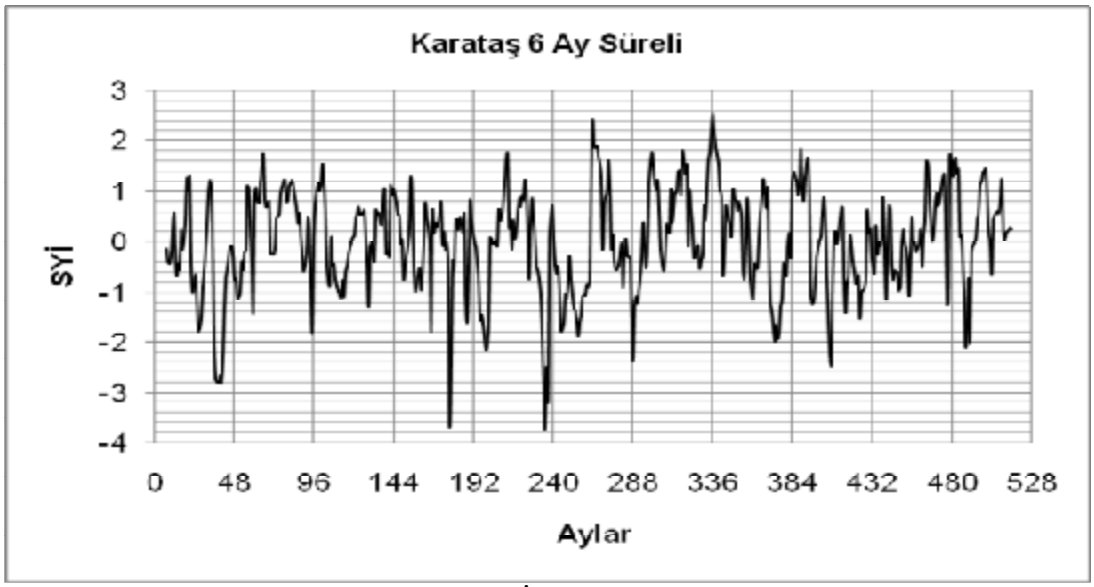
Şekil 4.44. Karataş istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

Şekil 4.41'e göre Karataş İstasyonu 3 ay süre için 1989 yılında en ekstrem kuraklık değerini almıştır. 2000'li yıllarda uç noktalardaki kuraklık ve nemlilik oranları azalmıştır. En yağışlı dönem 1996-1997 dönemidir. 6 aylık (Şekil 4.42), 9 aylık (Şekil 4.43) ve 12 aylık (Şekil 4.44) süreli olanlar ile 3 aylık süreli olan benzer profili çizmiştir. Ancak periyot süresi uzadıkça 1970'li yıllardaki kuraklığın ve 1990'lı yıllardaki nemliliğin arttığı görülmektedir.

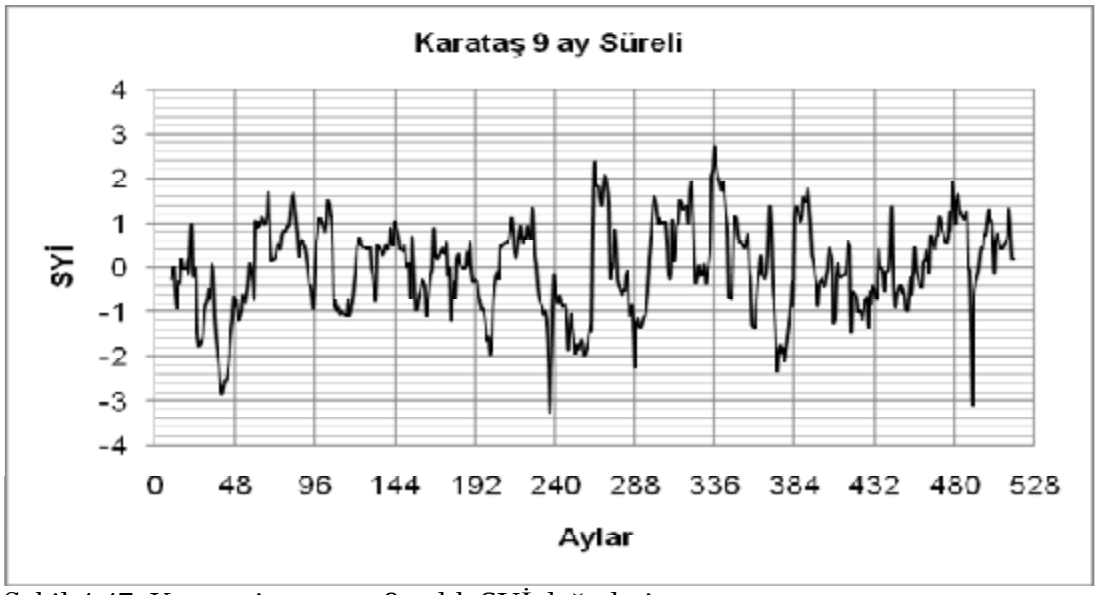
Aşağıda aylık SYİ değerlerinin zamana göre değişim grafikleri verilmiştir.



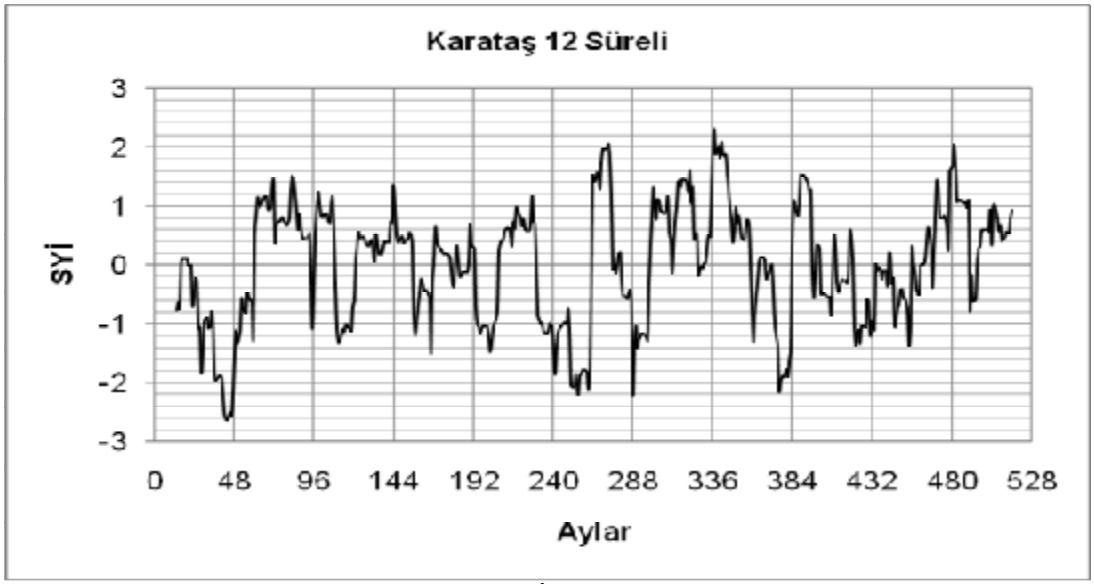
Şekil 4.45. Karataş istasyonu 3 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.46. Karataş istasyonu 6 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.47. Karataş istasyonu 9 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.48. Karataş istasyonu 12 aylık SYİ değerleri

3 ay (Şekil 4.45), 6 ay süreli (Şekil 4.46) SYİ değerlerinde 1982-1990 döneminde bazı aylarda olağanüstü kuraklık görülmüştür. 1990-1994 dönemindeki bazı aylarda ise çok şiddetli yağışlar olmuştur. 9 aylık sürede (Şekil 4.47) 2010 yılından sonra olağanüstü kuraklık aylar görülürken 12 aylık sürede (Şekil 4.48) son yıllarda nemli dönemlerin sıklığı artmıştır.

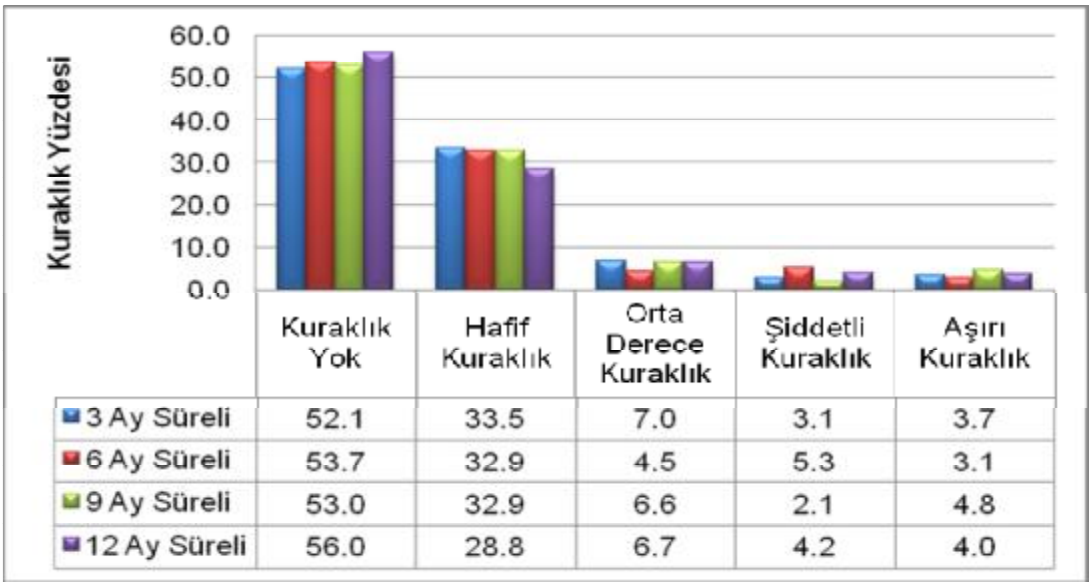
4.1.6. Pınarbaşı İstasyonu için SYİ Analiz Sonuçları

Pınarbaşı İstasyonu Kayseri il sınırları içerisindedir. Ortalama 1500 m rakımı vardır. Karasal iklimin bütün özellikleri ve bitki örtüsü görülür. Doğu Anadolu iklimine daha yakındır. En fazla yağışı bahar ve yaz aylarında alır. Denizin nemli ve ılık rüzgarlarına kapalıdır. Kışın kuvvetli don olayları görülür. Havzanın en kuzeyindeki istasyondur. Yıllık yağış ortalaması 414 mm'dir. Analiz için 1970-2010 yıllarındaki yağış serisi kullanılmıştır.

Çizelge 4.6. Pınarbaşı istasyonunda 3,6,9,12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar

	3 Ay Süreli	6 Ay Süreli	9 Ay Süreli	12 Ay Süreli
En Kurak Ay	Nisan	Mayıs	Ağustos	Mayıs
Görüldüğü Yıl	1989	1989	1989	1985
SYİ Değeri	**-3.53**	**-3.75**	**-3.31**	**-3.09**
En Nemli Ay	Eylül	Ekim	Aralık	Aralık
Görüldüğü Yıl	2002	1972	1998	1998
SYİ Değeri	**2.63**	**2.51**	**2.17**	**2.14**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Kurak Yıl	1994	1994	1994	1985
SYİ Değeri	**-1.75**	**-2.18**	**-2.18**	**-2.26**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Nemli Yıl	1979	1979	1980	1970
SYİ Değeri	**0.93**	**1.29**	**1.50**	**1.40**

Çizelge 4.6'ya göre, en kurak aylar 1989 Nisan ve Mayıs aylarıdır. Bu dönem olağanüstü kuraktır. En nemli ay ise 2002 yılı Eylül ayıdır ve kategorisi olağanüstü nemlidir yani yağışlıdır. 1998 Aralık aylarında da 9 ve 12 aylık süre için çok şiddetli yağışlar görülmüştür. En kurak yıl 1985 yılıdır ve olağanüstü kuraktır. 1980 yılı ise en nemli yıldır ve orta derece şiddetli yağışlıdır.

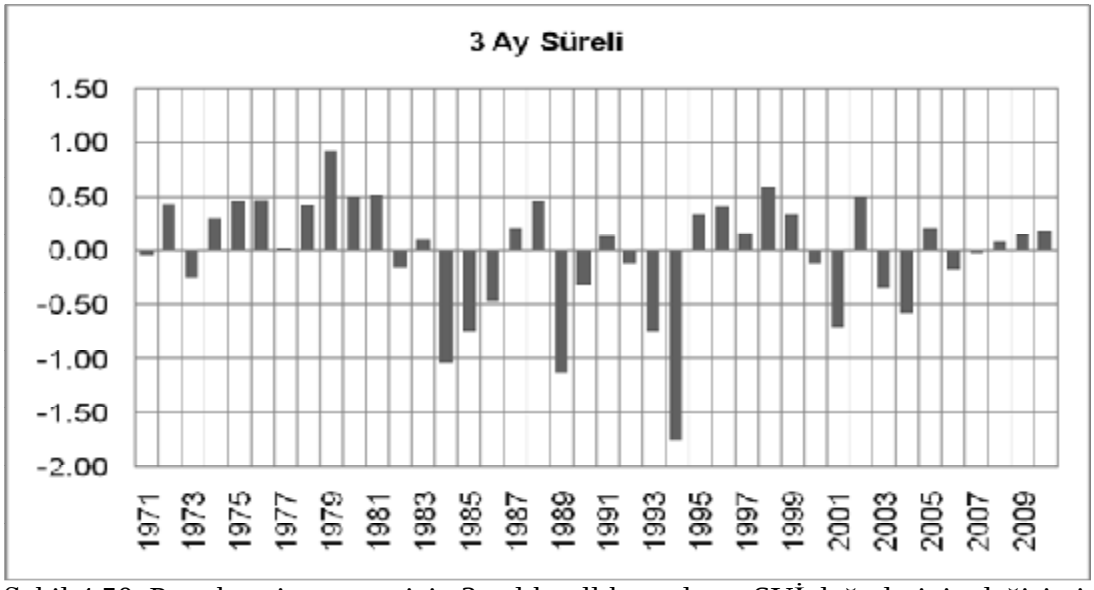


	Kuraklık Yok	Hafif Kuraklık	Orta Derece Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Aşırı Kuraklık
3 Ay Süreli	52.1	33.5	7.0	3.1	3.7
6 Ay Süreli	53.7	32.9	4.5	5.3	3.1
9 Ay Süreli	53.0	32.9	6.6	2.1	4.8
12 Ay Süreli	56.0	28.8	6.7	4.2	4.0

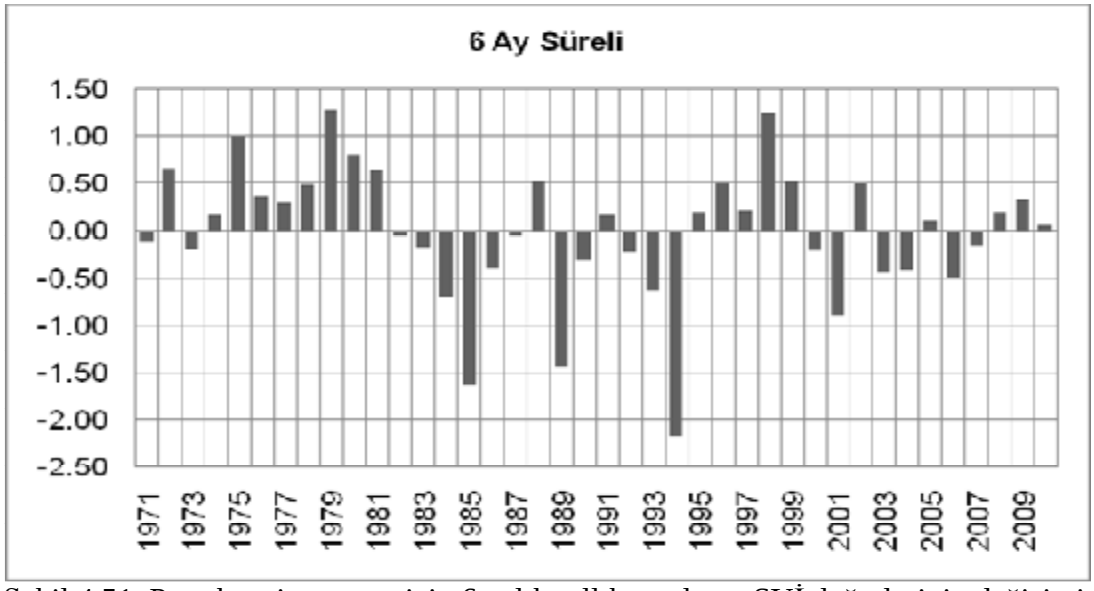
Şekil 4.49. Pınarbaşı istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları

Şekil 4.49'a göre istasyon %53.7 olasılıkla genel olarak kuraklığın görülmediği bir istasyondur. Kuraklık en az 12 aylık sürede görülür. Sadece %3.9 oranında aşırı kuraklık vardır. Hafif kuraklık ve orta derece kurak durumlar en fazla 3 ay süreli dönemde görülür. Seyhan Havzası'ndaki diğer istasyonlar gibi kuraklık sınırındadır. Yani kurak istasyon olma eğilimindedir.

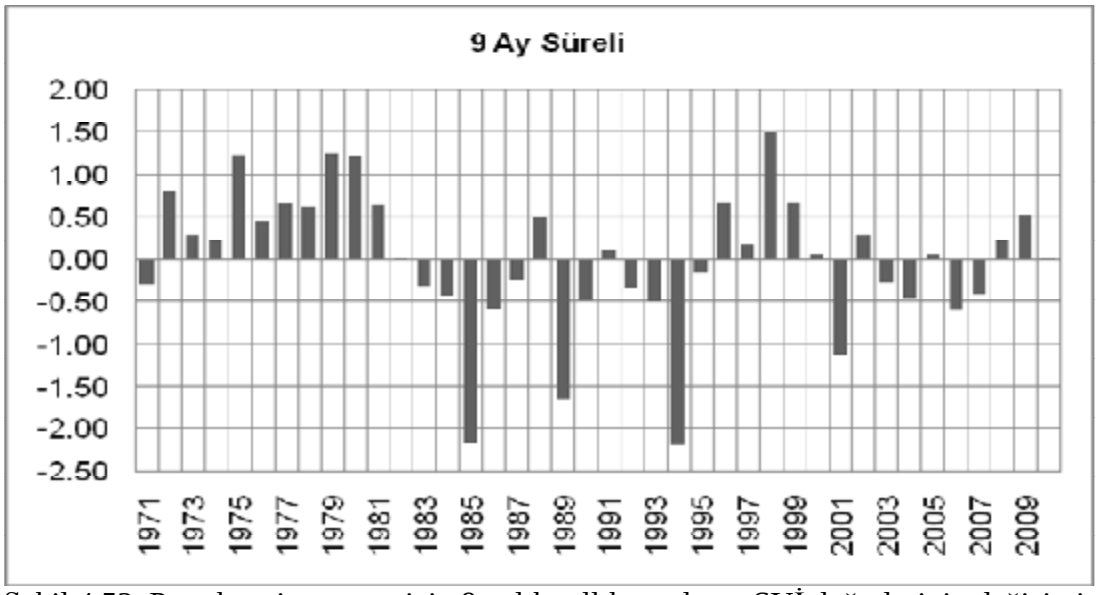
Aşağıda Pınarbaşı istasyonunun yıllık ortalama SYİ değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu şekilde kuraklık sınıflarının yıldan yıla nasıl değiştiği izlenebilmektedir.



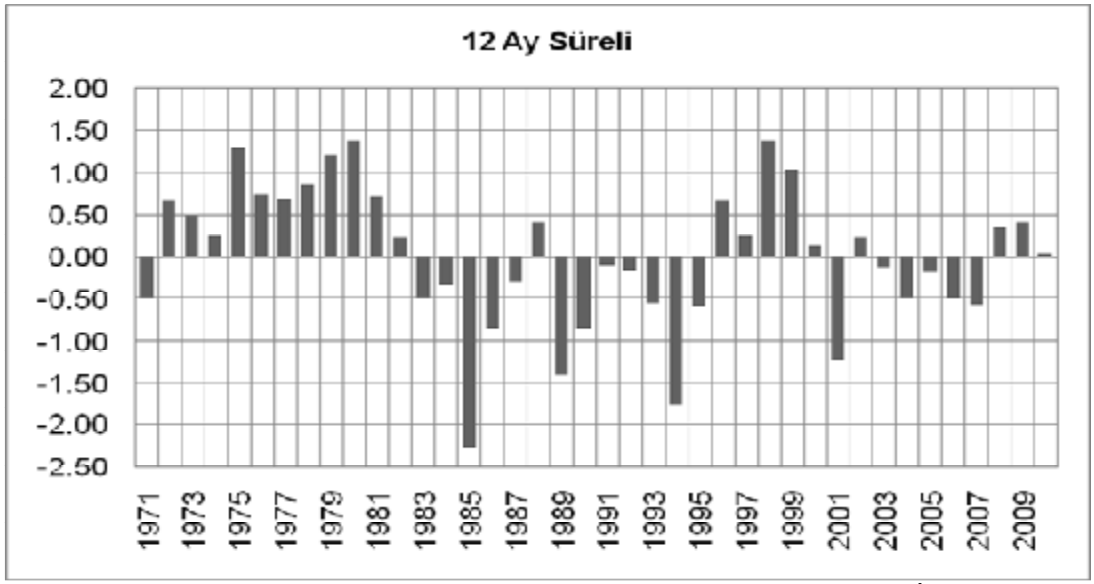
Şekil 4.50. Pınarbaşı istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.51. Pınarbaşı istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.52. Pınarbaşı istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

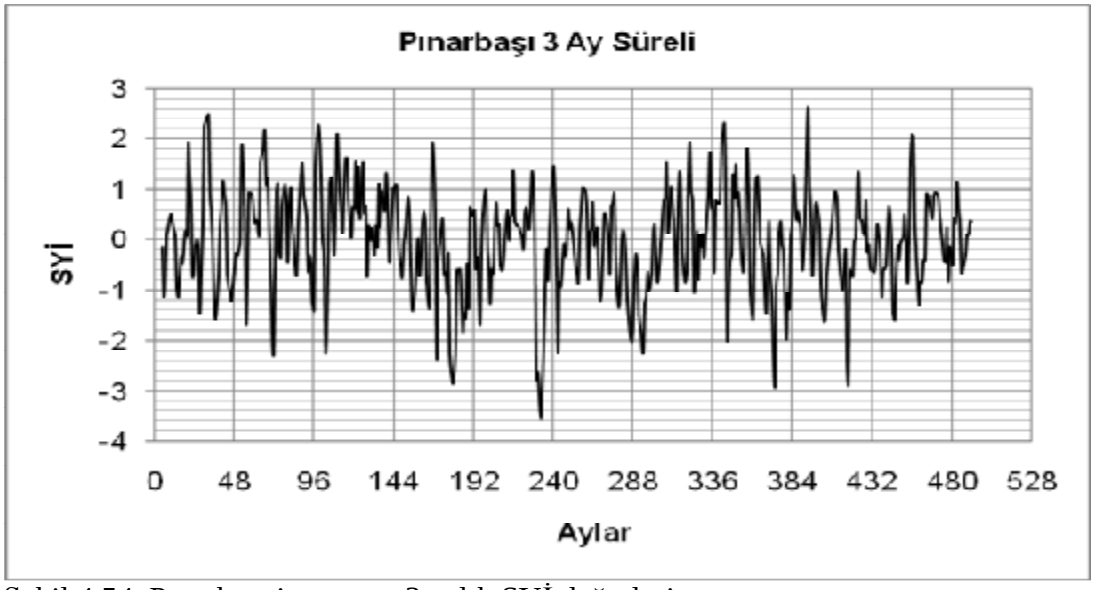


Şekil 4.53. Pınarbaşı istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

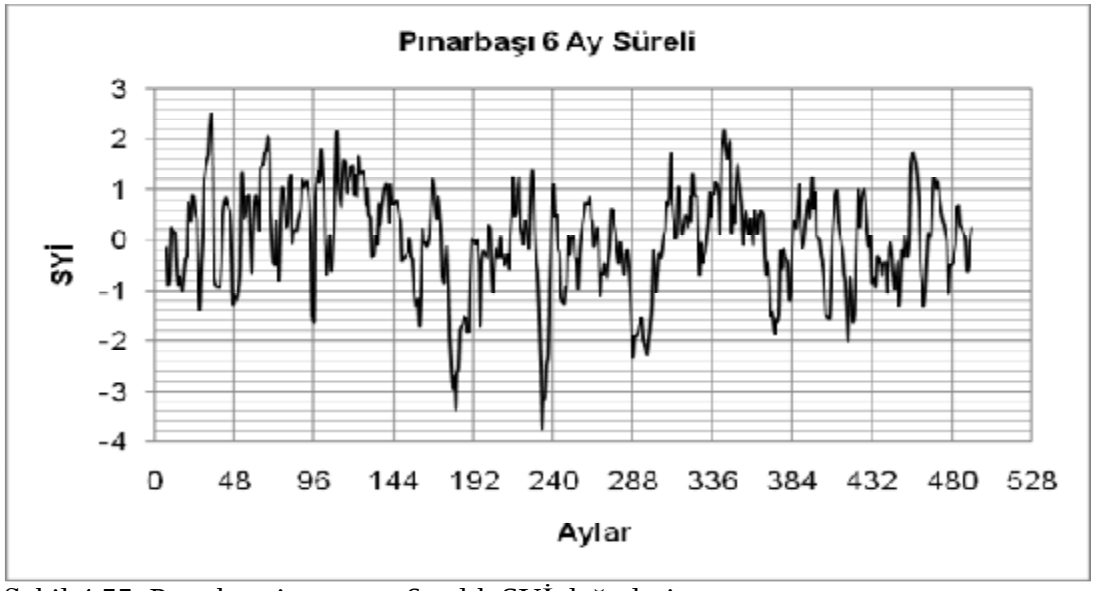
3 ay (Şekil 4.50), 6 ay (Şekil 4.51), 9 ay (Şekil 4.52) ve 12 ay (Şekil 4.53) SYİ değerlerine bakılırsa, ilk olarak 3 ay ve 6 aylık dönemde 1994 kuraklığı göze çarpar. 12 aylık dönem için ise 1985 kuraklığıdır. Her dört zaman periyodunda 1971-1982 dönemi oldukça nemli, hafif nemli ve orta şiddetli nemli geçmiştir. 1982 yılından sonra ise iklim artarak kurak ve olağanüstü kurak olmuştur. 1996 yılına

kadar böyle devam etmiştir. 1996-2000 döneminde biraz toparlamıştır. 2000 yılından sonra ise tekrar orta derece kurak ve hafif kurak iklim özellikleri görülmüştür.

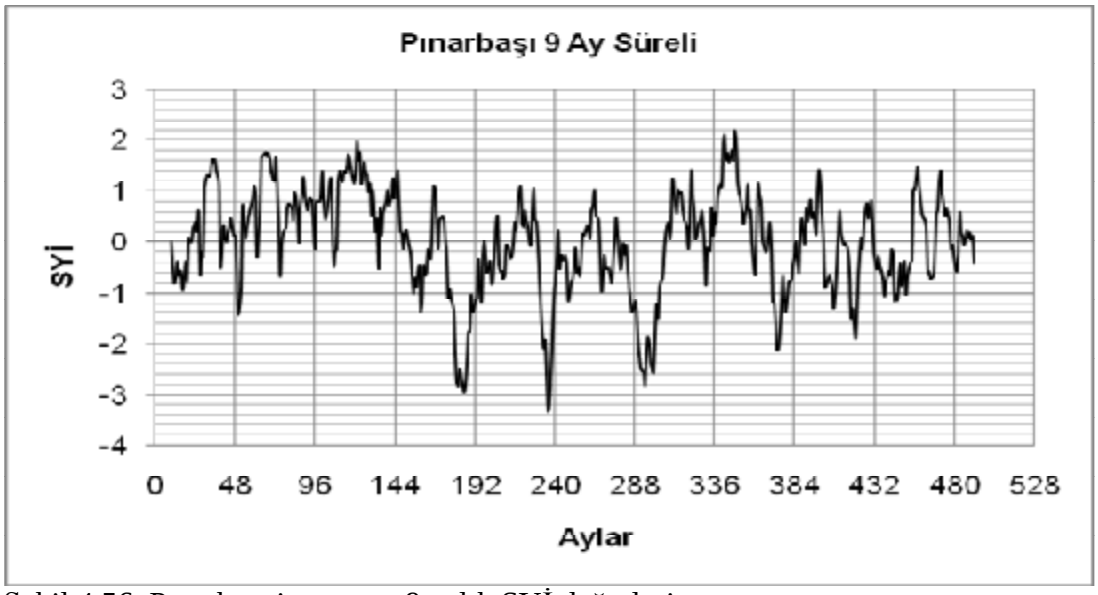
Aşağıda aylık SYİ değerlerinin zamana göre değişim grafikleri verilmiştir.



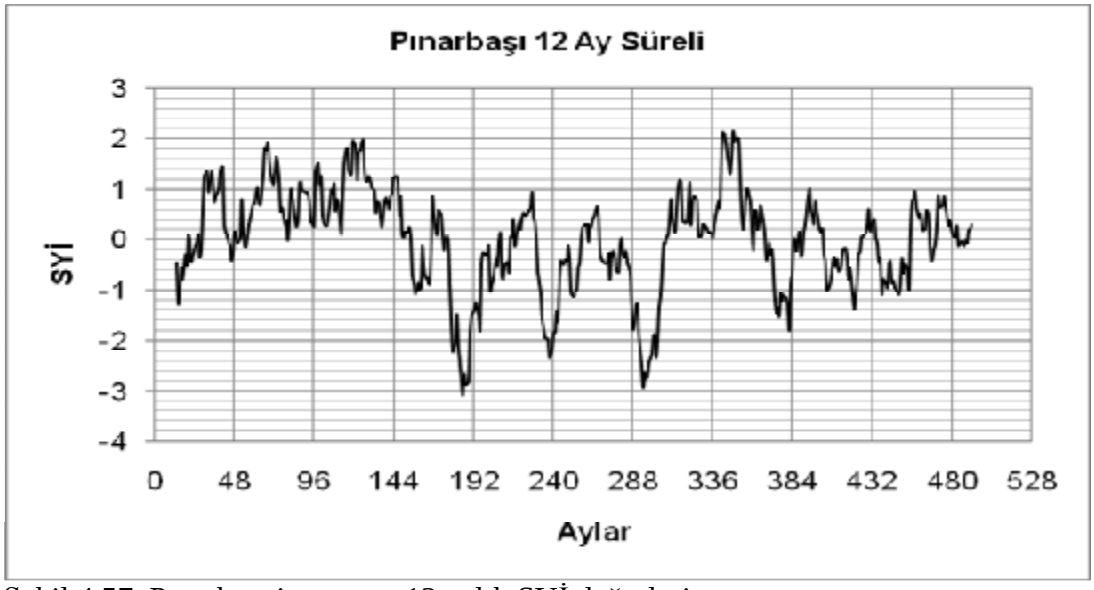
Şekil 4.54. Pınarbaşı istasyonu 3 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.55. Pınarbaşı istasyonu 6 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.56. Pınarbaşı istasyonu 9 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.57. Pınarbaşı istasyonu 12 aylık SYİ değerleri

3 ay (Şekil 4.54), 6 ay (Şekil 4.55), 9 ay (Şekil 4.56) ve 12 aylık (Şekil 4.57) SYİ değerlerine bakarsak, olağanüstü kuraklıkları görürüz. Özellikle 3 ay ve 6 aylık dönemde çok daha şiddetlidir. Aylara bakarsak son yıllarda kuraklığın şiddeti ve yağışın şiddeti aynı oranda azalmıştır. Orta derece kuraklık devam ederken hafif nemli aylar yaşanmıştır. Bundan bu şekilde devam ederse kuraklığın şiddetini artırabileceği anlaşılır.

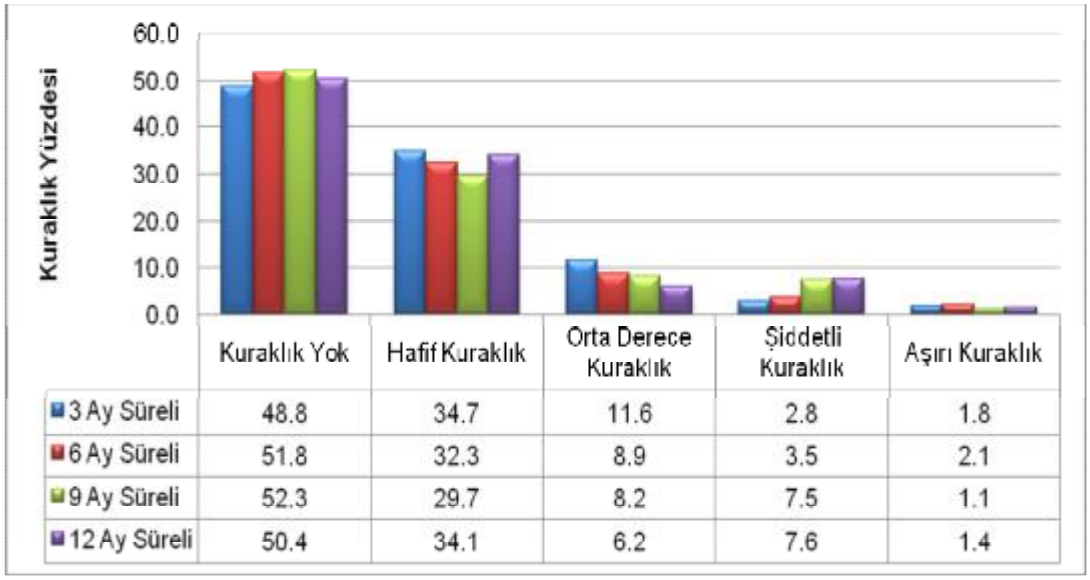
4.1.7. Pozantı İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları

Pozantı istasyonu dağların arasında olup deniz etkisini az aldığı için yıllık ortalama yağış miktarı 684.4 mm'dir. Kışın İç Anadolu üzerinden esen soğuk rüzgarlar hakimdir. Kar yağışı görülür.1970-1993 yılları yağış serisi analiz edilmiştir.

Çizelge 4.7. Pozantı istasyonunda 3,6,9,12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar

	3 Ay Süreli	6 Ay Süreli	9 Ay Süreli	12 Ay Süreli
En Kurak Ay	Nisan	Ekim	Nisan	Ekim
Görüldüğü Yıl	1989	1984	1973	1973
SYİ Değeri	**-3**	**-2.93**	**-2.3**	**-2.28**
En Nemli Ay	Haziran	Eylül	Eylül	Şubat
Görüldüğü Yıl	1975	1975	1981	1981
SYİ Değeri	**3.08**	**3.12**	**2.65**	**3.09**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Kurak Yıl	1973	1973	1973	1973
SYİ Değeri	**-0.87**	**-1.37**	**-1.69**	**-1.69**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Nemli Yıl	1975	1975	1981	1981
SYİ Değeri	**0.79**	**1.26**	**1.68**	**2.32**

Çizelge 4.7'ye göre, Pozantı istasyonu için en kurak zaman 1973 Ekim ve Nisan'ı, 1984 Ekimi ve 1989 Nisan'ıdır. Her dört zamanda da olağanüstü kurak aylar yaşanmıştır. 1975,1981 yıllarının Haziran ve Şubat aylarında ise olağanüstü yağışlar görülmüştür. Buradan çıkarılabilecek diğer husus birbirine çok da uzak olmayan Pozantı, Karaisalı ve Adana istasyonlarının benzer zamanlarda kurak ve nemli olduklarıdır. Adana istasyonunda olduğu gibi burada da 1973 yılı aşırı kurak geçmiştir. En nemli yıllar yine 1975 ve 1981 yıllarıdır. Bu yıllar hafif nemli, orta nemli, aşırı nemli ve olağanüstü nemli olarak değerlendirilebilir.

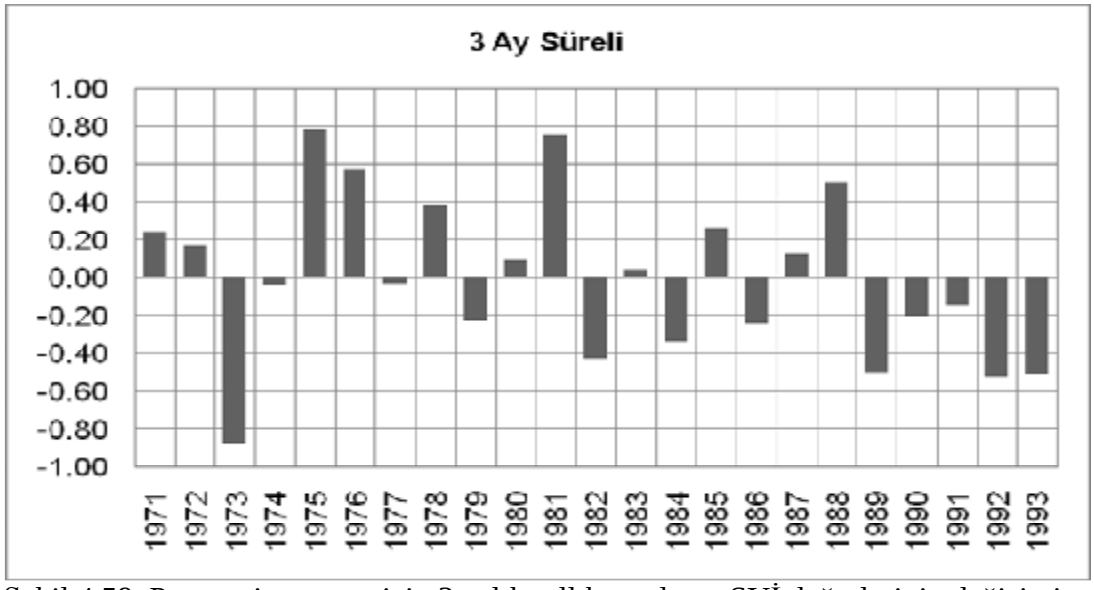


	Kuraklık Yok	Hafif Kuraklık	Orta Derece Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Aşırı Kuraklık
3 Ay Süreli	48.8	34.7	11.6	2.8	1.8
6 Ay Süreli	51.8	32.3	8.9	3.5	2.1
9 Ay Süreli	52.3	29.7	8.2	7.5	1.1
12 Ay Süreli	50.4	34.1	6.2	7.6	1.4

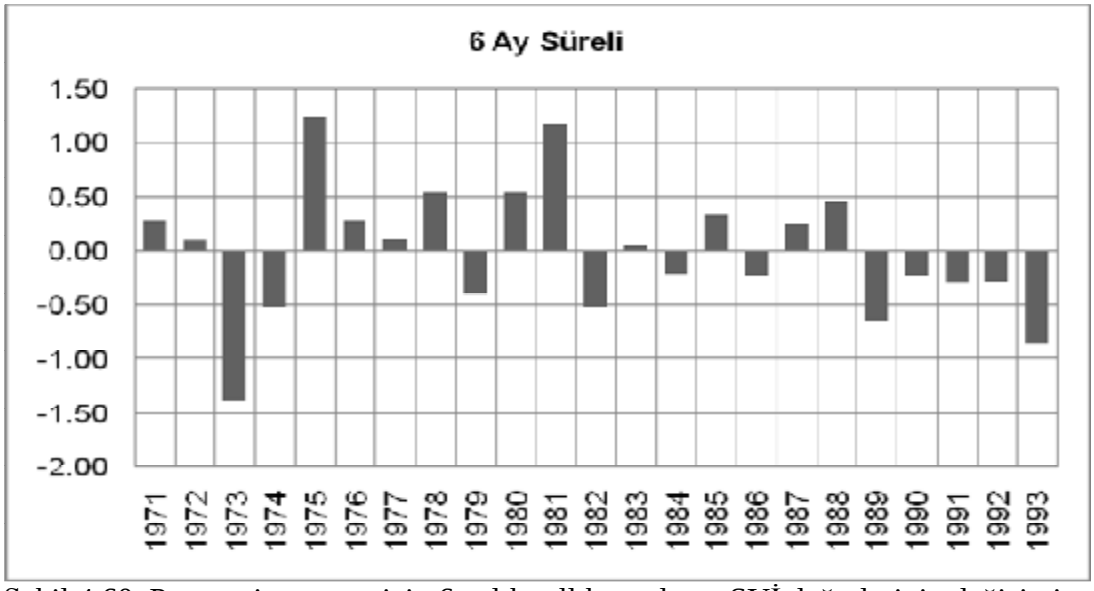
Şekil 4.58. Pozantı istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları

Şekil 4.58'e göre Pozantı istasyonunda %50.8 frekansla kuraklık yoktur. Aşırı kuraklık ise çok ender görülmektedir. Genelde daha hafif kuraklık görülür. Ancak bu değerlere bakacak olursak bu istasyonda yağış eksikliği durumunda daha çok hafif kuraklık derecelerinin görüleceği söylenebilir. Hafif kuraklık ve diğer kuraklık türleri daha çok görülmektedir. Şiddetli kuraklık en fazla 12 aylık sürede görülmüştür.

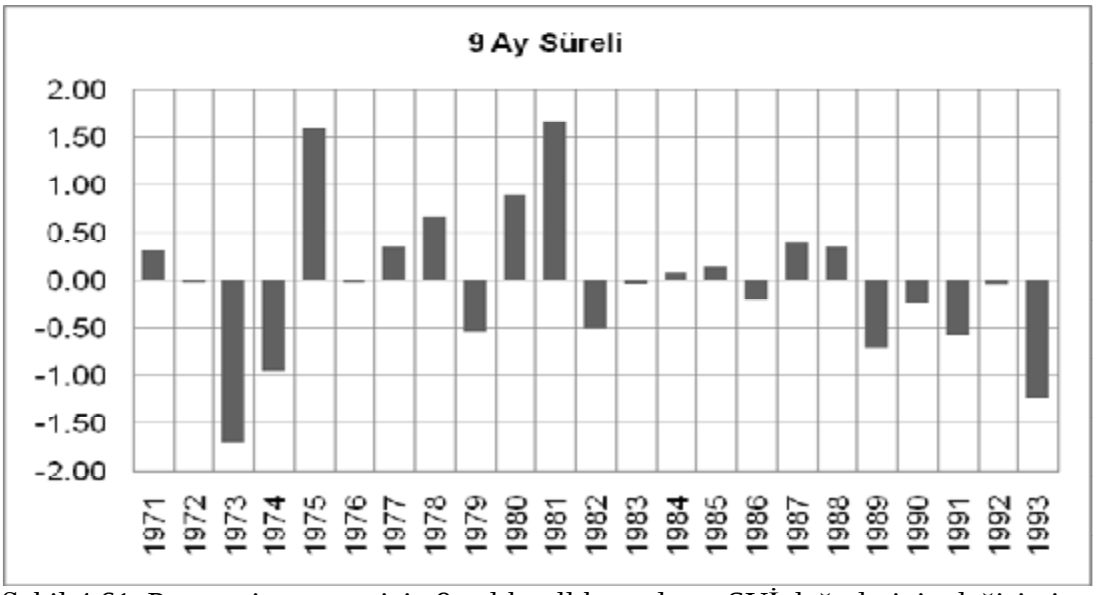
Aşağıda Pozantı istasyonunun yıllık ortalama SYİ değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu şekilde kuraklık sınıflarının yıldan yıla nasıl değiştiği izlenebilmektedir.



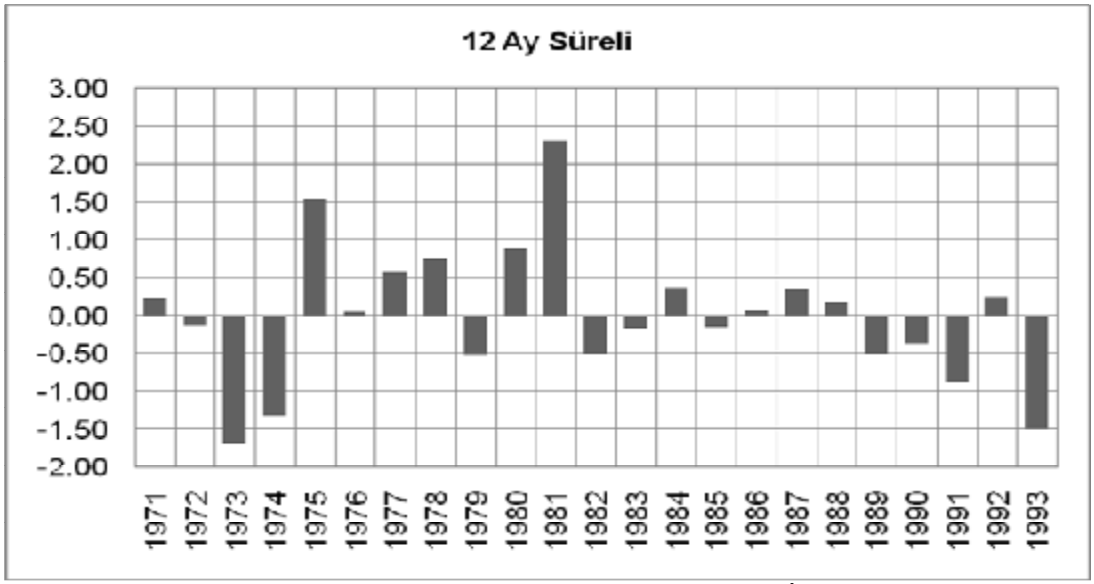
Şekil 4.59. Pozantı istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.60. Pozantı istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



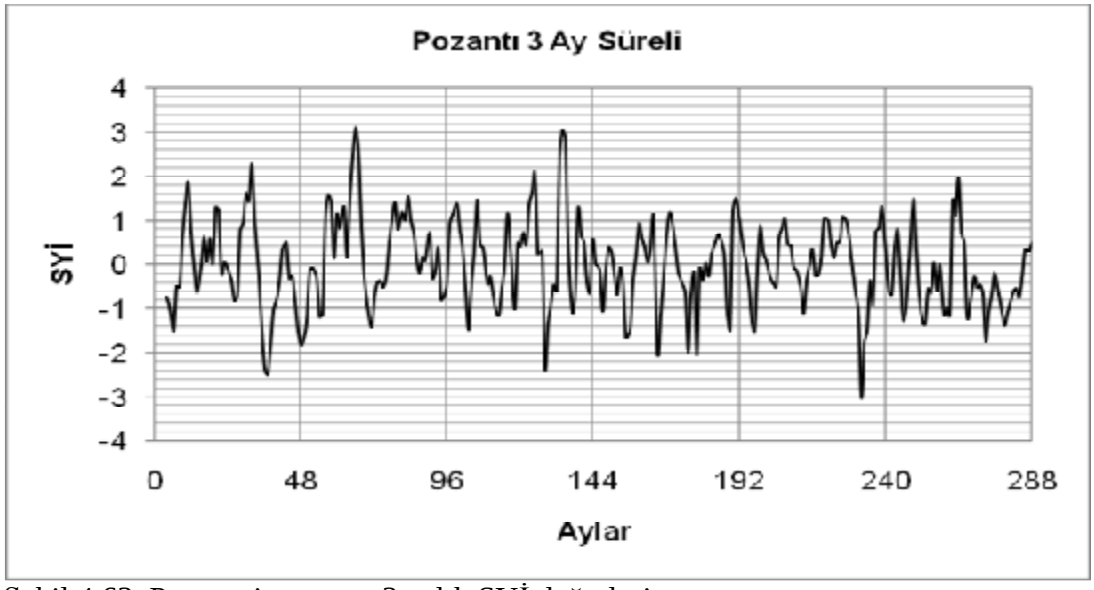
Şekil 4.61. Pozantı istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



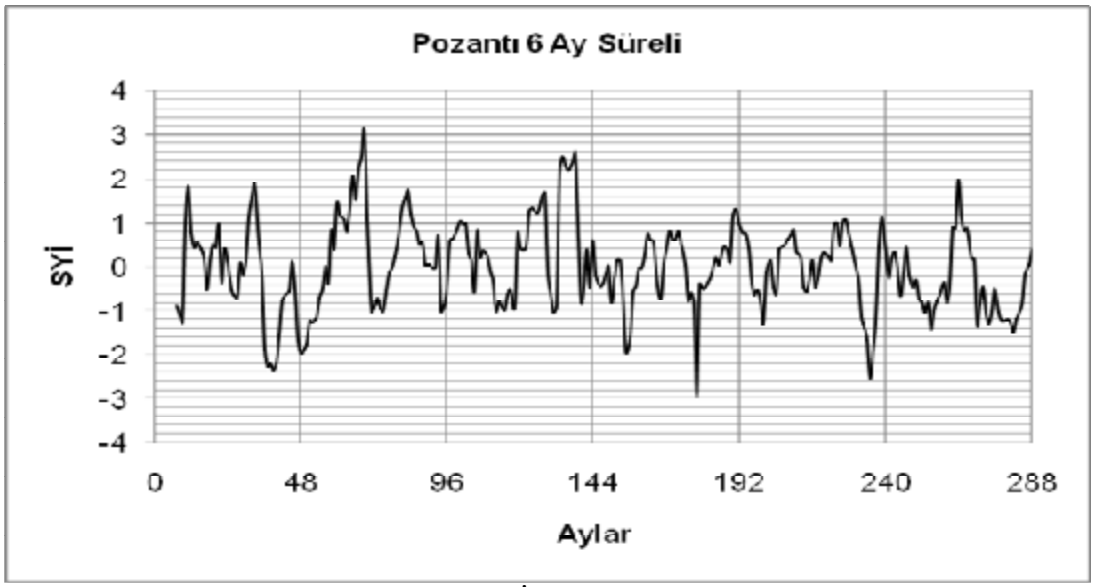
Şekil 4.62. Pozantı istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

3 ay (Şekil 4.59), 6 ay (Şekil 4.60), 9 ay (Şekil 4.61), 12 ay (Şekil 4.62) grafiklerine bakıldığında 3 ay süreli kuraklığın ve nemliliğin daha hafif olduğunu görürüz. 12 ay süresi için son yıllarda durum nemlilik ve kuraklık sınırındayken aşırı kuraklık yönünde değişmiştir. Gittikçe kuraklaştığı söylenebilir.

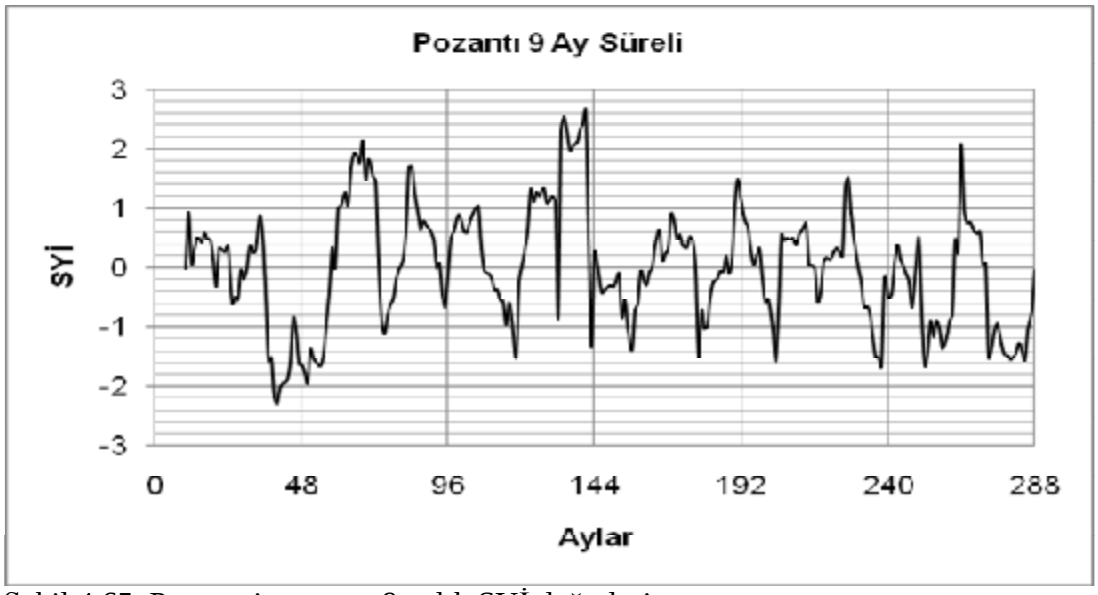
Aşağıda aylık SYİ değerlerinin zamana göre değişim grafikleri verilmiştir.



Şekil 4.63. Pozantı istasyonu 3 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.64. Pozantı istasyonu 6 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.65. Pozantı istasyonu 9 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.66. Pozantı istasyonu 12 aylık SYİ değerleri

3 ay (Şekil 4.63), 6 ay (Şekil 4.64), 9 ay (Şekil 4.65) ve 12 ay (Şekil 4.66) periyodu için 1974-1978 döneminde çok şiddetli yağışlar görülmektedir. Önceki 10 yıla göre yağışların şiddeti azalmıştır. 3 aylık dönemde kuraklığın şiddeti artmıştır. 12 ay periyodu içinse olağanüstü yağışların özellikle son 10 yılda hafif yağışlara gerilediği görülebilir.

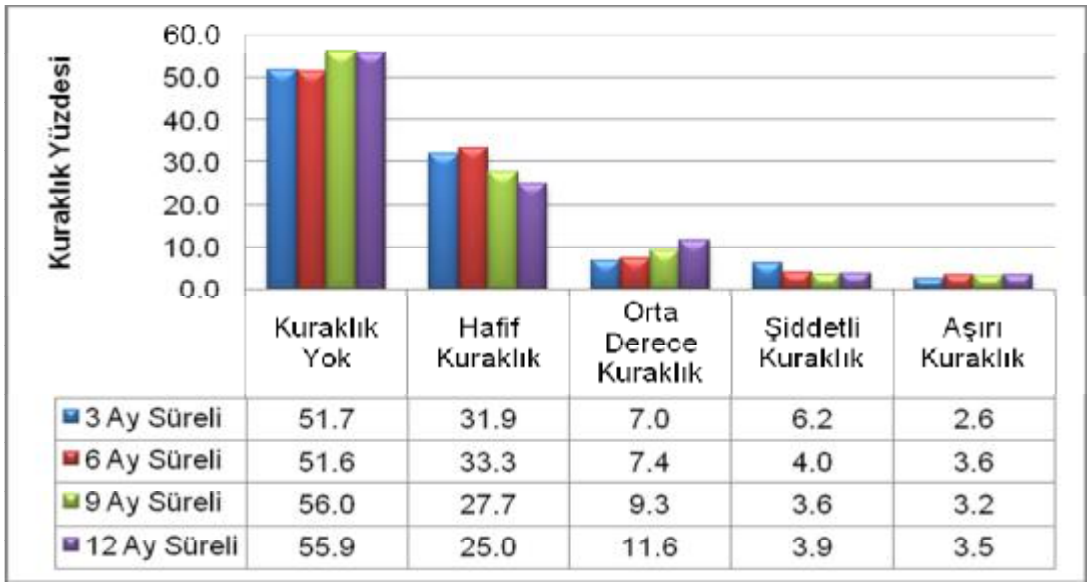
4.1.8. Sarız İstasyonu için SYİ Analiz Sonuçları

Sarız istasyonu hemen hemen Pınarbaşı ile aynı iklim özelliklerini gösterir. Sadece biraz daha güneydoğuda bulunur. Yıllık ortalama yağışı 521.7 mm'dir. Analiz için 1970-2011 yılları yağış serisi kullanılmıştır.

Çizelge 4.8. Sarız istasyonunda 3,6,9,12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar

	3 Ay Süreli	6 Ay Süreli	9 Ay Süreli	12 Ay Süreli
En Kurak Ay	Ocak	Haziran	Ocak	Mayıs
Görüldüğü Yıl	2001	1989	2001	1985
SYİ Değeri	**-3.31**	**-3.28**	**-3.39**	**-3.15**
En Nemli Ay	Ağustos	Aralık	Aralık	Aralık
Görüldüğü Yıl	1988	1988	1988	1988
SYİ Değeri	**2.6**	**2.71**	**2.92**	**2.78**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Kurak Yıl	1984	1985	1985	1985
SYİ Değeri	**-0.87**	**-1.43**	**-2.03**	**-2.20**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Nemli Yıl	1988	1988	1988	1979
SYİ Değeri	**1.25**	**1.57**	**1.66**	**1.62**

Çizelge 4.8'de Sarız istasyonu için 3 ay ve 9 ay süreleri için en kurak ayların 2001 Ocak ayları olduğu görülmektedir. Bu ayda olağanüstü kuraklık görülmüştür. En nemli aylar ise 1988 yılının Ağustos ve Aralık aylarıdır. Bu aylarda yağış çok şiddetlidir. Genel olarak da 1985 yılı aşırı ve olağanüstü şiddette kurak yıl olurken en nemli yıl da orta derece ve aşırı şiddetli yağışlı olarak 1988 yılıdır.

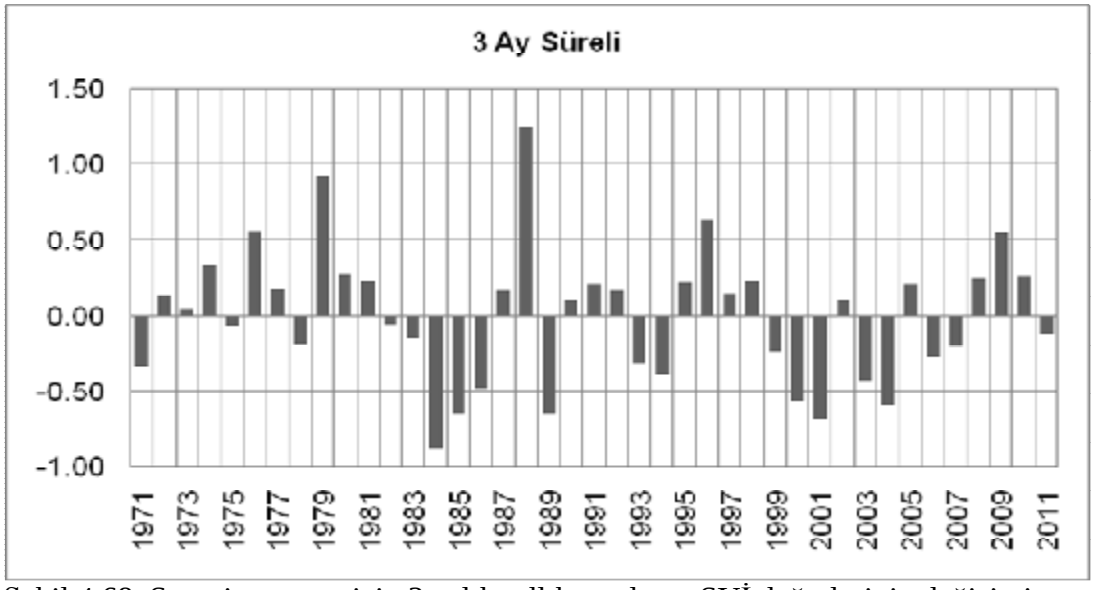


	Kuraklık Yok	Hafif Kuraklık	Orta Derece Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Aşırı Kuraklık
3 Ay Süreli	51.7	31.9	7.0	6.2	2.6
6 Ay Süreli	51.6	33.3	7.4	4.0	3.6
9 Ay Süreli	56.0	27.7	9.3	3.6	3.2
12 Ay Süreli	55.9	25.0	11.6	3.9	3.5

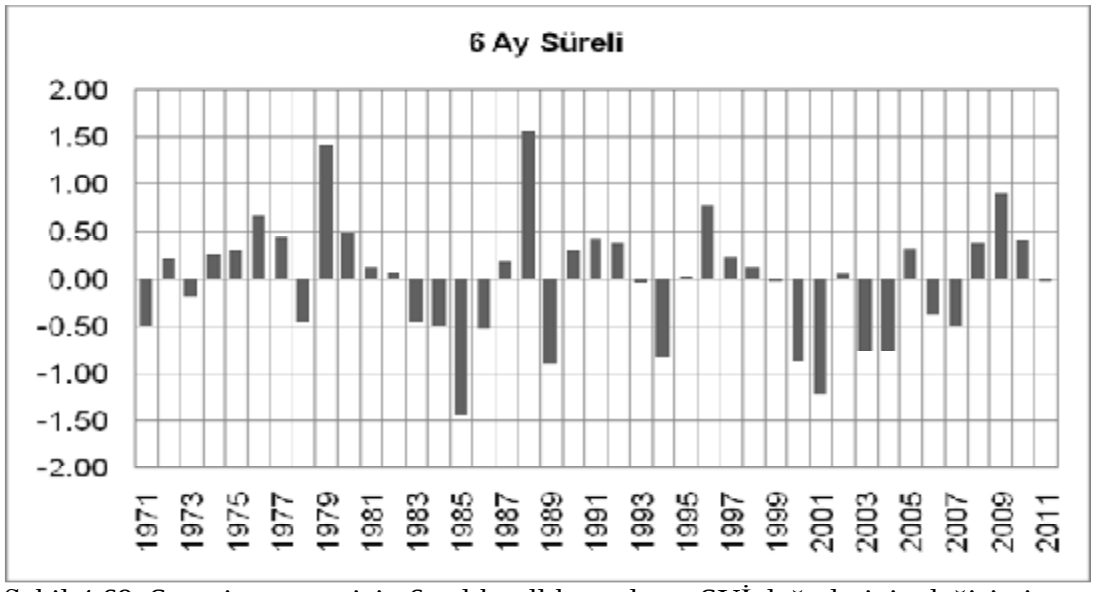
Şekil 4.67. Sarız istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları

Şekil 4.67‘ye göre Sarız istasyonu %53.8 olasılıkla kurak olmayan bir istasyondur. En nemli dönem 9 aylık dönemdir. Aşırı kuraklık frekansı %3.2’dir. Orta derece kuraklık en fazla %11.6 olasılıkla 12 ay yani yıllık sürede görülür. Hafif kuraklık ise en fazla 6 aylık sürede yaşanmıştır. Şiddetli kuraklık ise, en fazla %6.2 frekansla 3 aylık dönemde görülmüştür.

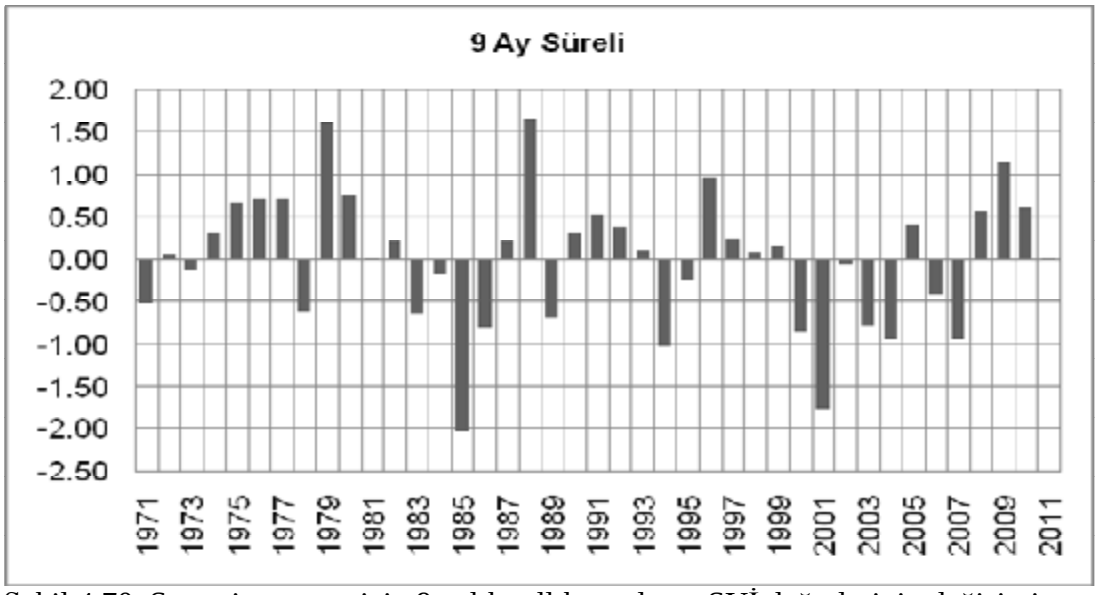
Aşağıda Sarız istasyonunun yıllık ortalama SYİ değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu şekilde kuraklık sınıflarının yıldan yıla nasıl değiştiği izlenebilmektedir.



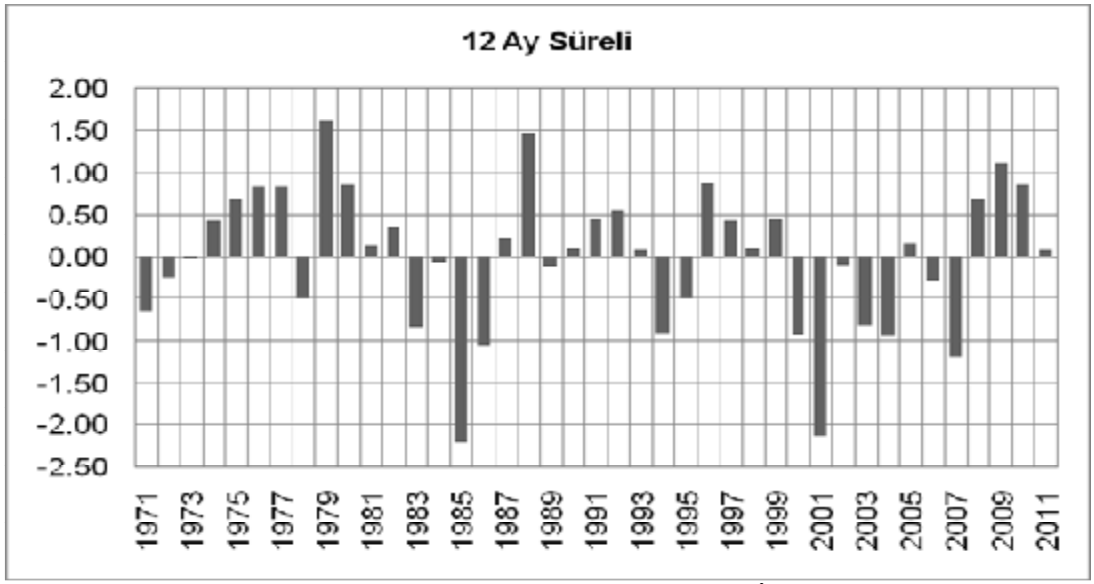
Şekil 4.68. Sarız istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.69. Sarız istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



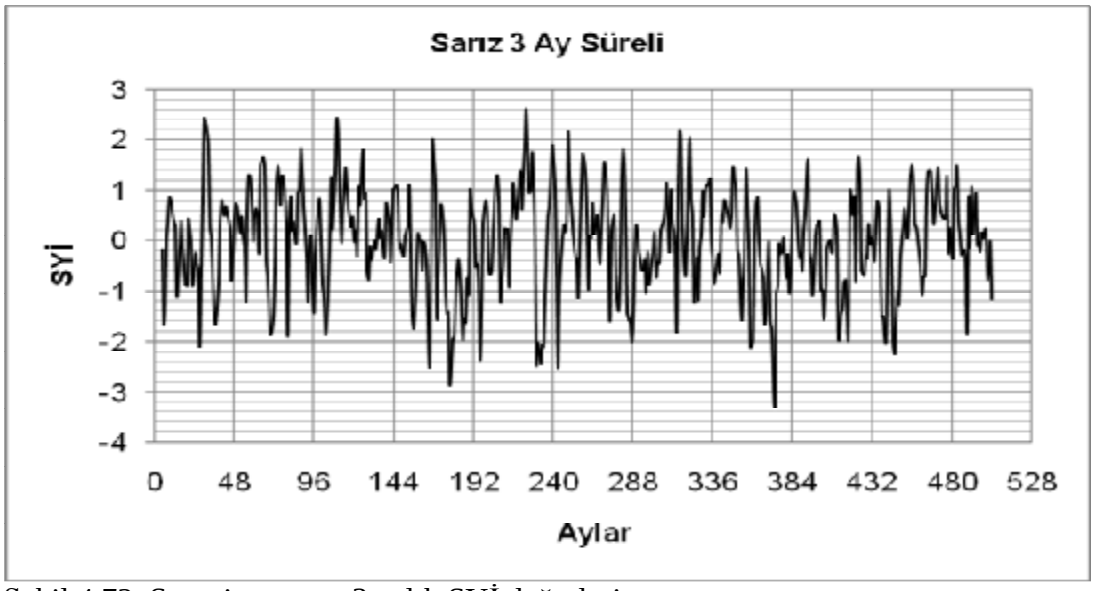
Şekil 4.70. Sarız istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



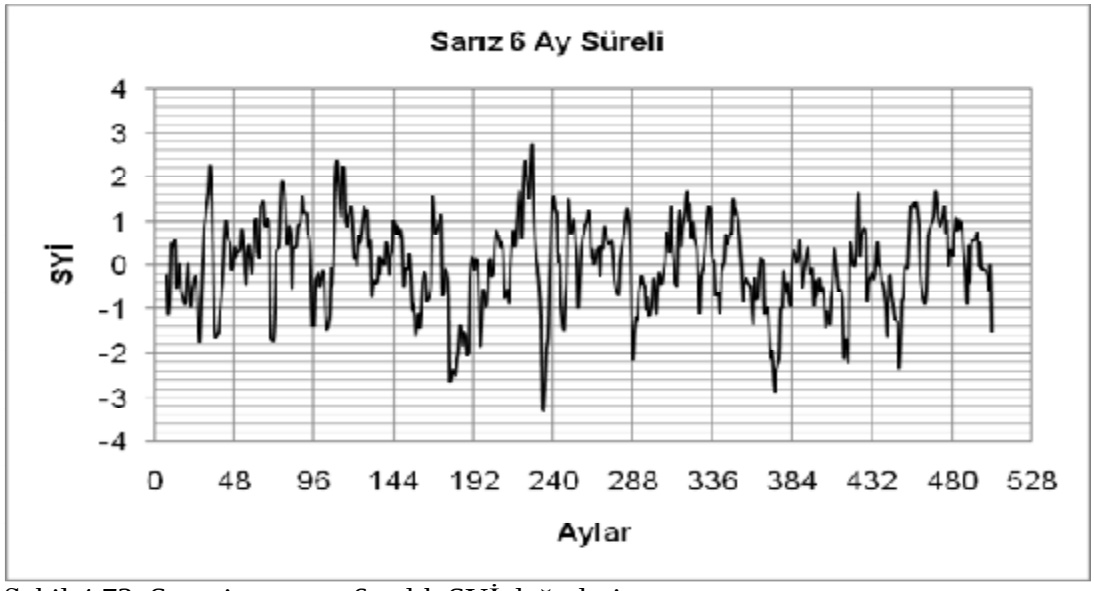
Şekil 4.71. Sarız istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

3 ay (Şekil 4.68), 6 ay (Şekil 4.69), 9 ay (Şekil 4.70) ve 12 ay (Şekil 4.71) SYİ değerlerine bakarsak, 3,6,9 aylık dönemde 1988 yılı nemlilikte ön plana çıkmaktadır. 1972-1982 döneminin genel olarak hafif nemli geçtiği; 1982-1987 döneminin ise aşırı kurak geçtiği; 1998 yılından itibaren iklimin hafif nemliden aşırı kurak döneme girdiği ve 2007 yılından sonra hafif nemli dönemin hüküm sürdüğü görülmüştür.

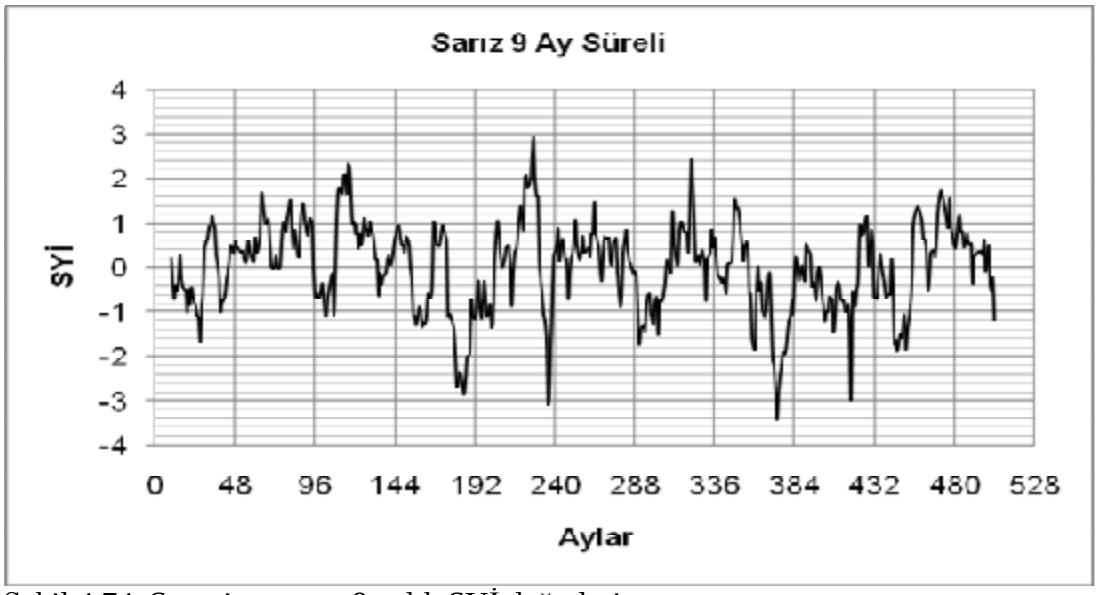
Aşağıda aylık SYİ değerlerinin zamana göre değişim grafikleri verilmiştir.



Şekil 4.72. Sarız istasyonu 3 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.73. Sarız istasyonu 6 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.74. Sarız istasyonu 9 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.75. Sarız istasyonu 12 aylık SYİ değerleri

3 ay (Şekil 4.72), 6 ay (Şekil 4.73), 9 ay (Şekil 4.74) ve 12 ay Şekil (4.75) SYİ değerlerine bakarsak, olağanüstü yağışlı ayları kısa süre içerisinde olağanüstü kuraklıklar takip etmiştir. Bazı dönemlerde dört sene kuraklık eğilimi görülürken sonraki dört senede aşırı yağışlı döneme geçiş eğilimi görülmüştür. Aşırı yağışlı dönemler azalırken hafif kuraklık ve orta şiddette kuraklık devam etmektedir.

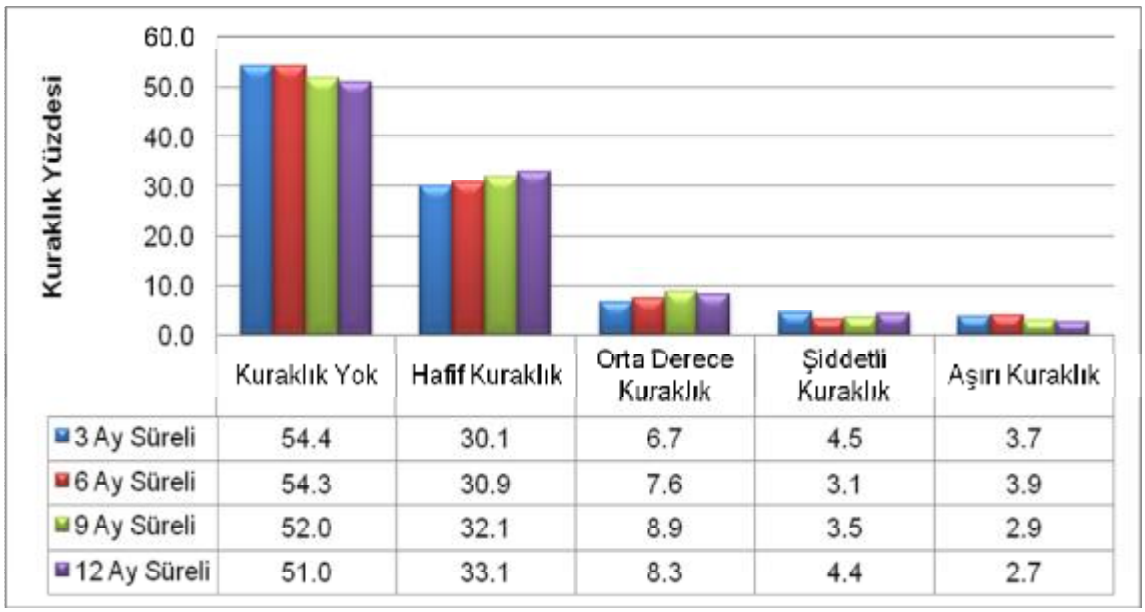
4.1.9. Tomarza İstasyonu için SYİ Analiz Sonuçları

Tomarza istasyonu da Pınarbaşı ve Sarız ile benzer iklimi yaşar. Rakımı ortalama 1400 m'dir. Karasal iklim hakimdir. Yıllık ortalama yağışı 542.3 mm'dir. Analiz için 1970-2010 dönemi yağış serileri kullanılmıştır.

Çizelge 4.9. Tomarza istasyonunda 3,6,9,12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar

	3 Ay Süreli	6 Ay Süreli	9 Ay Süreli	12 Ay Süreli
En Kurak Ay	Haziran	Mayıs	Mayıs	Eylül
Görüldüğü Yıl	1994	1989	1994	1994
SYİ Değeri	**-3.3**	**-3.76**	**-3.32**	**-3.34**
En Nemli Ay	Eylül	Şubat	Mart	Şubat
Görüldüğü Yıl	2002	2003	2003	2003
SYİ Değeri	**2.66**	**2.41**	**2.57**	**2.32**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Kurak Yıl	1973	1994	1994	1994
SYİ Değeri	**-1.18**	**-1.82**	**-2.12**	**-1.83**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Nemli Yıl	2002	2002	2010	2010
SYİ Değeri	**1.04**	**1.17**	**1.44**	**1.61**

Çizelge 4.9'a göre en kurak ay 1989 yılının Mayıs ayıdır. 1994 yılının Haziran, Mayıs ve Eylül ayları da olağanüstü kuraktır. En nemli ay ise 2002 yılının Eylül ayıdır ve olağanüstü yağışlı geçmiştir. Genel olarak yıl düzeyinde bakarsak en kurak yıl 1994 yılıdır ve bu yıl olağanüstü kuraktır. En nemli yıl ise 2010 yılıdır ve genel olarak aşırı yağışlı geçmiştir.

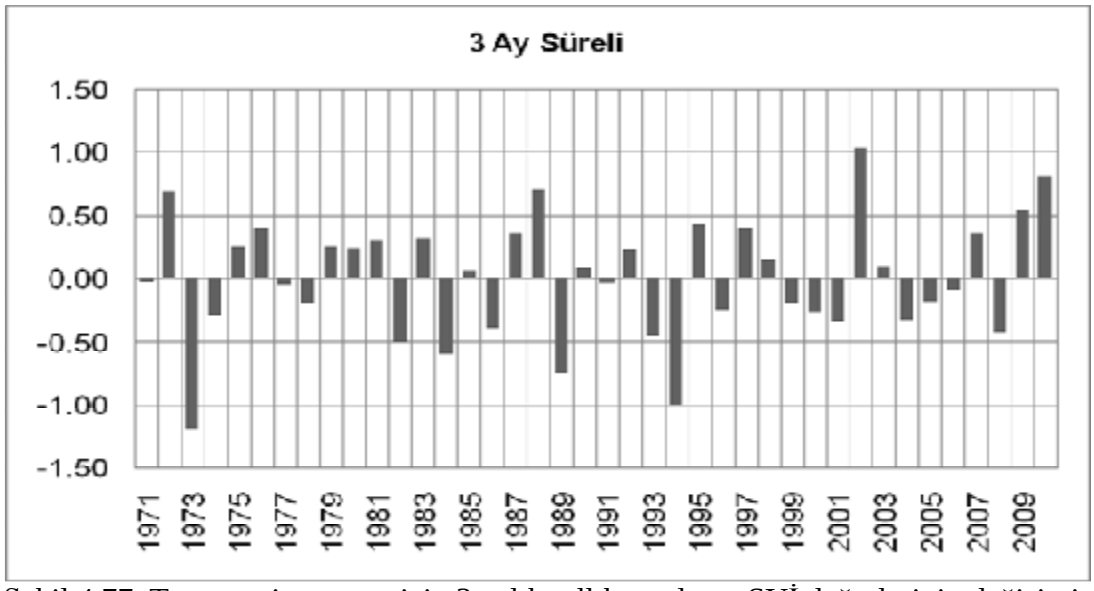


	Kuraklık Yok	Hafif Kuraklık	Orta Derece Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Aşırı Kuraklık
3 Ay Süreli	54.4	30.1	6.7	4.5	3.7
6 Ay Süreli	54.3	30.9	7.6	3.1	3.9
9 Ay Süreli	52.0	32.1	8.9	3.5	2.9
12 Ay Süreli	51.0	33.1	8.3	4.4	2.7

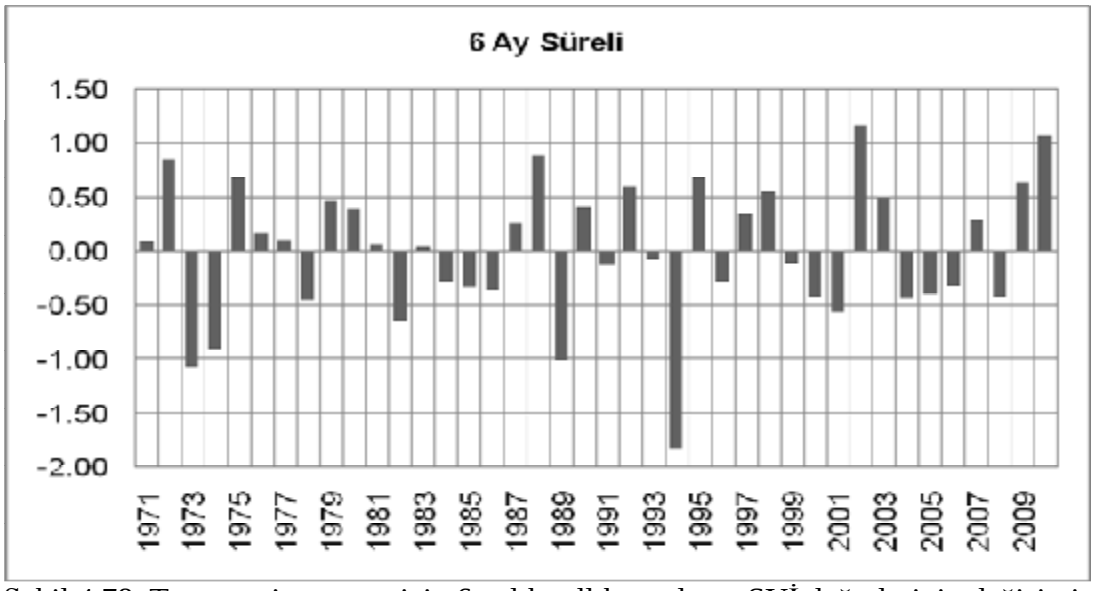
Şekil 4.76. Tomarza istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları

Şekil 4.76'ya göre Tomarza istasyonu ortalama %52.9 olasılıkla kuraklığın görülmediği bir istasyondur. Ortalama %31.5 olasılıkla hafif kuraklık görülür. %3.3 oranında aşırı kuraklık yaşanmıştır. Şiddetli kuraklığın en fazla görülme olasılığı %4.5 ile 3 aylık periyottadır. Orta derece kuraklık ise en fazla %8.9 oran ile 9 aylık sürede gözlemlenmiştir. Sarız istasyonuyla hemen hemen aynı enlemde olmalarına rağmen Sarız istasyonunda kuraklığın olmama frekansı daha yüksektir.

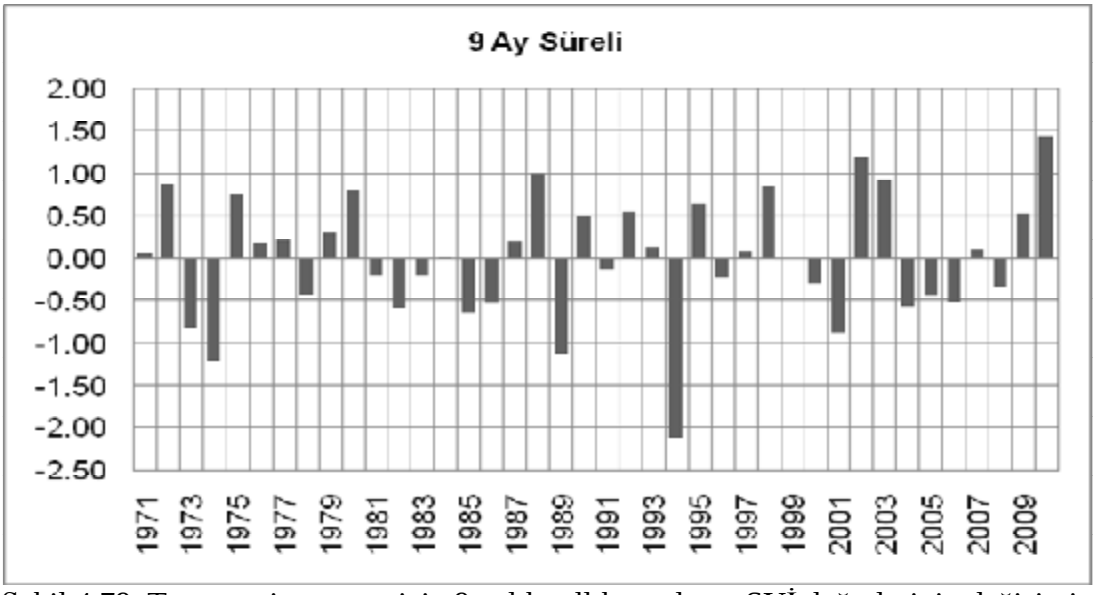
Aşağıda Tomarza istasyonunun yıllık ortalama SYİ değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu şekilde kuraklık sınıflarının yıldan yıla nasıl değiştiği izlenebilmektedir.



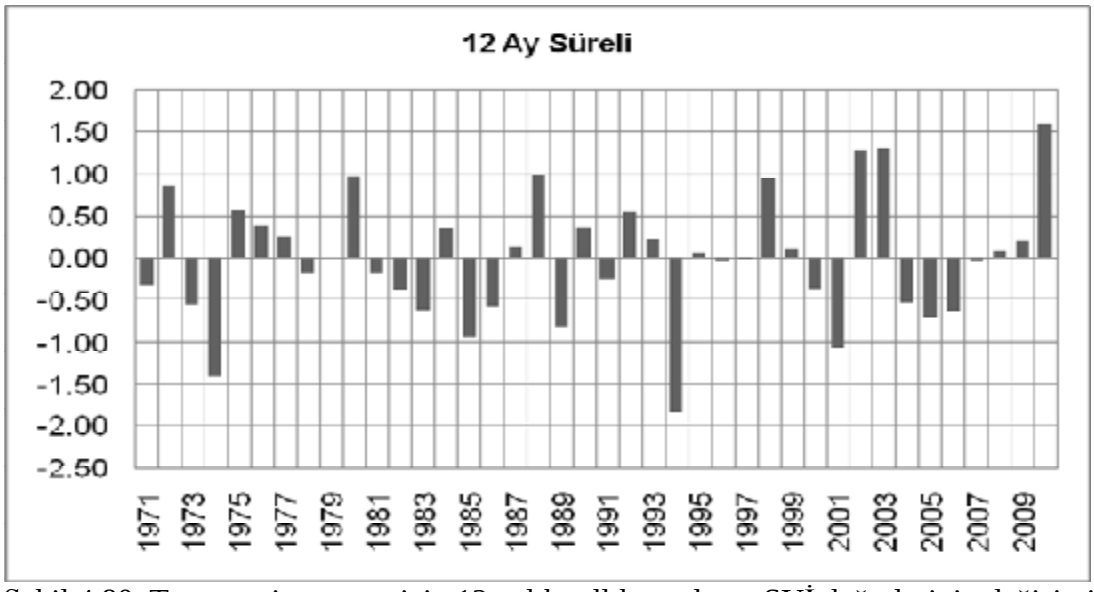
Şekil 4.77. Tomarza istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.78. Tomarza istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



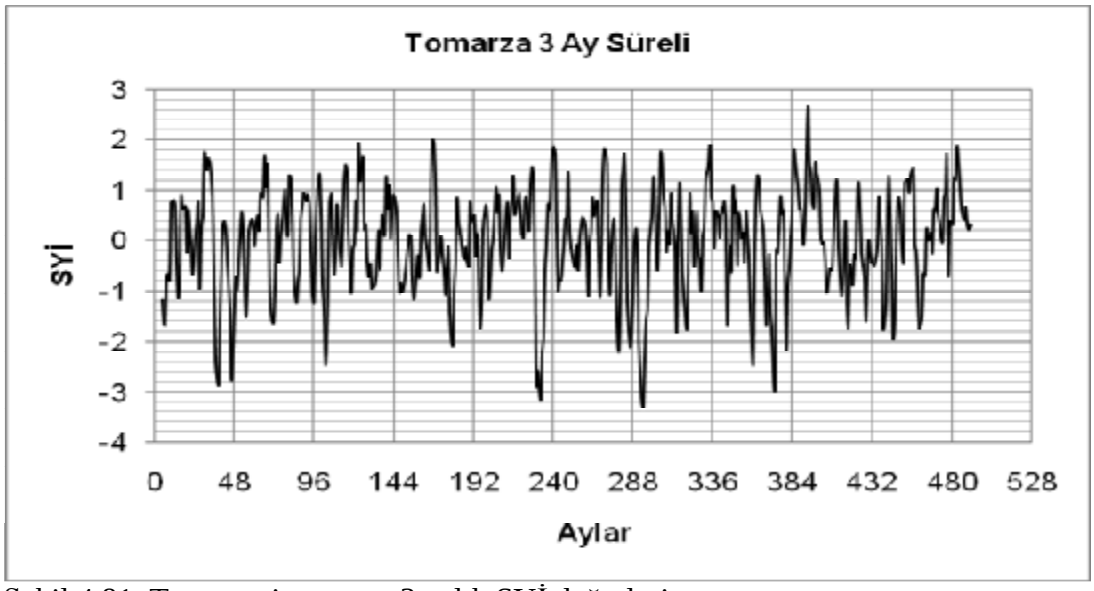
Şekil 4.79. Tomarza istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



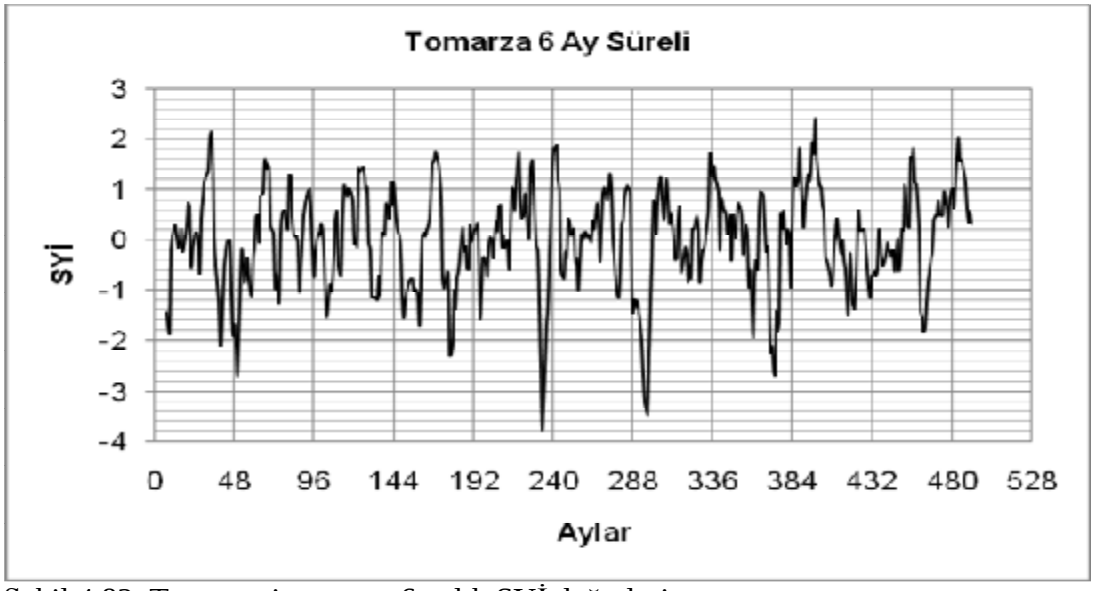
Şekil 4.80. Tomarza istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

3 ay (Şekil 4.77), 6 ay (Şekil 4.78), 9 ay (Şekil 4.79) ve 12 ay (Şekil 4.80) süreli yıllık ortalama syi değerlerine bakarsak, genel olarak 1970-1993 dönemi 1973 ve 1974 yılları haricinde hafif kurak geçmiştir. Dört süre için de 1994 yılı orta derece kurak ve aşırı kurak yaşanmıştır. Son yıllarda maksimum yağış değerlerinde artış görülmektedir. Ancak hafif ve orta derece kuraklığın sıklaştığını söyleyebiliriz.

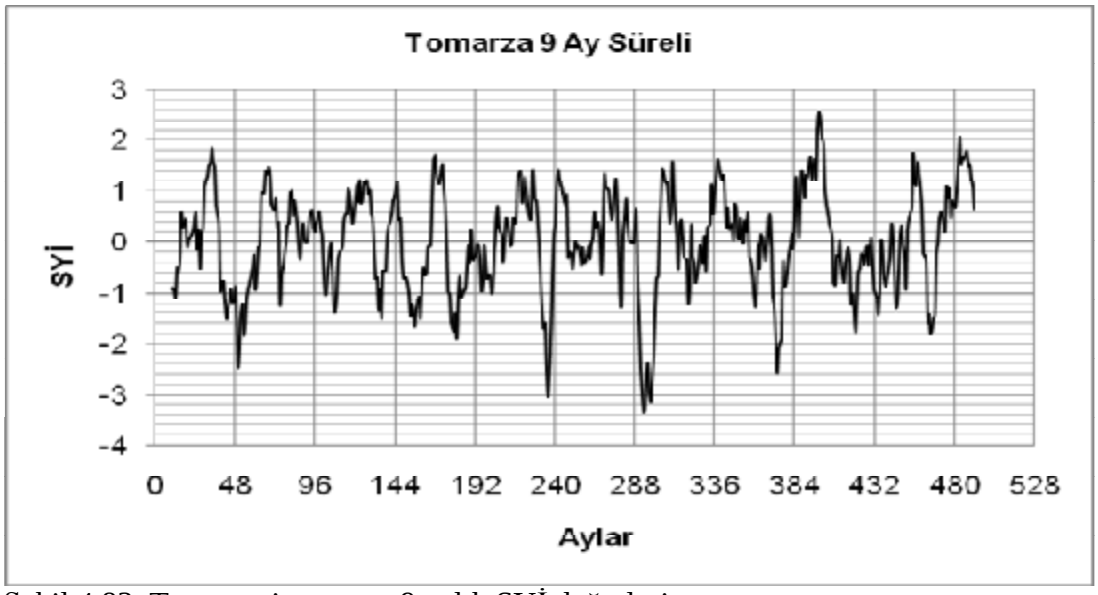
Aşağıda aylık SYİ değerlerinin zamana göre değişim grafikleri verilmiştir.



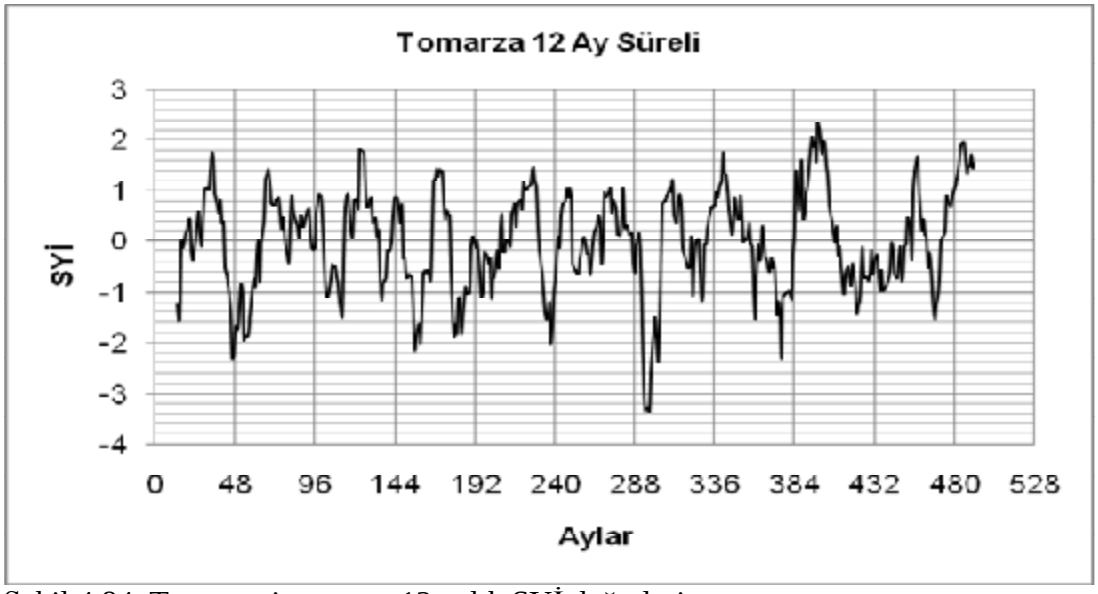
Şekil 4.81. Tomarza istasyonu 3 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.82. Tomarza istasyonu 6 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.83. Tomarza istasyonu 9 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.84. Tomarza istasyonu 12 aylık SYİ değerleri

3 ay (Şekil 4.81), 6 ay (Şekil 4.82), 9 ay (Şekil 4.83) ve 12 ay (Şekil 4.84) aylık syi değerlerine bakılırsa, 6 aylık dönemde olağanüstü kuraklık göze çarpar. İstasyondaki kurak ayların şiddeti nemli ayların şiddetine göre daha fazladır. 3-4 yıllık sürede bazı ayların yağışlı olma özelliğinin arttığını, bazı ayların ise olağanüstü kurak olacak şekilde sürekli kurak dönem izlediğini, son yıllarda bazı ayların

maksimum yağış değerine ulaştığını, kısa süre içerisinde bu özelliklerini kaybederek hafif kurak özelliği gösterdiğini söyleyebiliriz.

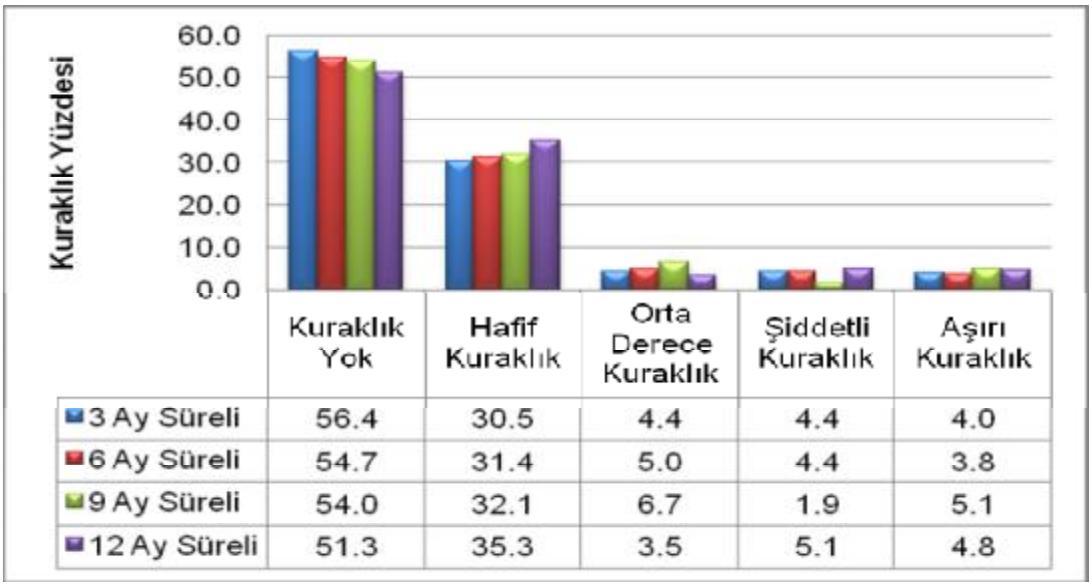
4.1.10. Tufanbeyli İstasyonu için SYİ Analiz Sonuçları

Tufanbeyli istasyonu Adana il sınırları içerisindedir. Rakımı ortalama 1400 m civarındadır. Deniz etkisinden uzak olması nedeniyle karasal iklim hakimdir. Kışın yağışlarını kar şeklinde alır. İç Anadolu bölgesi gibi genellikle bozkırlarla kaplıdır. Yıllık ortalama 561.3 mm yağış alır. 1986-2012 dönemi yağış serisi incelenmiştir.

Çizelge 4.10. Tufanbeyli istasyonunda 3,6,9,12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar

	3 Ay Süreli	6 Ay Süreli	9 Ay Süreli	12 Ay Süreli
En Kurak Ay	Ocak	Haziran	Eylül	Ekim
Görüldüğü Yıl	2001	1989	1989	2001
SYİ Değeri	**-3.24**	**-3.37**	**-3.27**	**-2.6**
En Nemli Ay	Eylül	Kasım	Kasım	Ocak
Görüldüğü Yıl	2002	1996	1988	1989
SYİ Değeri	**2.42**	**2.83**	**2.43**	**1.87**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Kurak Yıl	1989	1989	2001	2001
SYİ Değeri	**-1.35**	**-1.46**	**-1.78**	**-1.85**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Nemli Yıl	1988	1988	1988	1988
SYİ Değeri	**1.09**	**1.26**	**1.40**	**1.47**

Çizelge 4.10'a göre 3 ay süreli dönemde 2001 Ocak ayında çok şiddetli olağanüstü kuraklık görülmüştür. 6 ve 9 ay süreli dönemde 1989 yılının Haziran ve Eylül aylarında da çok şiddetli olağan üstü kuraklık yaşanmıştır. 2001 Ekim ayında ise olağanüstü kuraklık gözlenmiştir. En nemli yıl 1988 yılıdır ve dört farklı süre için orta derece nemlidir. 1996 Kasım ayında ise olağanüstü şiddetli yağışlar görülmüştür. 1989 Ocak ayında da aşırı şiddetli yağışlar kaydedilmiştir.

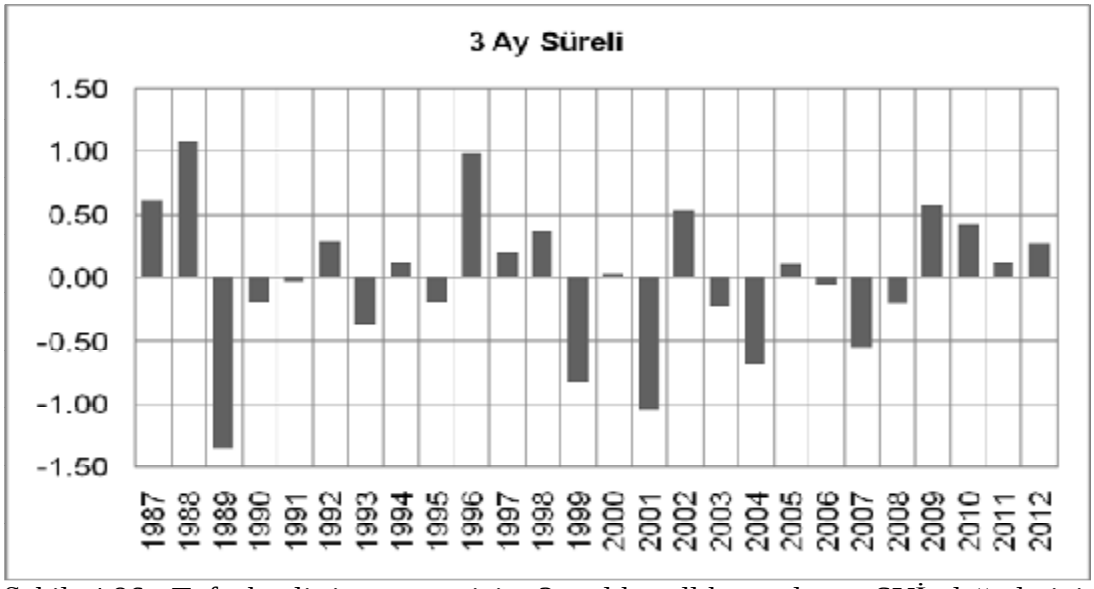


	Kuraklık Yok	Hafif Kuraklık	Orta Derece Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Aşırı Kuraklık
3 Ay Süreli	56.4	30.5	4.4	4.4	4.0
6 Ay Süreli	54.7	31.4	5.0	4.4	3.8
9 Ay Süreli	54.0	32.1	6.7	1.9	5.1
12 Ay Süreli	51.3	35.3	3.5	5.1	4.8

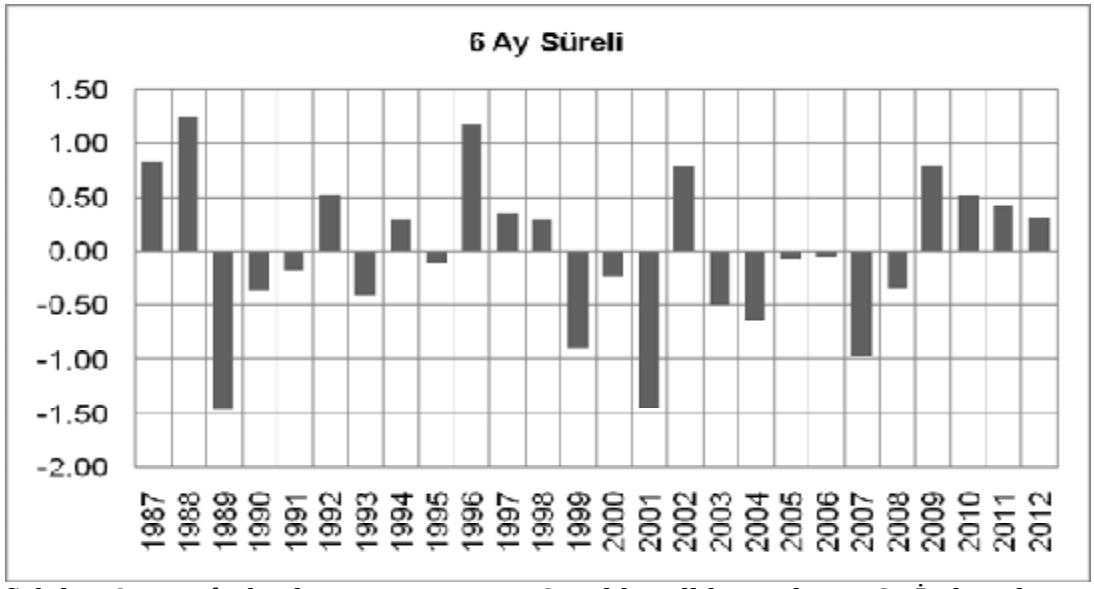
Şekil 4.85. Tufanbeyli istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları

Şekil 4.85'e göre Tufanbeyli istasyonu %54.1 olasılıkla kuraklığın olmadığı bir istasyondur. Ancak %32.3 frekansında hafif kuraklık görülür. Özellikle 9 aylık sürede %5.1 aşırı kuraklık görülmüştür. Yine en fazla orta derece kuraklık 9 aylık sürede görülür. En nemli geçen süre ise 3 aylık periyottur. 12 aylık sürede %5.1 olasılıkla şiddetli kuraklık izlenmiştir.

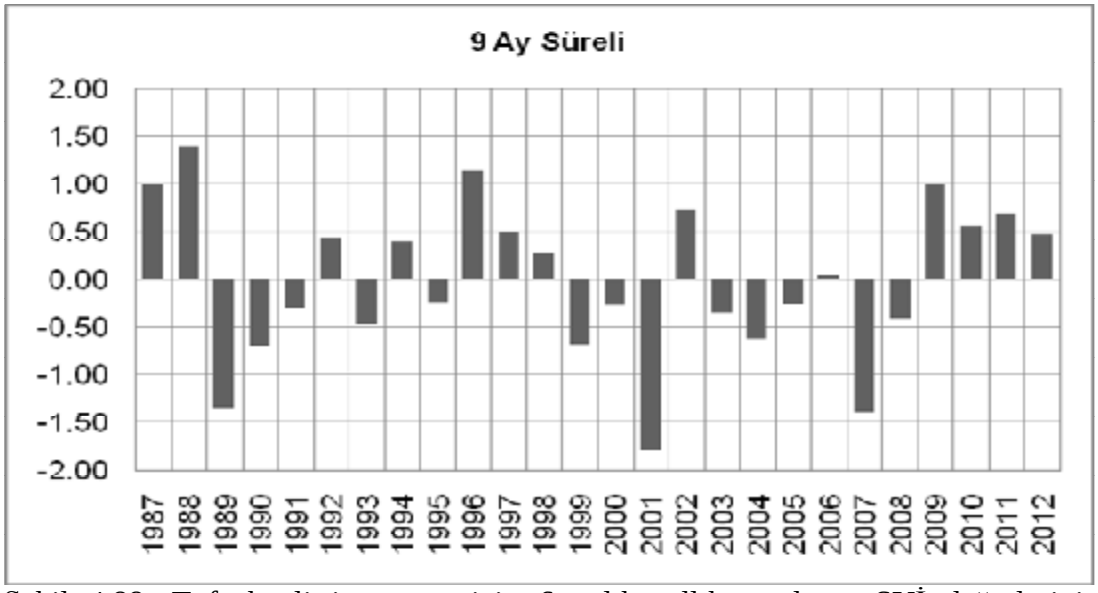
Aşağıda Tufanbeyli istasyonunun yıllık ortalama SYİ değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu şekilde kuraklık sınıflarının yıldan yıla nasıl değiştiği izlenebilmektedir.



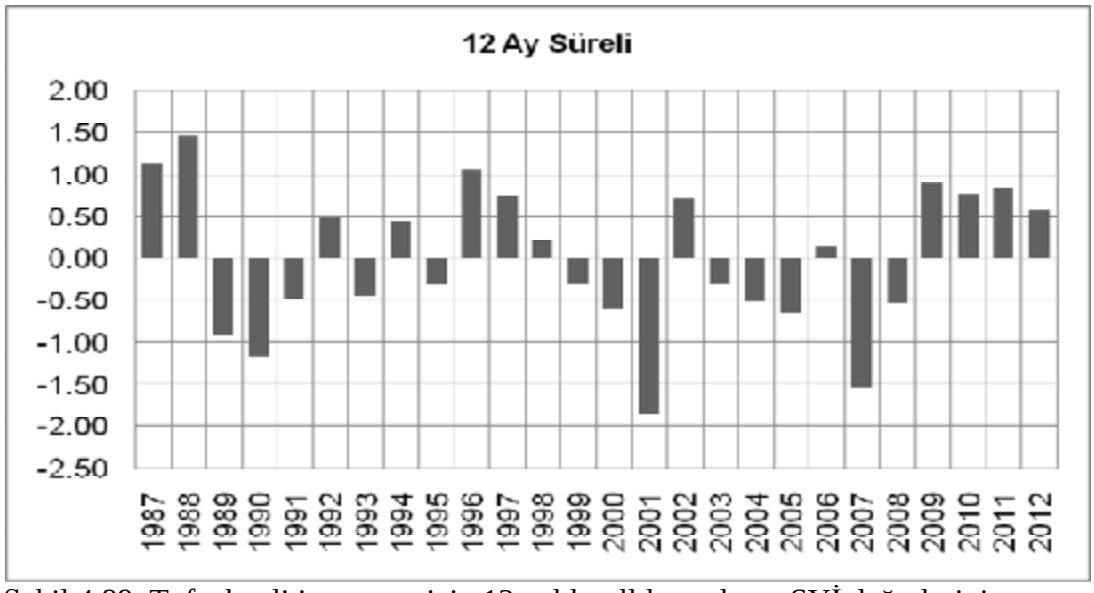
Şekil 4.86. Tufanbeyli istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.87. Tufanbeyli istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.88. Tufanbeyli istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

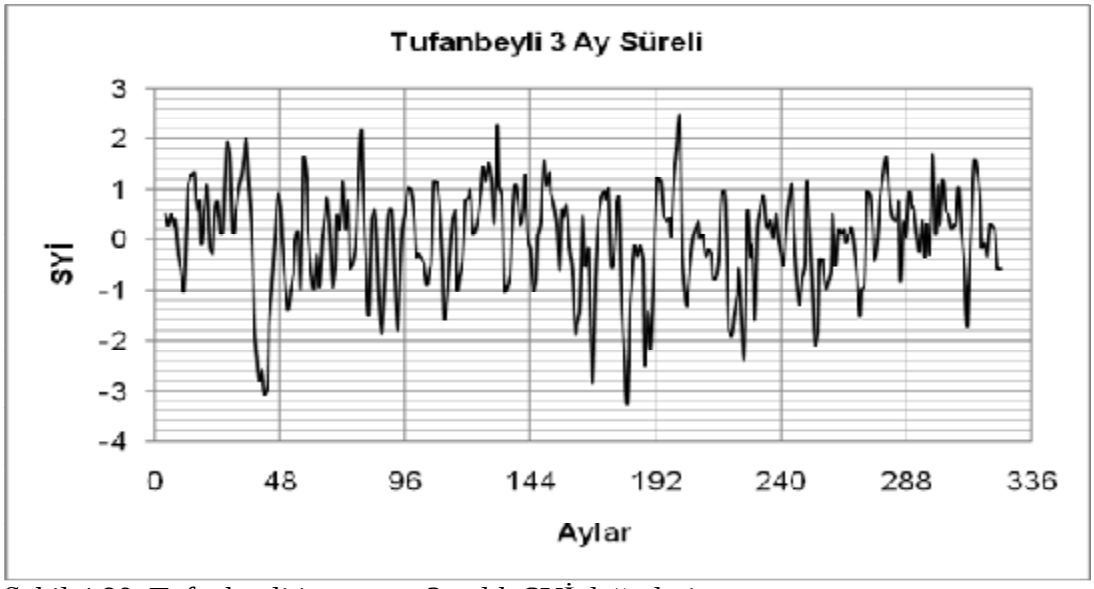


Şekil 4.89. Tufanbeyli istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

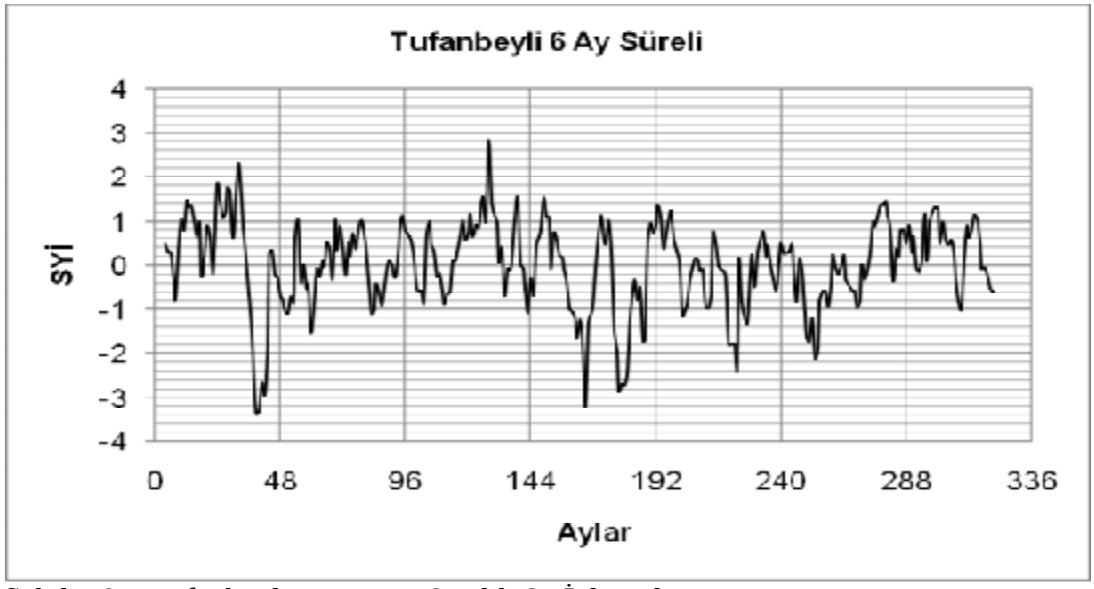
3 ay (Şekil 4.86), 6 ay (Şekil 4.87), 9 ay (Şekil 4.88) ve 12 aylık (Şekil 4.89) döneme bakarsak 2007 ve 2008 yılları hafif kurak ve orta derece kurak geçmiştir. Her dönem için de 2008 yılından sonra hafif kurak iklimden hafif nemli iklime geçiş görülmektedir. 1990-1995 yılları ardışık olarak hafif kurak ve hafif nemli geçmiştir.

2002 yılından sonra iklim 2009 yılına kadar hafif kuraklıktan aşırı ve orta derece kuraklığa geçme eğilimi göstermiştir.

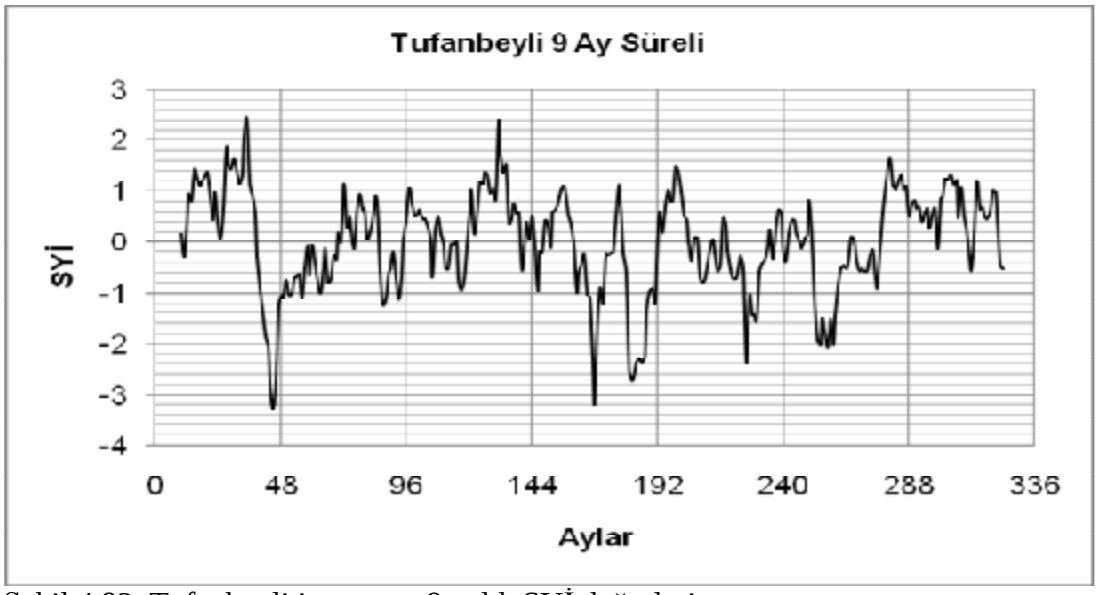
Aşağıda aylık SYİ değerlerinin zamana göre değişim grafikleri verilmiştir.



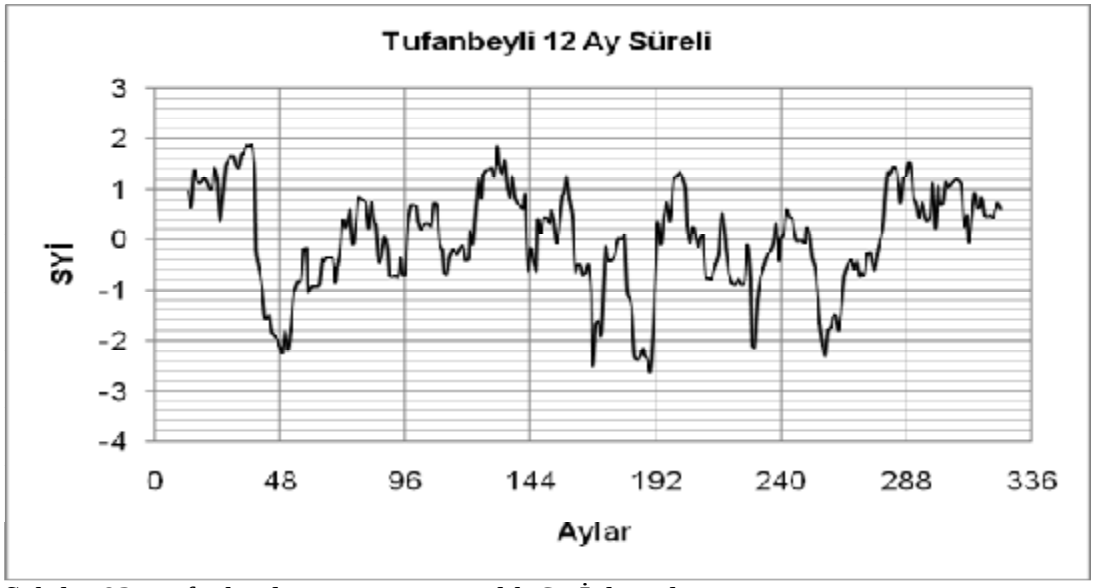
Şekil 4.90. Tufanbeyli istasyonu 3 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.91. Tufanbeyli istasyonu 6 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.92. Tufanbeyli istasyonu 9 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.93. Tufanbeyli istasyonu 12 aylık SYİ değerleri

3 ay (Şekil 4.90), 6 ay (Şekil 4.91), 9 ay (Şekil 4.92) ve 12 ay (Şekil 4.93) süreli grafiklere bakıldığında, Tufanbeyli istasyonunda son yıllarda olağanüstü kuraklığın görülme sıklığının azaldığını, ancak görülen çok şiddetli yağışların da azaldığı görülmektedir. Bazı aylarda aşırı yağışları olağanüstü kurak dönemler takip etmiştir.1986-1992 dönemindeki aylarda kısa sürede iklim şiddetli yağışlıdan aşırı kurağa geçmiştir.

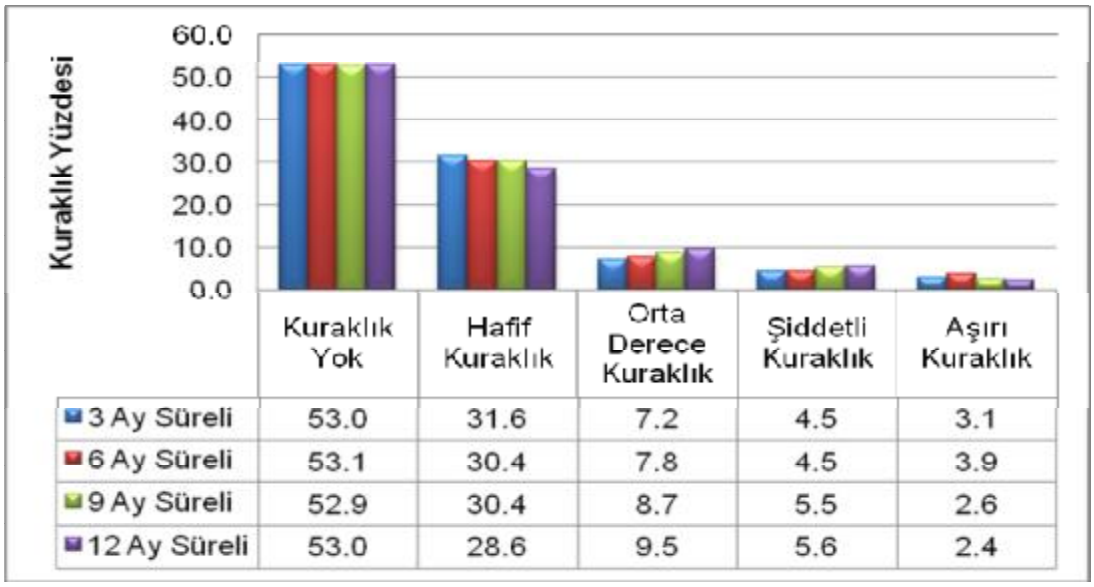
4.1.11. Ulukışla İstasyonu İçin SYİ Analiz Sonuçları

Ulukışla İç Anadolu bölgesinde yer alır.Akdeniz iklimi az da olsa hissedilir. Ancak rakımı ortalama 1400 m olduğundan karasal iklim hüküm sürer. Bitki örtüsü bozkırdır. Yüksek Bolkar Dağları denizden gelen nemi ve yağışı keserler. Yıllık ortalama 317.1 mm yağış alır. Havzanın en batısındaki istasyondur. Bu değer incelediğimiz 11 istasyon içerisinde en düşük yağış değeridir. Yağışın çoğunu ilkbahar aylarında alır. Kışın kar yağışı görülür. 1970-2012 yılları analiz edilmiştir.

Çizelge 4.11. Ulukışla istasyonunda 3,6,9,12 aylık periyotlar için kaydedilen en nemli ve en kurak aylar ve yıllar

	3 Ay Süreli	6 Ay Süreli	9 Ay Süreli	12 Ay Süreli
En Kurak Ay	Mart	Ekim	Temmuz	Ekim
Görüldüğü Yıl	2012	1984	1989	1989
SYİ Değeri	**-3.01**	**-3.3**	**-3.25**	**-2.73**
En Nemli Ay	Şubat	Ocak,Nisan	Şubat	Nisan
Görüldüğü Yıl	1997	1998 ve 2002	1998	2002
SYİ Değeri	**2.64**	**2.27**	**2.63**	**2.39**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Kurak Yıl	1989	1989	1989	2005
SYİ Değeri	**-1.24**	**-1.41**	**-1.37**	**-1.67**
Ortalama SYİ Değerine Göre En Nemli Yıl	1988	1988	1988	1998
SYİ Değeri	1.13	1.31	1.41	1.43

Çizelge 4.11'e göre 1989 Temmuz ayında olağanüstü kuraklığın görüldüğünü, 1989 ve 2005 yıllarının en kurak yıllar olduğu ve orta derece kuraklık ve aşırı kuraklık yaşandığı; 1998 ve 2002 yıllarında kış ve bahar aylarında olağanüstü şiddetli yağışlar olduğu ve en yağışlı yılın 1988 olduğunu bu yılın ortalama olarak orta derece nemli geçtiği izlenmektedir.

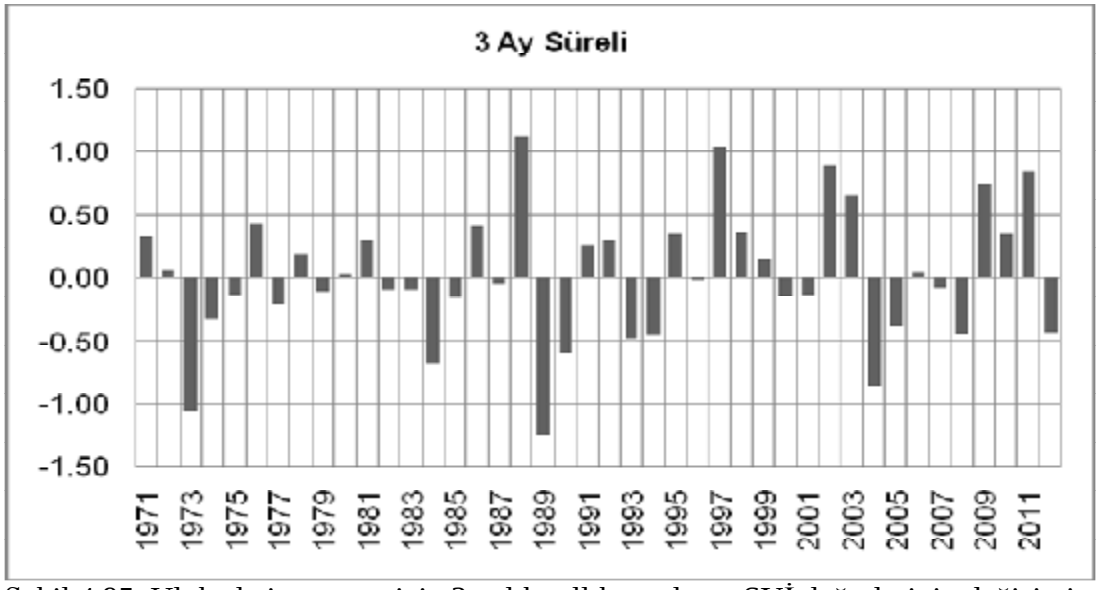


	Kuraklık Yok	Hafif Kuraklık	Orta Derece Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Aşırı Kuraklık
3 Ay Süreli	53.0	31.6	7.2	4.5	3.1
6 Ay Süreli	53.1	30.4	7.8	4.5	3.9
9 Ay Süreli	52.9	30.4	8.7	5.5	2.6
12 Ay Süreli	53.0	28.6	9.5	5.6	2.4

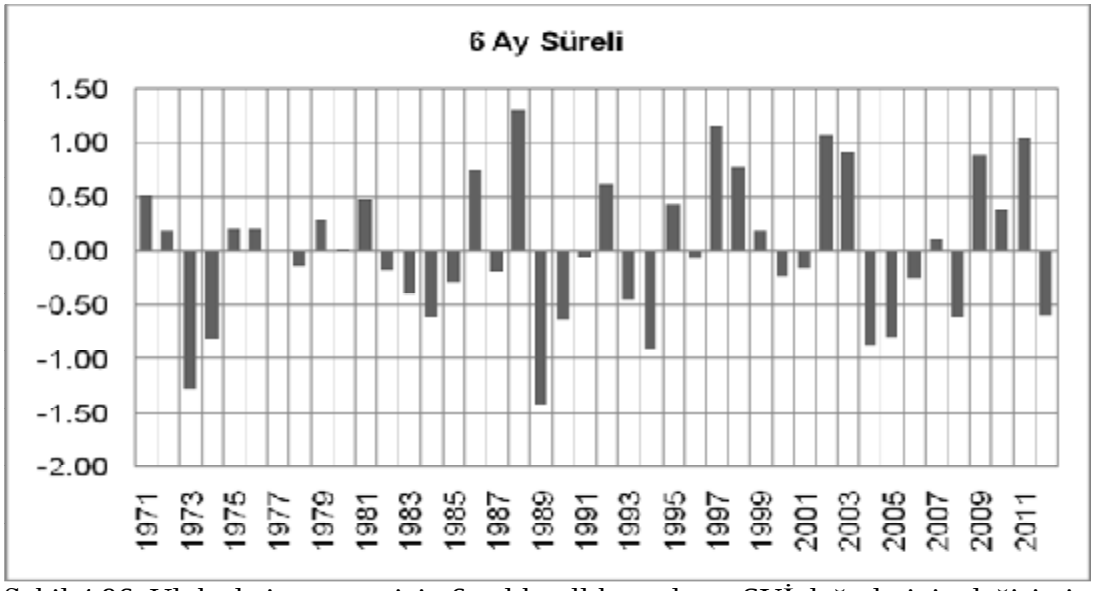
Şekil 4.94. Ulukışla istasyonunun 3,6,9,12 aylık süreye ve kuraklık kategorilerine göre kurak olma frekansları

Şekil 4.94'e göre, Ulukışla istasyonu %53 olasılıkla kuraklığın görülmediği bir istasyondur. Bu %47 oranında çeşitli kuraklığın görüldüğü anlamına gelir. %30.2 oranında hafif kuraklık görülür. Aşırı kuraklıklar, %3 frekansında görülmüştür. Orta derece kuraklık en fazla 12 ay süreli dönemde hüküm sürmüştür. Bu istasyon da diğerleri gibi kritik durumdadır ve hafif kurak bir istasyon olma eğilimindedir.

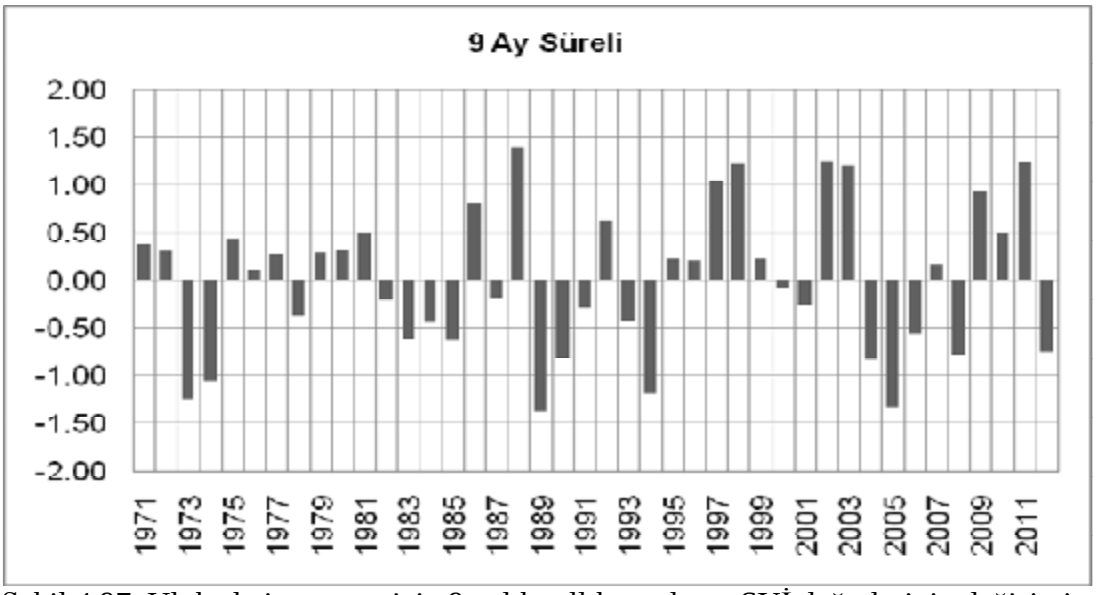
Aşağıda Ulukışla istasyonunun yıllık ortalama SYİ değerleri grafik halinde verilmiştir. Bu şekilde kuraklık sınıflarının yıldan yıla nasıl değiştiği izlenebilmektedir.



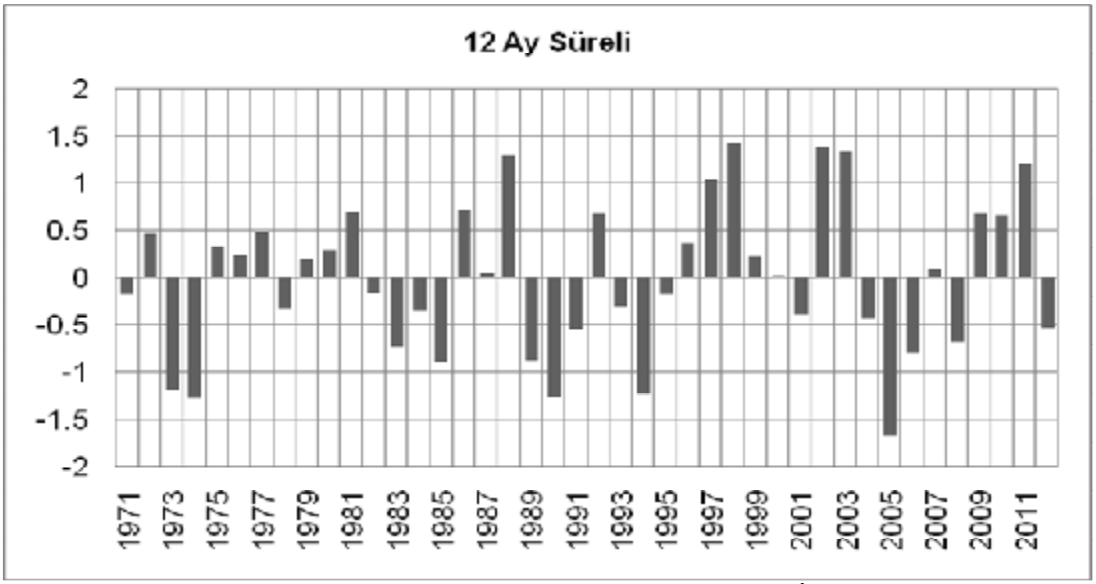
Şekil 4.95. Ulukışla istasyonu için 3 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.96. Ulukışla istasyonu için 6 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



Şekil 4.97. Ulukışla istasyonu için 9 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi



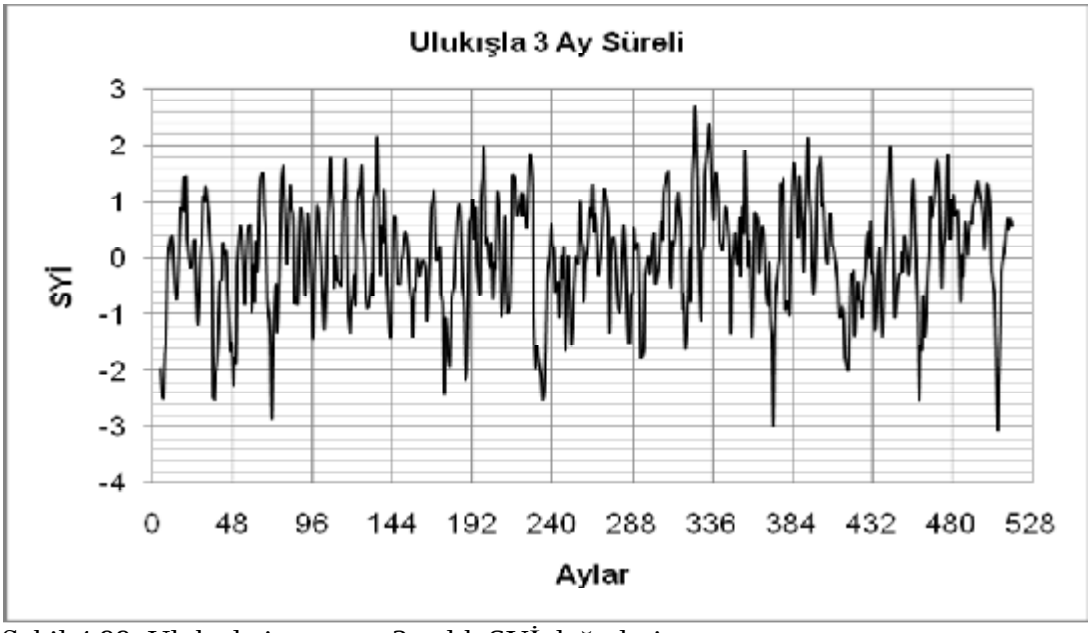
Şekil 4.98. Ulukışla istasyonu için 12 aylık yıllık ortalama SYİ değerlerinin değişimi

3 ay (Şekil 4.95), 6 ay (Şekil 4.96), 9 ay (Şekil 4.97), 12 ay (Şekil 4.98) grafiklerine baktığımızda 1988 ve 1989 yıllarının sırasıyla orta şiddetli yağışlı ve orta şiddette kurak olduklarını, 2002-2003 yıllarının orta derece şiddetli yağışlı geçtiğini, 2006'dan sonra iklimin hafif nemli olup 2008 yılında hafif kurak olduğunu, bu yıllardan sonra da hafif ve orta şiddette nemli olduğunu ancak son senede hafif kurak olma özelliği gösterdiğini, orta şiddette kuraklığın 1989-1995 dönemi kadar sık

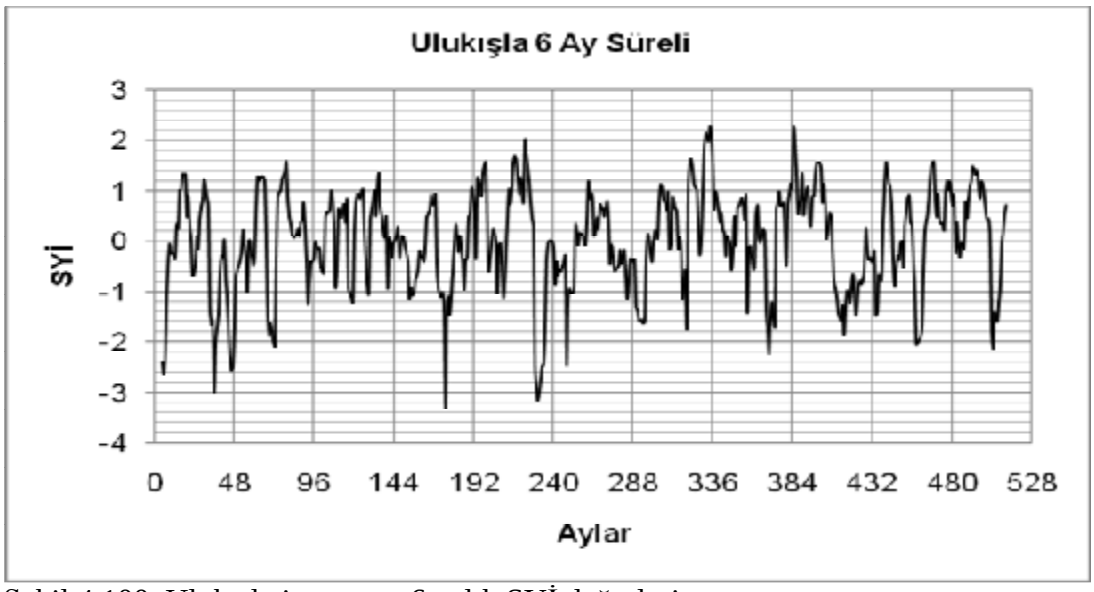
olmasa da zaman zaman şiddetini artırarak oluştuğunu görmekteyiz. 1995 yılından sonra orta şiddette yağışlar ve orta derece kuraklıklar görülmüştür.

Aşağıda aylık SYİ değerlerinin zamana göre değişim grafikleri verilmiştir.

.



Şekil 4.99. Ulukışla istasyonu 3 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.100. Ulukışla istasyonu 6 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.101. Ulukışla istasyonu 9 aylık SYİ değerleri



Şekil 4.102. Ulukışla istasyonu 12 aylık SYİ değerleri

3 ay (Şekil 4.99), 6 ay (Şekil 4.100), 9 ay (Şekil 4.101), 12 ay (Şekil 4.102) grafikleri incelenirse, 1982-1990 yılları arasında özellikle 1986-1990 yıllarında olağanüstü yağışların bittiği dönemde olağanüstü kuraklıklar hüküm sürmüştür. Bu durum 2002 ve 2006 döneminde tekrar etmiştir. 1998-2002 dönemi daha çok hafif nemli ve aşırı nemli geçmiştir. Bu istasyonda bazı aylarda aşırı kurak ve olağanüstü şiddetli kuraklığın sık görüldüğü söylenebilir.

4.2. İstasyonların L-Moment Yöntemi Analiz Sonuçları

Standart Yağış İndisi yöntemi ile 3, 6, 9 ve 12 aylık süre için elde ettiğimiz en kurak ayların yağış miktarları L-Moment yönteminde veri olarak kullanılmıştır. Bölgesel frekans analizi yaparak Seyhan Havzası istasyonlarının homojenliği ve bölgesel büyüme eğrileri elde edilmiştir. Homojenlik testi sonunda 3 ve 6 aylık dönemler için havza tamamen heterojen çıkmış ve alt havzalara ayırarak homojen bölgeler elde etme yöntemi de homojen alt havzalar elde etmede başarılı olamamıştır. Bu nedenle sadece 9 ve 12 aylık dönemler için analiz yapılmıştır.

9 aylık dönem için havza bütün olarak heterojen çıkmıştır. Ancak konumlarına ve deniz seviyesinden yüksekliklerine göre benzer durumdaki istasyonları bir araya getirerek havzayı iki parçaya ayırdığımızda alt homojen bölgeler elde edilmiştir. Bu şekilde frekans analizi yapılarak 9 ve 12 aylık periyotlar için alt havzaların bölgesel büyüme eğrileri bulunarak grafik haline getirilmiştir. Sonuç olarak seçilen uygun dağılımların kuraklığa yol açacak minimum yağışların tahmininde kullanılması önerilmiştir.

4.2.1. İstasyonların 9 Aylık Dönem İçin L-Moment Analiz Sonuçları

Seyhan Havzası'ndaki istasyonlar 9 aylık dönem için heterojen çıktığından havza iki kısma ayrılmıştır. Ayırma genellikle istasyonların kuzeyde ve güneyde bulunmasına ve rakımlarının benzer olmasına göre yapılmıştır. 9 aylık dönem için ayırma 1. Bölge olarak Adana, Pozantı, Feke, Karaisalı ve Karataş seçilerek yapılırken, 2. Bölge için ise Ulukışla, Çamardı, Sarız, Pınarbaşı, Tufanbeyli ve Tomarza seçilerek yapılmıştır. Çizelge 4.8'de 1. Bölge için seçilen 5 istasyonun gözlem süreleri ortalama yağış miktarları ve L moment oranları verilmiştir. Çizelge 4.9'da da 2. Bölge için seçilen 6 istasyonun L moment oranları verilmiştir. İstasyonların uyumsuzluk ölçüleri istasyon sayısına göre belirlenen kritik değerin altında kaldığından, 5 istasyon için kritik değer 1.333 ve 6 istasyon için 1.648, seçilen istasyonlar bölge bazında birbirleriyle uyumlu çıkmışlardır.

Çizelge 4.12. İstasyonların 9 aylık 1. bölge için L moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri

BÖLGE 1							
İstasyon Adı	Gözlem Süresi	Ortalama Yağış	t	t 3	t 4	t 5	Di
Adana	42	47.3	0.4770	0.2348	0.1099	0.0828	1.09
Feke	24	82.5	0.4594	0.2416	0.1041	0.0775	0.51
Karaisalı	42	63.9	0.4538	0.2627	0.2030	0.1666	1.12
Karataş	42	41.6	0.5220	0.3010	0.1485	0.0882	1.18
Pozantı	23	58.1	0.3867	0.2211	0.1559	0.0911	1.10

Çizelge 4.13. İstasyonların 9 aylık 2. bölge için L moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri

BÖLGE 2							
İstasyon Adı	Gözlem Süresi	Ortalama Yağış	t	t 3	t 4	t 5	Di
Çamardı	24	33.0	0.3365	0.1564	0.1864	0.0494	1.26
Pınarbaşı	40	22.2	0.4081	0.1575	0.1212	0.1103	0.32
Tomarza	40	25.6	0.3259	0.2114	0.1423	0.0338	1.27
Sarız	41	29.8	0.3908	0.0834	0.0617	0.0635	1.54
Ulukışla	42	16.6	0.3838	0.2242	0.1391	0.0421	0.42
Tufanbeyli	26	39.6	0.4765	0.1973	0.0682	0.0764	1.20

Çizelge 4.14. 9 aylık süre için bölgelerin heterojenlik ölçüleri (H) ve Z uygunluk testi sonuçları

		BÖLGE 1	BÖLGE 2
Heterojenlik	H1	**-0.21**	**0.59**
	H2	-1.5	-0.23
	H3	-1.45	-0.94
Dağılımlar	Gen. Extreme Value	1.25	1.33
	Gen. Normal	0.77	1.13
	Pearson Type III	**-0.08**	**0.57**
	Gen. Pareto	-1.12	

Çizelge 4.14'e göre Gen. Extreme Value, Gen. Normal, Pearson Type 3 ve Gen. Pareto dağılımlarının $Z \leq 1.64$ şartını sağladıkları ve her iki bölge için de en iyi dağılımın Pearson Type 3 olduğu görülmektedir. Heterojenlik ölçüsü H ise 1. Bölge için $-0.21 < 1$ ve 2. Bölge için de $0.59 < 1$ çıkmıştır.

Çizelge 4.15. Dağılımların parametreleri

Bölge	Dağılımlar	z (yer para.)	α (ölçek para.)	K (şekil para.)		
1. Bölge	Gen. Extreme Value	0.573	0.589	-0.131		
	Gen. Normal	0.789	0.736	-0.534		
	Pearson Type III	1.000	0.893	1.545		
	Gen. Pareto	-0.021	1.208	0.183		
		z	α	β	g	d
	WAKEBY	-0.058	1.345	0.546	0.093	0.508
2. Bölge	Gen. Extreme Value	0.679	0.554	-0.002		
	Gen. Normal	0.882	0.648	-0.353		
	Pearson Type III	1.000	0.705	1.039		
		z	α	β	g	d
	WAKEBY	-0.021	1.467	2.94	0.71	-0.095

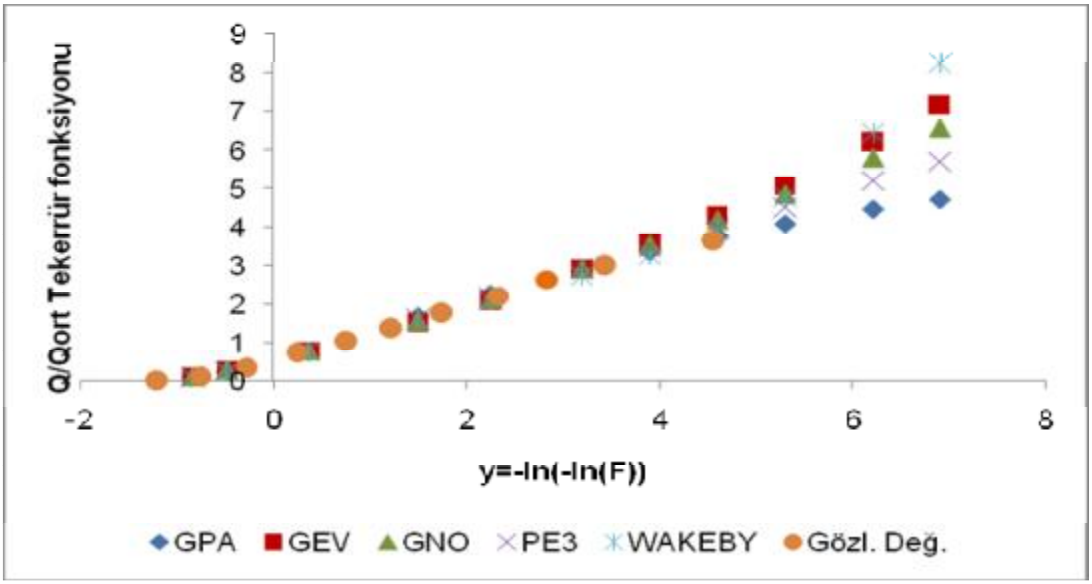
Çizelge 4.16. 9 aylık süre için 1. bölgenin dönüş periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımının tekerrür fonksiyonu değerleri

Gumbel azalan Değerler (y)	T Dönüş Periyodu (Yıl)	F (Aşılmama Olasılığı)				Gözlenen Değerler	
			GPA	GEV	GNO	Gumbel azal. değ.(y)	Q/Qort
-0.834	1.111111	0.1	0.105	0.108	0.105	-1.219	0.004
-0.476	1.25	0.2	0.243	0.301	0.290	-0.763	0.112
0.367	2	0.5	0.765	0.794	0.789	-0.281	0.349
1.5	5	0.8	1.663	1.549	1.571	0.242	0.736
2.25	10	0.9	2.249	2.114	2.143	0.743	1.042
3.2	25	0.96	2.918	2.912	2.921	1.210	1.383
3.9	50	0.98	3.355	3.572	3.538	1.737	1.776
4.6	100	0.99	3.739	4.289	4.185	2.325	2.186
5.3	200	0.995	4.078	5.072	4.865	2.844	2.638
6.21	500	0.998	4.465	6.22	5.82	3.421	3.007
6.9	1000	0.999	4.718	7.184	6.589	4.550	3.640

Çizelge 4.16'da, F aşılmama olasılığına karşılık gelen Gumbel azaltılmış değerler (y) verilmiş; Hosking noktalama pozisyonu formülü ile elde edilmiş sağdaki (y) değerleri, homojen bölgenin bütün istasyonları için sıralandığında uzun liste oluşturacağından istenilen aralığa göre ortalamaları alınarak yazılmıştır.

Çizelge 4.17. 9 aylık süre için 1. bölgenin dönüş periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımının tekerrür fonksiyonu değerleri (devamı)

Gumbel azalan Değerler (y)	T Dönüş Periyodu (Yıl)	F (Aşılmama Olasılığı)			Gözlenen Değerler	
			PE3	WAKEBY	Gumbel azal. değ.(y)	Q/Qort
-0.834	1.111111	0.1	0.101	0.090	-1.219	0.004
-0.476	1.25	0.2	0.267	0.246	-0.763	0.112
0.367	2	0.5	0.780	0.795	-0.281	0.349
1.5	5	0.8	1.610	1.613	0.242	0.736
2.25	10	0.9	2.188	2.109	0.743	1.042
3.2	25	0.96	2.922	2.733	1.210	1.383
3.9	50	0.98	3.463	3.262	1.737	1.776
4.6	100	0.99	3.996	3.916	2.325	2.186
5.3	200	0.995	4.522	4.778	2.844	2.638
6.21	500	0.998	5.211	6.427	3.421	3.007
6.9	1000	0.999	5.727	8.262	4.550	3.640



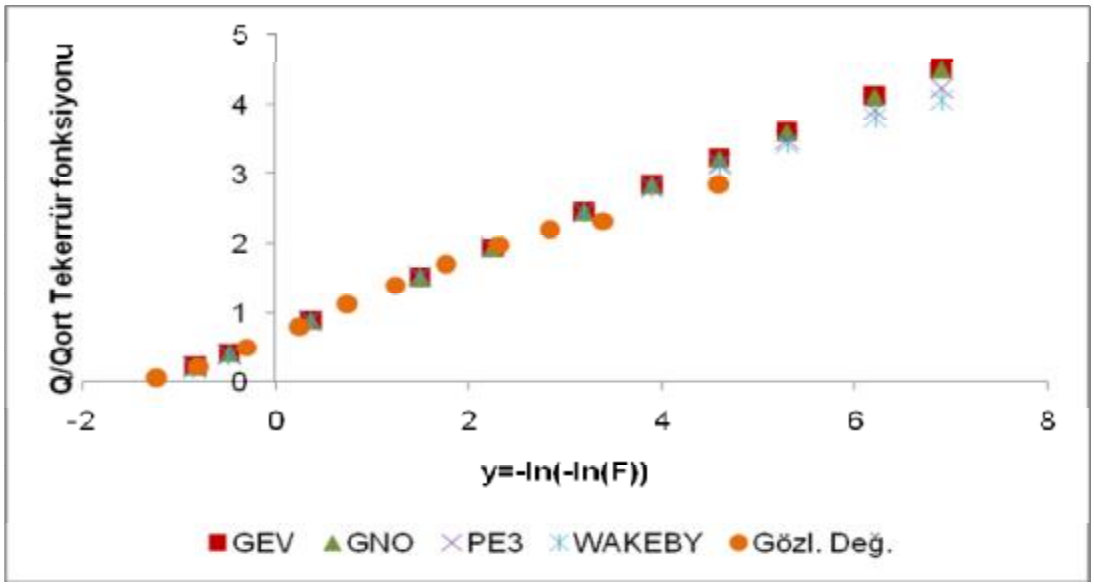
Şekil 4.103. 9 aylık süre için 1. bölgeye ait frekans eğrileri (Büyüme Eğrisi)

Çizelge 4.18. 9 aylık süre için 2. bölgenin dönüş periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımının tekerrür fonksiyonu değerleri

Gumbel azalan Değerler (y)	T Dönüş Periyodu (Yıl)	F (Aşılmama Olasılığı)			Gözlenen Değerler	
			GEV	GNO	Gumbel azalan değ.(y)	Q/Qort
-0.834	1.1111111	0.1	0.217	0.215	-1.228	0.0546
-0.476	1.25	0.2	0.415	0.411	-0.7931	0.2162
0.367	2	0.5	0.882	0.882	-0.2894	0.4938
1.5	5	0.8	1.511	1.517	0.2536	0.7998
2.25	10	0.9	1.929	1.931	0.7497	1.1289
3.2	25	0.96	2.457	2.451	1.2449	1.3980
3.9	50	0.98	2.850	2.835	1.7701	1.7015
4.6	100	0.99	3.240	3.217	2.3177	1.9664
5.3	200	0.995	3.630	3.601	2.8456	2.2058
6.21	500	0.998	4.144	4.114	3.3903	2.3185
6.9	1000	0.999	4.534	4.508	4.5888	2.8507

Çizelge 4.19. 9 aylık süre için 2. bölgenin dönüş periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımının tekerrür fonksiyonu değerleri (devamı)

Gumbel azalan Değerler (y)	T Dönüş Periyodu (Yıl)	F (Aşılmama Olasılığı)			Gözlenen Değerler	
			PE3	WAKEBY	Gumbel azal. değ.(y)	Q/Qort
-0.834	1.1111111	0.1	0.210	0.187	-1.228	0.0546
-0.476	1.25	0.2	0.400	0.376	-0.7931	0.2162
0.367	2	0.5	0.880	0.889	-0.2894	0.4938
1.5	5	0.8	1.531	1.533	0.2536	0.7998
2.25	10	0.9	1.946	1.946	0.7497	1.1289
3.2	25	0.96	2.447	2.447	1.2449	1.3980
3.9	50	0.98	2.805	2.798	1.7701	1.7015
4.6	100	0.99	3.150	3.127	2.3177	1.9664
5.3	200	0.995	3.485	3.435	2.8456	2.2058
6.21	500	0.998	3.916	3.812	3.3903	2.3185
6.9	1000	0.999	4.236	4.076	4.5888	2.8507



Şekil 4.104. 9 aylık süre için 2. bölgeye ait frekans eğrileri (Büyüme Eğrisi)

Seyhan Havzası 9 aylık periyot için homojen 2 alt bölgeye ayrıldığında bölgelerin en kurak ayları ve yaşandığı yılları Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21'de görebiliriz.

Çizelge 4.20. 9 aylık sürede 1. bölge istasyonlarının minimum SYİ değerleri ve görüldükleri yıllar

İstasyon	Minimum SYİ	Tarih
Adana	-2.93	Şubat 1973
Feke	-2.88	Eylül 1989
Karaisalı	-2.42	Ekim 1989
Karataş	**-3.26**	**Eylül 1989**
Pozantı	-2.3	Nisan 1973

Çizelge 4.20'yi incelediğimizde en düşük SYİ değerinin 1989 yılının Eylül ayında -3.26 (olağanüstü kurak) ile Karataş istasyonunda kaydedildiğini söyleyebiliriz.

Çizelge 4.21. 9 aylık sürede 2. bölge istasyonlarının minimum SYİ değerleri ve görüldükleri yıllar

İstasyon	Minimum SYİ	Tarih
Çamardı	**-3.51**	**Ekim 1989**
Pınarbaşı	-3.31	Ağustos 1988
Tomarza	-3.32	Mayıs 1994
Ulukışla	-3.25	Temmuz 1989
Tufanbeyli	-3.27	Eylül 1989

Çizelge 4.21 incelediğinde en düşük SYİ değerinin 1989 yılının Ekim ayında -3.51 (olağanüstü kurak) ile Çamardı istasyonunda kaydedildiğini söylenebilir.

4.2.2. İstasyonların 12 Aylık Dönem İçin L-Moment Analiz Sonuçları

Seyhan Havzası'nda bulunan 11 istasyona 12 aylık dönem için L-momentler uygulandığında 11 istasyon da homojen çıkmıştır. Elde edilen uyumsuzluk ölçüleri 11 istasyon için kritik değer olan 2.632'nin altında kaldığından istasyonlar birbirleriyle havza bazında uyumlu çıkmışlardır.

Çizelge 4.22. İstasyonların 12 aylık süre için L moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri

İstasyon Adı	Gözlem Süresi	Ortalama Yağış	t	t 3	t 4	t 5	Di
Adana	42	52.4	0.4837	0.2637	0.1247	0.0780	0.62
Çamardı	24	35.4	0.4331	0.2441	0.1185	-0.0062	0.76
Feke	24	80.4	0.4053	0.1425	0.0968	0.1201	0.57
Pınarbaşı	40	27.1	0.4666	0.3270	0.2279	0.1586	0.58
Tomarza	40	29.3	0.3940	0.1414	0.1046	0.0780	0.61
Sarız	41	33.8	0.3947	0.0742	0.1117	0.1377	1.88
Ulukışla	42	21.2	0.3951	0.2597	0.1844	0.1257	1.43
Karaisalı	42	72.0	0.4850	0.3248	0.2529	0.1719	1.69
Karataş	42	81.5	0.5137	0.3523	0.1525	0.0596	1.51
Pozantı	23	69.6	0.4666	0.3713	0.2233	0.1072	0.94
Tufanbeyli	26	34.3	0.4917	0.2863	0.1661	0.1096	0.42

Çizelge 4.23. 12 aylık süre için havzanın heterojenlik ölçüleri (H) ve Z uygunluk testi sonuçları

		Tüm İstasyonlar
Heterojenlik	H1	**-0.06**
	H2	0.68
	H3	0.06
Dağılımlar	Gen. Extreme Value	1.04
	Gen. Normal	**0.35**
	Pearson Type III	-0.88

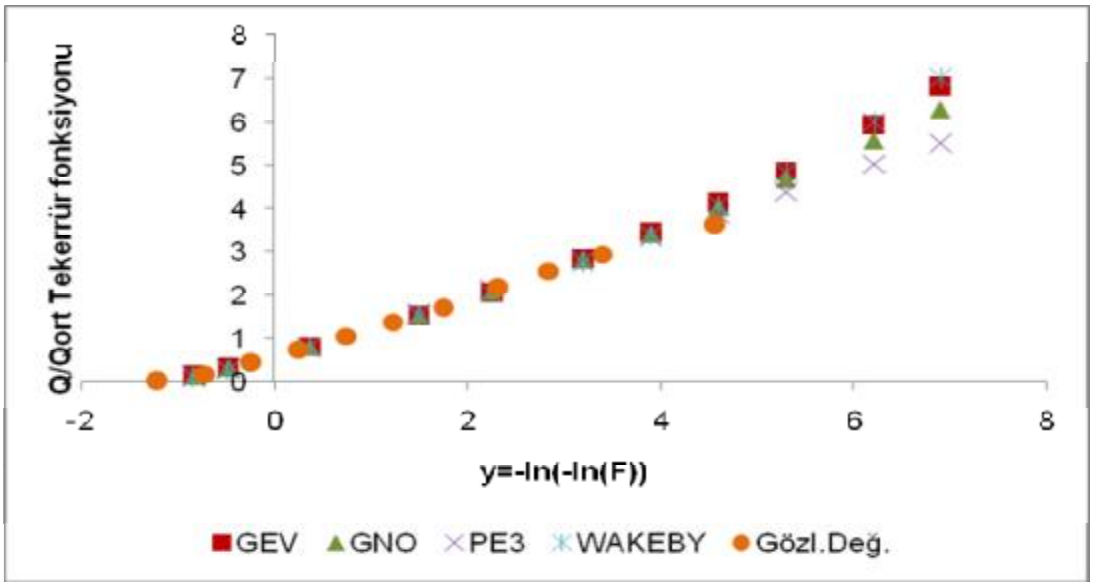
Çizelge 4.23'e bakılırsa tüm bölge için en iyi dağılımın Gen. Normal dağılımı olduğu görülmektedir. Heterojenlik ölçüsü H ise -0.06 < 1 'dir.

Çizelge 4.24. Dağılımların parametreleri

Dağılımlar	z**(yer para.)**	**α (ölçek para.)**	**K (şekil para.)**		
Gen. Extreme Value	0.591	0.571	-0.125		
Gen. Normal	0.800	0.712	-0.525		
Pearson Type III	1.000	0.857	1.52		
	z	**α**	**β**	g	d
WAKEBY	-0.060	1.243	1.607	0.485	0.167

Çizelge 4.25. 12 aylık süre için dönüş periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımının tekerrür fonksiyonu değerleri

Gumbel azalan Değerler (y)	T Dönüş Periyodu (Yıl)	F (Aşılmama Olasılığı)	GEV	GNO	PE3	WAKEBY	Gözlenen Değer y	Gözlenen Değer Q/Qort
-0.834	1.11111111	0.1	0.138	0.136	0.131	0.112	-1.224	0.017
-0.476	1.25	0.2	0.327	0.316	0.294	0.284	-0.726	0.158
0.367	2	0.5	0.805	0.800	0.792	0.816	-0.244	0.430
1.5	5	0.8	1.533	1.553	1.589	1.552	0.248	0.738
2.25	10	0.9	2.074	2.101	2.142	2.058	0.747	1.043
3.2	25	0.96	2.835	2.842	2.843	2.780	1.230	1.375
3.9	50	0.98	3.460	3.428	3.358	3.395	1.754	1.713
4.6	100	0.99	4.138	4.04	3.865	4.083	2.321	2.188
5.3	200	0.995	4.874	4.683	4.366	4.854	2.845	2.553
6.21	500	0.998	5.948	5.584	5.020	6.022	3.404	2.942
6.9	1000	0.999	6.845	6.307	5.510	7.032	4.571	3.644



Şekil 4.105. 12 aylık süre için havzaya ait frekans eğrileri (Büyüme Eğrisi)

Seyhan Havzası 12 aylık periyot için tüm istasyonların en kurak ayları ve yaşandığı yılları Çizelge 4.25'de görebiliriz.

Çizelge 4.26. 12 aylık sürede tüm istasyonlarının minimum SYI değerleri ve görüldükleri yıllar

İstasyon	Minimum SYİ	Tarih
Adana	-2.75	Şubat 1973
Çamardı	-3.12	Ekim 1989
Feke	-1.9	Ekim 1973
Karaisalı	-2.15	Nisan 2008
Karataş	-2.64	Ağustos 1973
Pınarbaşı	-3.09	Mayıs 1985
Sarız	-3.15	Mayıs 1985
Pozantı	-2.28	Ekim 1973
Tomarza	**-3.34**	**Eylül 1994**
Tufanbeyli	-2.6	Ekim 2001
Ulukışla	-2.73	Ekim 1989

Çizelge 4.26'yı incelediğimizde en düşük SYİ değerinin 1994 yılının Eylül ayında -3.34 (olağanüstü kurak) ile Tomarza istasyonunda kaydedildiğini söyleyebiliriz

.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Standart Yağış İndisi kullanılarak 11 istasyondan elde edilen aylık yağış serileri, kuraklığın çeşitli zaman dilimlerinde su kaynakları üzerinde değişik etkileri olduğu düşünülerek 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlar için analiz edilmiştir. Havzanın çeşitli bölgelerine dağılmış istasyonların geçmiş ve günümüz yağışlarında, kuraklıkta meydana gelen anormal ya da normal değişimler tespit edilmiştir. Bu şekilde havzada bu istasyonların kuraklık ve nemlilik sonuçları kullanılarak genel bir durum değerlendirmesi yapılmıştır.

Çalışmanın son aşamasında ise tespit edilen en kurak ayların yağış miktarları göz önüne alınarak oluşturulan serilere L-Momentler tekniği uygulanarak kuraklık meydana getiren minimum yağış miktarlarının bölgesel frekans analizi yapılmıştır. Bu şekilde havzanın birbiriyle uyumlu istasyonları belirlenmiş ve homojen ya da heterojen olduğu konusunda sonuca varılmıştır.

Seyhan Havzası'ndaki istasyonları kuraklık açısından genel olarak değerlendirebilmek için 3, 6, 9 ve 12 aylık SYİ ortalamaları ve kuraklık frekansı değerleri dikkate alınmıştır. Kuraklık frekansı hesabı, kurak olarak anılan ay sayısının gözlem süresi içindeki toplam ay sayısına bölünmesi ile yapılır. Örneğin 10 yıllık bir seride 30 hafif kurak ay tespit edilmişse frekans, 30 sayısı 10*12 (toplam ay sayısı)' na bölünerek elde edilir. Bu şekilde o istasyonun hafif kurak olma frekansı bulunmuş olur. Güvenilir sonuç elde edebilmek için istasyonların yeteri uzunlukta yağış serisine sahip olmaları gerekir. Yukarıda anlatıldığı şekilde en kuraktan daha az kurak istasyona doğru olmak üzere sonuçları özetlersek;

- Karaisalı istasyonu genel olarak havzanın en kurak istasyonu olduğu belirlenmiştir. Kuraklığın olduğu durumların oluşma frekansı % 50.9 olarak tespit edilmiştir. Havzada bir ayda görülen en büyük SYİ değeri 3 aylık periyotta 3.59 (olağanüstü yağışlı) ile bu istasyondadır. En nemli dönem 3 aylık sürede görülürken orta derece kuraklık en fazla 12 aylık sürede görülmüştür.2005-2008 yılları hafif kurak ve orta derece kurak geçmiştir.

- Çamardı istasyonu hafif kurak bir istasyondur. Kurak olma yüzdesi 48.3 tür. 3 ve 6 aylık sürelerde olağanüstü çok şiddetli kuraklıklar görülmüştür. 9 ve 12 aylık dönemlerde ise hafif ve orta derece kuraklıklar yaşanmıştır. İklim az yağışlı ve kurak olma eğilimi göstermiştir.
- Pozantı istasyonu hafif kurak bir istasyondur. Kurak olma yüzdesi 49.2'dir. Şiddetli kuraklık en fazla 12 aylık sürede görülmüştür.1974-1978 döneminde çok şiddetli yağışlar olmuştur. 12 aylık periyot içinde görülen olağanüstü yağışlar son 10 yılda hafif yağışlara dönüşmüştür.
- Pınarbaşı istasyonu da hafif kurak bir istasyondur ve kuraklık hadiseleri %46.3 olasılığında görülür. Havzada bir ayda görülen en düşük SYİ değeri 6 aylık periyot için -3.75 (olağanüstü kurak) ile bu istasyonda görülmüştür. Hafif kurak ve orta derece kurak durumlar en fazla 3 aylık dönemde görülmüştür. Kuraklık en az 12 aylık sürede yaşanmıştır. 2000 yılından sonra orta derece ve hafif kurak iklim özellikleri görülür. 3 ve 6 aylık dönemde kuraklık daha şiddetlidir.
- Tufanbeyli istasyonu hafif nemli bir istasyondur. %45.9 frekansında kuraklık yaşanır. Kuraklığın görülme sıklığının en az olduğu istasyondur. 12 aylık sürede %5.1 olasılıkla şiddetli kuraklık görülmüştür. 9 aylık dönemde %5.1 olasılıkla aşırı kuraklık yaşanmıştır. 2002 yılından sonra iklim 2009 yılına kadar hafif kurak iklimden aşırı kurak iklime geçmiştir. 2009 yılından sonra yağışlarda bir miktar artış vardır.
- Sarız istasyonu hafif kurak bir istasyondur. Kuraklığın oluşma yüzdesi 46.2'dir. Hafif kuraklık en fazla 6 aylık sürede görülmüştür. Şiddetli kuraklık %6.2 frekansıyla 3 aylık dönemde görülmüştür. 1988 yılından sonra iklim hafif nemliden aşırı kurak döneme geçmiştir. 2007 yılından sonra hafif nemli dönemler görülmüştür.
- Karataş istasyonu hafif nemli bir istasyondur. Kuraklık %46.8 oranında meydana gelir. Şiddetli kuraklık en fazla 9 ay periyodunda görülmüştür. %2.9 frekansında aşırı kuraklık görülmüştür. En yağışlı dönem 1996-1997 dönemidir. 2010 yılından sonra 12 aylık periyodun nemli dönemlerinin sıklığı artmıştır.

- Tomarza istasyonu hafif nemli bir istasyondur. Kuraklık yüzdesi 46.8'dir. Şiddetli kuraklık en fazla 3 aylık dönemde yaşanmıştır. 1970-1993 hafif kurak geçmiştir. Son birkaç senede görülen maksimum yağışların pik değerleri yükselmiştir. Ama hafif kuraklık olayları da sıklaşmıştır.
- Adana istasyonu hafif nemli bir istasyondur. Kuraklık yüzdesi 47.7'dir. Hafif kuraklık en fazla 6 aylık sürede, şiddetli kuraklık ise en fazla 12 aylık (yıllık) periyotta görülmüştür. 2000'li yıllardan sonra kuraklıkta ani artışlar vardır. Neredeyse iki senede bir hafif kuraklık yaşanmıştır. 12 aylık dönemde görülen kuraklığın şiddeti mevsimsel dönemlere kıyasla daha hafiftir. Son 2 senede nemlilik artmıştır.
- Feke istasyonu hafif nemli bir istasyondur ve kuraklık %49.8 oranında oluşmaktadır. Kuraklık en az 3 aylık dönemde görülmüştür. Kurak durumlar daha çok 12 aylık sürede yaşanmıştır. 1990'lı yıllardan sonra iklim hafif kurak ve orta kurak olma eğilimindedir.
- Ulukışla istasyonu hafif nemli bir istasyondur. %47 oranında kuraklık olayları yaşanır. Orta derece kuraklık en fazla 12 aylık sürede görülür. Aşırı kuraklıklar %3 oranındadır. 2006 yılından sonra iklim hafif nemli iken 2008 yılında hafif kuraktır. Bu yıllardan sonra iklim hafif ve orta şiddette nemlidir. Son sene ise hafif kurak geçmiştir.

Aslında bütün istasyonlar hafif kurak ve hafif nemli olma sınırında yani 0 SYİ değerine sahiptirler. Ancak 0'ın altında ve üstünde çok az hareket ettiklerinden böyle bir değerlendirme yapılmıştır.

Seyhan Havzası bir bütün olarak değerlendirilirse, havza %52.3 frekansla kuraklığın genel olarak görülmediği bir bölgedir. % 47.7 oranında kuraklık olayları yaşanır. Havza kuraklık sınırındadır. Son yıllarda yaşanan sıcaklık artışları ve kuraklık olaylarının sıklaşmasıyla bu durumun Seyhan Havzası için tamamen hafif kurak ve orta derece kurak olma yönünde gelişeceği söylenebilir. Konu hakkında çalışan uzmanlar Seyhan Havzası'nda 2070 yılında hava sıcaklığının 2 ila 3.5 derece arasında artacağını öngörmektedirler. Bu durumda havzada buharlaşma artacağından zaten hafif kuraklık sınırında bulunan havzada daha şiddetli kurak dönemler hüküm

sürecektir. Sıcaklığın artışı Ulukışla gibi zaten yağışı az olan istasyonların nemli kalma süresini kısaltacağından bütün istasyonlar SYİ kuraklık skalasında en az 1 kategori düşerek genelde orta şiddetli ve aşırı kurak olarak değerlendirileceklerdir. Bunlar dikkate alınarak su rezervleri iyi muhafaza edilmelidir.

İstasyonların tümünde son 10 yılda önceki görülen olağanüstü çok şiddetli yağışların görülme sıklığının azaldığını ve SYİ değerlerinin -1'in çok altına düşme yani orta derece ve aşırı derece kuraklığın görülme sıklığının arttığını söyleyebiliriz. Bu durumda yağış şiddeti ve oluşma zamanı azalınca kuraklığın şiddeti ve sıklığı artınca meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklığın da arttığını ve artacağını söyleyebiliriz. Özellikle 2000'li yıllardan sonra önceki dönemlere göre yağışta ciddi bir azalma vardır. Zaman zaman artsa da kuraklığın şiddetlenmesi yüzünden eskisi kadar etkili olamamaktadır. Yine de küresel ısınmanın getirdiği yağış anomali sonuçları yaşansa da havzada çok şiddetli kuraklığın görülme sıklığı % 10'un altındadır. Ve istasyonlar zaman zaman yeterli miktarda yağışı alabilmektedir. İstasyonların yıllık ortalama yağış miktarları ve deniz seviyesinden yükseklikleri göz önünü alınarak bir bölgede yağışın fazla olması o bölgenin kuraklık kategorisinde daha sık değerlendirilmesine engel olmayacaktır. Çünkü Ulukışla gibi yıllık ortalama yağışı 350 mm'den az olan istasyonlar rakımları yüksek, sıcaklıkları düşük ve yağışın zemin üzerinde buharlaşma miktarı çok daha az olduğundan kuraklık daha az olasılıkla görülür. Durum böyle olunca Tufanbeyli gibi istasyonların rakımı daha düşük Karaisalı, Feke ve Pozantı gibi istasyonlara göre daha az yağış almalarına rağmen kuraklık hadiselerinin yaşanma olasılığı daha az olmaktadır.

L-Momentler ile ilgili yapılan analiz ise kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- L-Momentler yöntemi uygulanınca havza 3 ve 6 aylık dönemlerde minimum yağışlar açısından tamamen heterojen çıkmıştır yani istasyonlar tamamen birbirleriyle uyumsuzdurlar. Ortak bir bölgesel dağılım elde edilmemiştir
- Heterojenlik ölçüsü olan H değeri 1 değerinin çok üstünde çıkmıştır. İstasyonları rakım, konum, yağış serisi uzunluğu gibi kriterlere göre gruplandırarak yapılan frekans analizi homojen bölge elde etmede başarısız olmuştur.

- Bu nedenle 3 ve 6 aylık minimum yağış değerleri tahmin etmede kullanılacak parametre ve dağılımlar bulunamamıştır. Bunun nedeni kuraklığa neden olan minimum yağışların 12 aylık süreden daha kısa olan 3 ve 6 ay gibi mevsimsel süreler için yeterince normalize edilememesi yani normal dağılıma uymamaları olabilir.
- 9 aylık dönem için ise uyumsuz havzalar tespit edilmiştir. Havza iki parçaya bölününce iki alt havza elde edilmiştir. Bu havzalar heterojenlik ölçüsü $H < 1$ değerini sağladıklarından tamamen homojen çıkmışlardır. Bu işlem istasyonların birbirlerine göre konumları ve rakım seviyeleri kıyaslanarak seçilmeleri sonucu olmuştur. 9 aylık süre için 1. ve 2. bölgeye aynı anda uyan dağılımın Pearson Type 3 olduğu belirlenmiştir.
- 12 aylık dönemde de havza 11 istasyon kullanarak yapılan bölgesel frekans analizi sonucu tamamen homojen çıkmıştır. 12 aylık dönemde havza bütününe Genelleştirilmiş Normal dağılımın en iyi uyduğu belirlenmiştir.
- Elde edilen bu dağılımlar ve parametreler Seyhan Havzası'nı kuraklık tehlikesi ile karşı karşıya bırakacak minimum yağışların tahmininde kullanılabilir.

Son yıllarda artan kuraklık olaylarının Seyhan Havzası'ndaki olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi için alınması gereken tedbirleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- Bölgede yapılması düşünülen hidrolik yapıların projelendirilme aşamalarında özellikle kuraklık konusu düşünülerek ayrıntılı bir analizi yapılmalıdır. Sadece güncel veriler değil yapılan tahmin çalışmaları da hesaba katılmalıdır.
- Sadece ulusal değil aynı zamanda yerel ve gönüllülerden oluşan konumuzla alakalı olaylara ilgili ve araştırma yeteneğine sahip insanların oluşturduğu Kuraklık İzleme Birlikleri oluşturulmalı.
- Üniversitelerin yapacağı çalışmalarda daha net ve daha kolay sonuçlar elde edebilecekleri özerk yağış istasyonları kurulmalı; havzanın yağış gözlem ağı güçlendirilmelidir.

- Su rezervuarlarının tasarımı, ilerde yaşanacak en kötü kuraklık ve taşkın hadiselerine göre optimum olarak belirlenmelidir. Küresel ısınma nedeniyle yaşanan çok şiddetli kuraklıklardan sonra gelecek ani şiddetli yağışların sele dönüşmemesi için toprak üzerinde park ve bahçe düzenlemeleri yapılmalıdır.
- Nüfus planlaması yapılarak günümüzde yaşanan ya da gelecekte yaşanacak olan kuraklığı olduğundan daha şiddetli hissettirecek kişi başına düşen su miktarının daha iyi planlanması lazımdır.
- Çiftçiler kuraklık konusundaki meteorolojik çalışmaları dikkatle izlemeli; tarımsal faaliyetleri buna göre yapmalıdırlar.
- Özellikle yağmur ve karın çok yağdığı Seyhan Havzası yukarı kısmında her yıl düşen yağmur ve kar miktarı iyi analiz edilerek kışınki yağış miktarından yazın meydana gelebilecek hidrolojik kuraklık vb durumların tahmini yapılabilmeli ve sonuca göre ilgililer uyarılmalıdır.
- Seyhan Havzası'nda kuraklığın yaşanmadığı şiddetli yağışlı bölgelerden kuraklık yaşayan bölgelere dengeyi bozmadan su ihtiyacını karşılayabilecek mühendislik yapıları yapılmalıdır.
- Seyhan Havzası'nda kurulu bulunan meteoroloji gözlem istasyonları hem kayıt süresi uzunluğu hem de sayı olarak kapsamlı analizler yapabilmek için yetersizdir. İklimsel hadiseleri ay, yıl vb süreler için eksiksiz veri toplayabilen ve havzanın çeşitli yerlerine dağılmış şekilde istasyonların kurulması gerekmektedir. Var olanların da kayıt hassaslıkları dikkatle kontrol edilmelidir.
- Bu tez çalışması Seyhan Havzası'nda güncel olarak verisi sağlanabilen istasyonlardan gelen yağış serileri kullanılarak yapılmıştır. Diğer çeşitli yöntemler ile yapılan kuraklık analizleri ile bu çalışmanın sonucu örtüşmektedir. Daha fazla istasyon daha fazla değerlendirilebilecek veri demek olduğundan istasyon sayısının artması Seyhan Havzası kuraklık analizinde daha geçerli ve genel sonuçlar verecektir.
- Bu çalışma sonucu, karar vericiler, kuraklık ile ilgili araştırma yapan bilim insanları, yöre halkı ve havzada tarımsal faaliyetlerini sürdüren çiftçiler için

Seyhan Havzası'ndaki kuraklığın değerlendirilmesi açısından kaynak olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

ABOLVERDI, J., KHALILI, D., 2010. Probabilistic Analysis of Extreme Regional Meteorological Droughts By L-Moments İn a Semi-Arid Environment. Theor Appl Climatol,102:351-366.

APAK, E., 2009. Standart Yağış İndeksi Yönemi ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bornova-İzmir.

APAYDIN, H., ANLI, A.S., ÖZTÜRK, F., 2009. Trabzon İlinde Gözlenen Maksimum Yağışların Bölgesel Frekans Analizi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 15(3):240-248.

ATMACA, D., 2011. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) İle Konya İlinde Bölgesel Kuraklık Analizi. Gazi Osman Paşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tokat

BAYAZIT, M., ve OĞUZ, B., 1994. Mühendisler için İstatistik. Birsen Yayınevi, İstanbul, 197s.

CHILLYMANJARO., 2011. Famine and Drought Affect More Than 10 Million People Across the East African Region. (http://thewatchers.adorraeli.com/2011/07/02/)

ÇALDAG, B., SIRDAS, S., ŞAYLAN, L., 2004. Trakya Bölgesinde Kuraklık Durumunun Standardize Yağış İndeksi ile Belirlenmesi. İ.T.Ü Uçak ve Uzay Bil. Fak. Meteoroloji Müh. Böl, İstanbul.

DALRYMPLE, T., 1960. Flood Frequency Methods. U. S. Geol. Survey, Water Supply Paper 1453 A, Washington, 11-51.

DENİZ, D., 2009. Türkiye'deki Kuraklığın Standart Yağış İndeksi ile İncelenmesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü İnternet Sayfası, 2012. Kuraklık Analizi, (http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-alizi.aspx?d=yontemsinif)

DODANGEH, S., SATTARI, M.T., SEÇKIN, N., 2011. Minimum Akımların L Momentler Yöntemi ile Bölgesel Frekans Analizi. Journal of Agricultural Sciences. Ankara,17:43-58.

EDWARDS, D.C., 1997. Characteristics of 20th Century Drought İn The United States At Multiple Time Scales. Colorado State University Department Of Atmospheric Science Thesis, Fort Collins, Colorado.

ERKUŞ, A., 2007. Kuzey Ege Havzalarında Bölgesel Analiz Yöntemiyle Tahminlenen Zirve Taşkınlarının İrdelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik, Hidroloji ve Su Kaynakları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

ESLAMIAN, S.S., FEIZI, H., 2006. Maximum Monthly Rainfall Analysis Using L-Moments for an Arid Region in İsfahan Province, İran. Journal of Applied Meteorology and Climatology.Volume 46:494-503.

FİDAN, H. I., 2011. Doğu Akdeniz Bölgesinde Standardize Yağış İndeksi (SYİ) İle Kuraklık Analizi Ve Markov Zinciri Yöntemini Kullanarak Kurak Olma Olasılıklarının Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana

FOWLER, H.J., KILSBYC. G.,2003. A Regional Frequency Analysis of United Kingdom Extreme Rainfall From 1961 To 2000.İnternational Journal Of Climatology, 23: 1313-1334.

GEBEYEHU, A., 1989. Regional Flood Frequency Analysis. The Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, Bulletin No. TRIVA-VBI-148.

GOOGLE EARTH Version 6.2, 2012.

Havza Koruma Eylem Planları - Seyhan Havzası, 2010. Tübitak Mam Çevre Enstitüsü (ÇE), Güncelleştirme Sayısı: 01, syf: 122 ve 124.

HOSKING, J.R.M., 1986. The Theory of Probability Weighted Moments. Research Rep. RC 12210, 160 pp., IBM Research Division, Yorktown Heights, NY.

HOSKING, J.R.M., 1990. L-Moments:Analysis and Estimation of Distributions Using Lineer Combinations of Order Statistics. J. Royal Statistical Society, 52(2): 105-124.

HOSKING, J,R.M., WALLIS, J.R., 1993. Some Statistics Useful in Regional Frequency Analysis.Water Resour. Res., 29(2):271-281, IBM Research Division,Yorktown Heights, New York.

HOSKING, J,R.M., WALLIS, J.R., 1997. Regional Frequency Analysis Analysis An Approach Based on L-Moments. Cambridge University Press,UK.

HOSKING, J.RM., 2000. FORTRAN Routines for Use with the Method of L-Moments.Version 3.03, (http://lib.stat.cmu.edu/general/lmoments).

HOUGHTON, J.C., 1978. Birt of a Parent: The Wakeby Distribution for Modelling Flood Flows. Water Resources Research, 14(6):1105-1109.

İLGAR, R., 2010. Çanakkale'de Kuraklık Durumu Ve Eğilimlerinin Standart Yağış İndisi İle Belirlenmesi. Marmara Coğrafya Dergisi, İstanbul,22:183-204.

KESKİN, F., ŞORMAN, A.Ü., 25-29 May 2010. Assesment of the Drought Pattern Change in Çamlıdere Basin Using SPİ. BALWOİS 2010,Ohrid,Republic of Macedonia.

KIYMAZ, S., GÜNEŞ, V., ASAR, M., 2011. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Seyfe Gölünün Kurak Dönemlerinin Belirlenmesi. GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi,28:91-102.

KÖMÜŞÇÜ, A.Ü. 2001. An Analysis of Recent Drought Conditions in Turkey in Relation to Circulation Patterns.

KÜÇÜKYAMAN, D., 2010. Kovada Gölü'nün Hidrolojik ve Meteorolojik Kuraklık Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

LANDWEHR, J.M., MATALAS, N.C. and WALLIS, J.R., 1979a. Probability Weighted Moments Compared with Some Traditional Techniques in Estimating Gumbel Parameters and Quantiles. Water Resources Research, 15(5): 1055-1064.

LANDWEHR, J.M., MATALAS, N.C. and WALLIS, J.R., 1979b. Estimation of Parameters and Quantiles of Wakeby Distributions. 1.Know Lover Bounds. Water Resources Research, 15(6): 1361-1372.

LANDWEHR, J.M., MATALAS, N.C. and WALLIS, J.R., 1979c. Estimation of Parameters and Quantiles of Wakeby Distributions. 1.UnKnow Lover Bounds. Water Resources Research, 15(6): 1373-1379.

LI, W., FU, R., JUAREZ, R.I.N., FERNANDES, K., 2008. Observed change of the standardized precipitation index, its potential cause and implications to future climate change in the Amazon region. Philosophical Transactions of The Royal Society, B, 363: 1767-1772.

McKEE, T. B., DOESKEN, N. J., and KLEIST, J., 1993. The Relationship of Droght Frequency and Duration to Time Scales. Reprints, 8th Conference on Applied Climatalogy, Anaheim, CA,USA, 179–184 p.

National Aeronautics and Space Administration (NASA) İnternet Sayfası, The Sunspot Cycle, (http://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml ve http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3/))

NORBIATO, D., BORGA, M., SANGATI, M., ZANON, F., 2007. Regional Frequency Analysis of Extreme Precipitation İn The Eastern İtalian Alps and The August 29, 2003 Flash Flood. Journal of Hydrology 345:149-166.

PAMUK, G., ÖZGÜREL, M., TOPÇUOĞLU, K., 2004. Standart Yağış İndeksi (SYİ) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41:99-106.

PARIDA, B.P., MOALAFHI, D.B., 2008. Regional Rainfall Frequency Analysis for Botswana Using L-Moments and Radial Basis Function Network. Physics and Chemistry of the Earth 33:614-620.

SAF, B., 2011. Batı Akdeniz Taşkın Tahminlerinde Homojnelik İrdelemesi. İMO Teknik Dergi,Yazı 360:5587-5611.

SEÇKİN, N., 2009. L Momentlere Dayalı Gösterge-Sel Metodu İle Bölgesel Taşkın Frekans Analizi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, Doktora Tezi, Adana.

Seyhan Havzası Küresel İklim Değişikliği Etkileri İzleme Sistemi İnternet Sayfası 2010. http://iklimcbs.cevreorman.gov.tr/altkatgor.aspx?id=105&lang=1

SIRDAŞ, S., 2002. Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

SPI SL 6.exe. 2012. National Drought Mitigation Center (NDMC), University of Nebraska, Lincoln.

ŞEN, Z., 2003. Su Bilimi ve Yöntemleri. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, syf : 265-285

ŞORMAN, A,Ü., 2004. Bölgesel Frekans Analizindeki Son Gelişmeler ve Batı Karadenizde Bir Uygulama. İMO Teknik Dergi,Yazı 212:3155-3169.

ŞORMAN, Ü. ve OKUR, A., 2000. L-momentler Tekniği Kullanılarak Noktasal ve Bölgesel Frekans Analizinin Uygulanması. İMO Teknik Dergi, 2199-2216.

TALLAKSEN C.Y., NGONGONDO, C. S., XU, L., ALEMAW, B., CHIRWA, T., 2011. Regional Frequency Analysis of Rainfall Extremes in Southern Malawi Using the İndex Rainfall and L-Moments Approaches. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, Volume 25 Number 7, 25:939-955.

THOM, H.C.S., 1958a. A Note on Gamma Distribution, Monthly Weather Review, 86(4): 117-122.

THOM, H.C.S., 1966b. Some Methods of Climatological Analysis, W.M.O. Technical Note, No 81, Geneva.

TONKAZ, T., ÇETİN, M., 2005. Şanlıurfa'da Kuraklık Şiddetinin Standardize Yağış İndeksi (SYİ) İle Belirlenmesi ve Kuraklık Gidiş Analizi. GAP IV. Tarım Kongresi, 21-23 Eylül, 1156-1163.

TUNA, H., MALKOÇ, F., YILMAZ, Ö., 13-15 Kasım 2009. Çoruh Havzasında SPİ ile Kuraklık Analizi ve Çevresel etkileri. FORUM 2009,Trabzon

TÜRKEŞ, M., 1999. Vulnerability of Turkey to Desertification with Respect to Recipitation and Aridity Conditions. Turkish Journal of Engineering and Environmental Science, 23:363-380.

WMO, 1989. Statistical Disrubitons For Flood Frequency Analysis.Operational Hydrology Report .No:33, World Meteorological Organizations ,No:718, Geneva, İsviçre.

YAĞCI, B., 2007. İklim Değişikliği ve Kuraklık Analizi. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanı.

YALTAY, N., 2006. Bitlis İli Ahlat İlçesi Kuraklık Risk Analizi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Aanabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Van.

YEĞNİDEMİR, M.K., 2005. İç Anadolu Bölgesinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi Metodu ile Kuraklık Analizi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale.

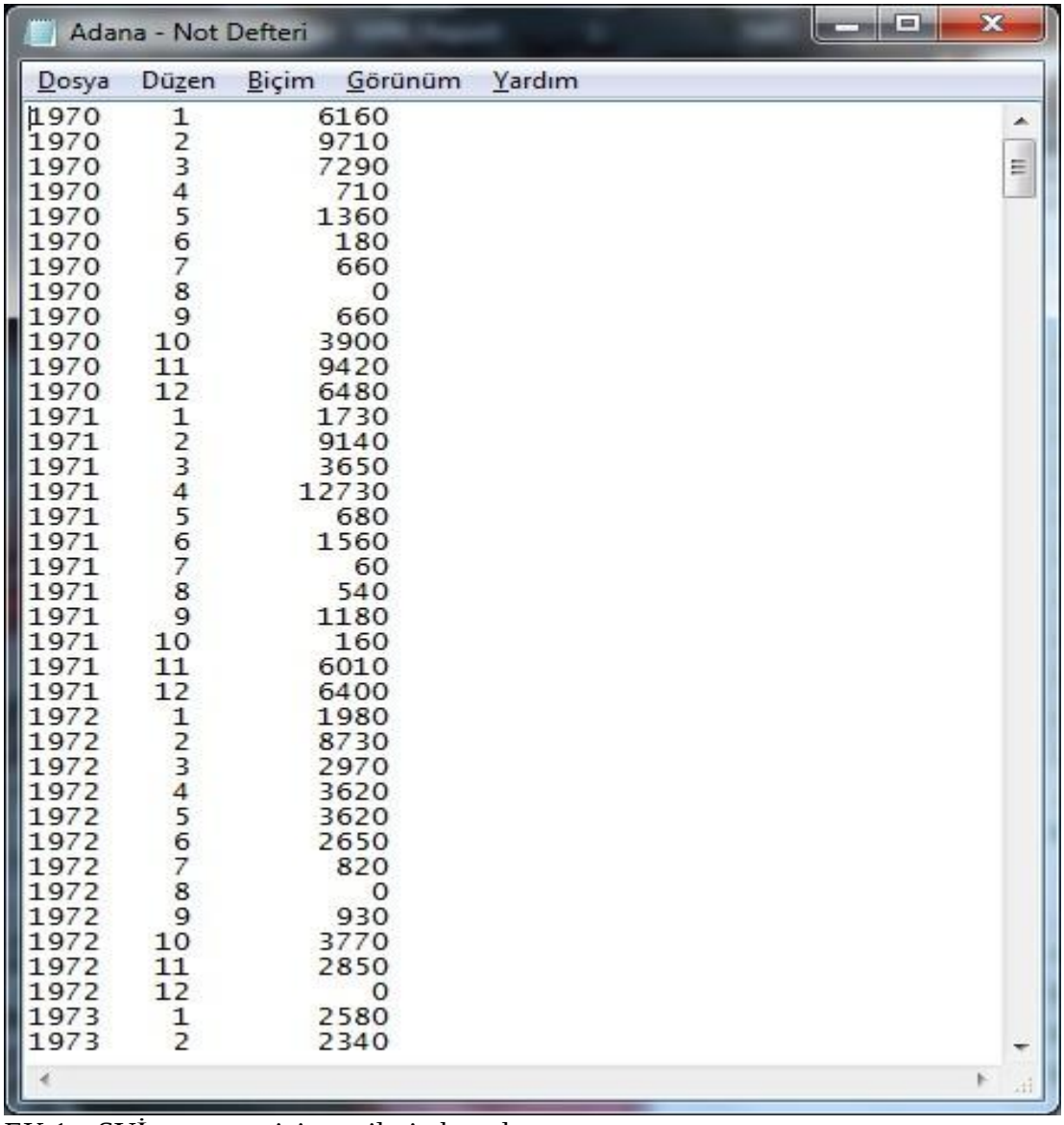
YÜREKLİ, K., KÖSE, Ö., HINIS, M.A., 2011. Yüzey Drenaja Neden Olan Yıllık Maksimum Yağmurların Bölgesel Frekans Analizi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4(2):27-30.

ZEYDANLI, U., TURAK, A., BİLGİN, C., KINIKOĞLU, Y., YALÇIN, S., DOĞAN, H., 2010. İklim Değişikliği ve Ormancılık:Modellerden Uygulamaya. Ankara, Doğa Koruma Merkezi.

ÖZGEÇMİŞ

25/10/1988 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladı. 2006 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği'nden 2010 yılında mezun oldu ve aynı yıl İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. 2012 yılı Ağustos ayında Özürlü Memur Seçme Sınavı ile Bolu Türkiye Kamu Hastaneleri Kurumu'na İnşaat Mühendisi olarak atandı. Aynı dönemde Kafkas Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı'na ÖYP araştırma görevlisi olarak atandı. ÖYP araştırma görevlisi olarak görevine devam etmektedir.

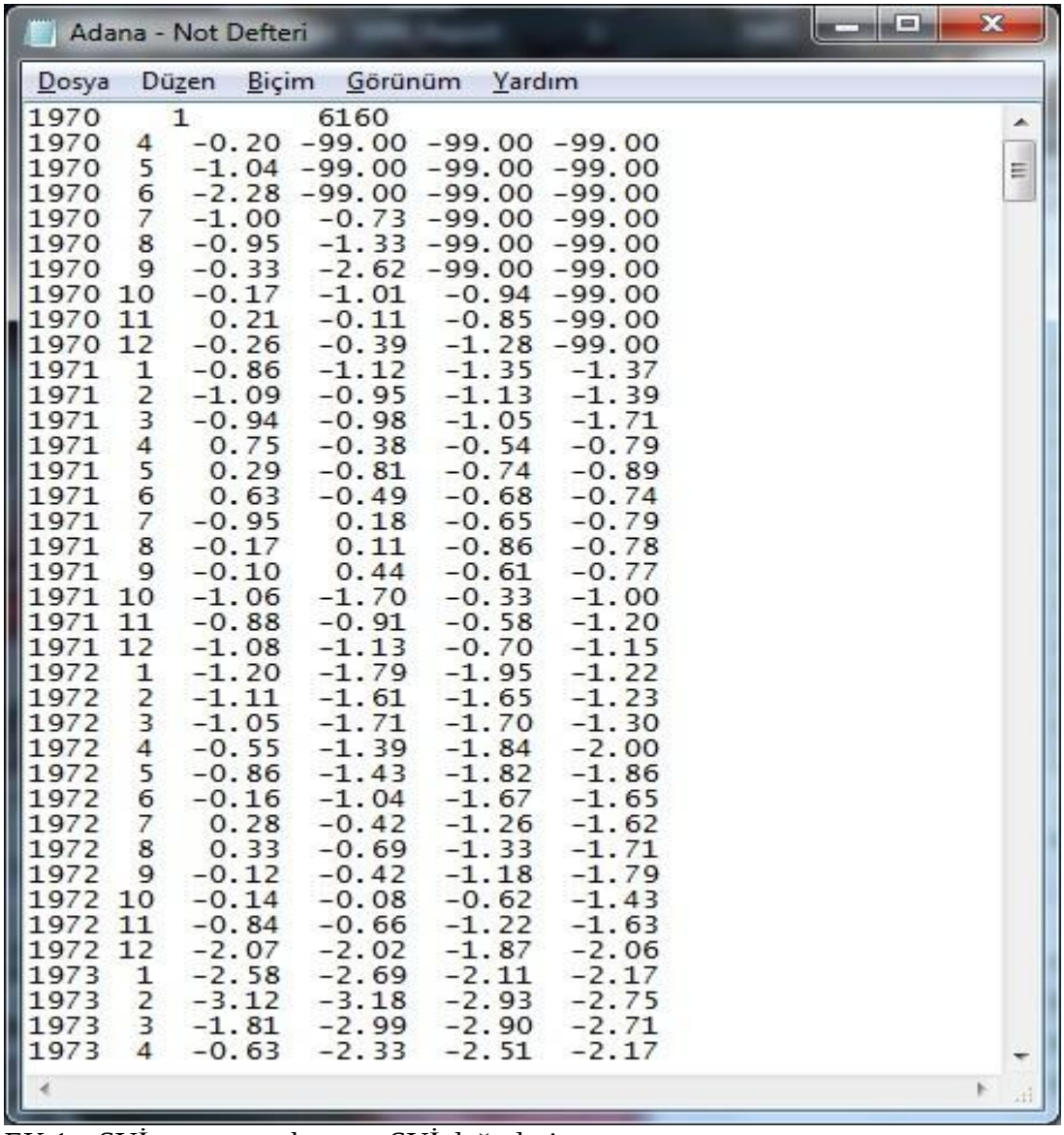
EKLER



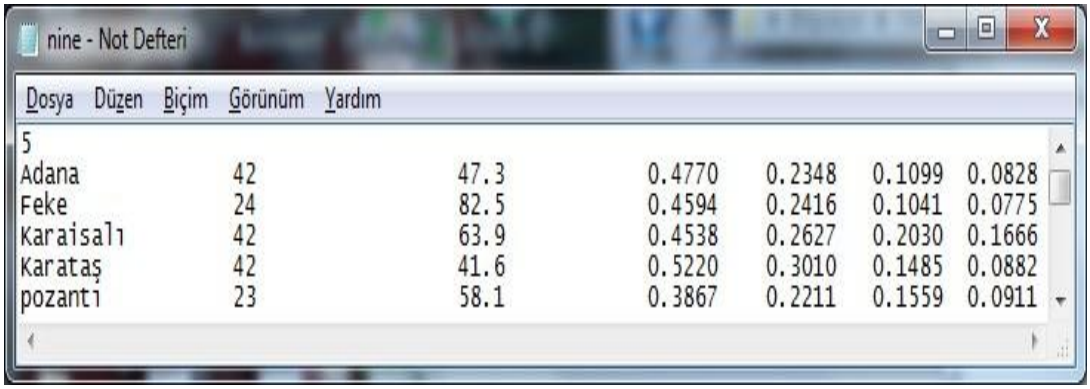
EK 1a. SYİ programı için verilerin hazırlanması



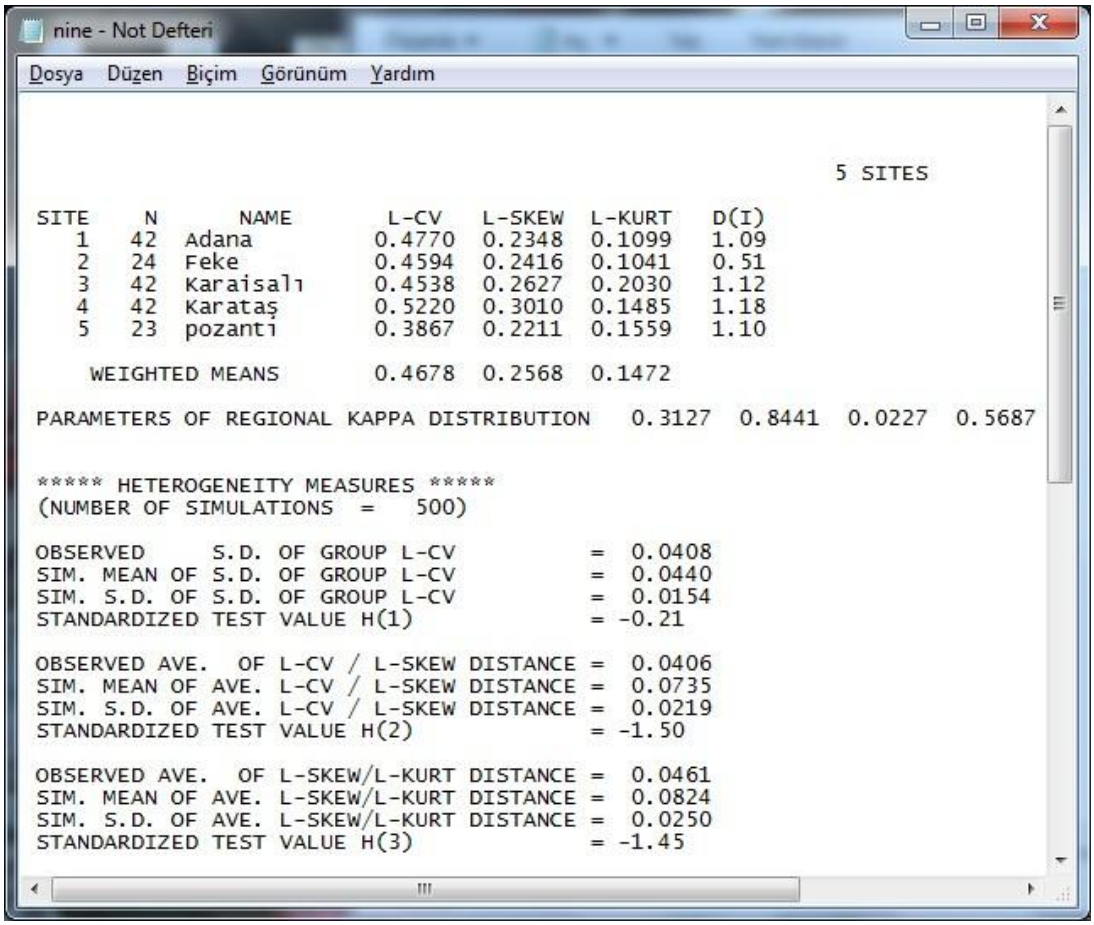
EK 1b. SYİ programının çalıştırılması



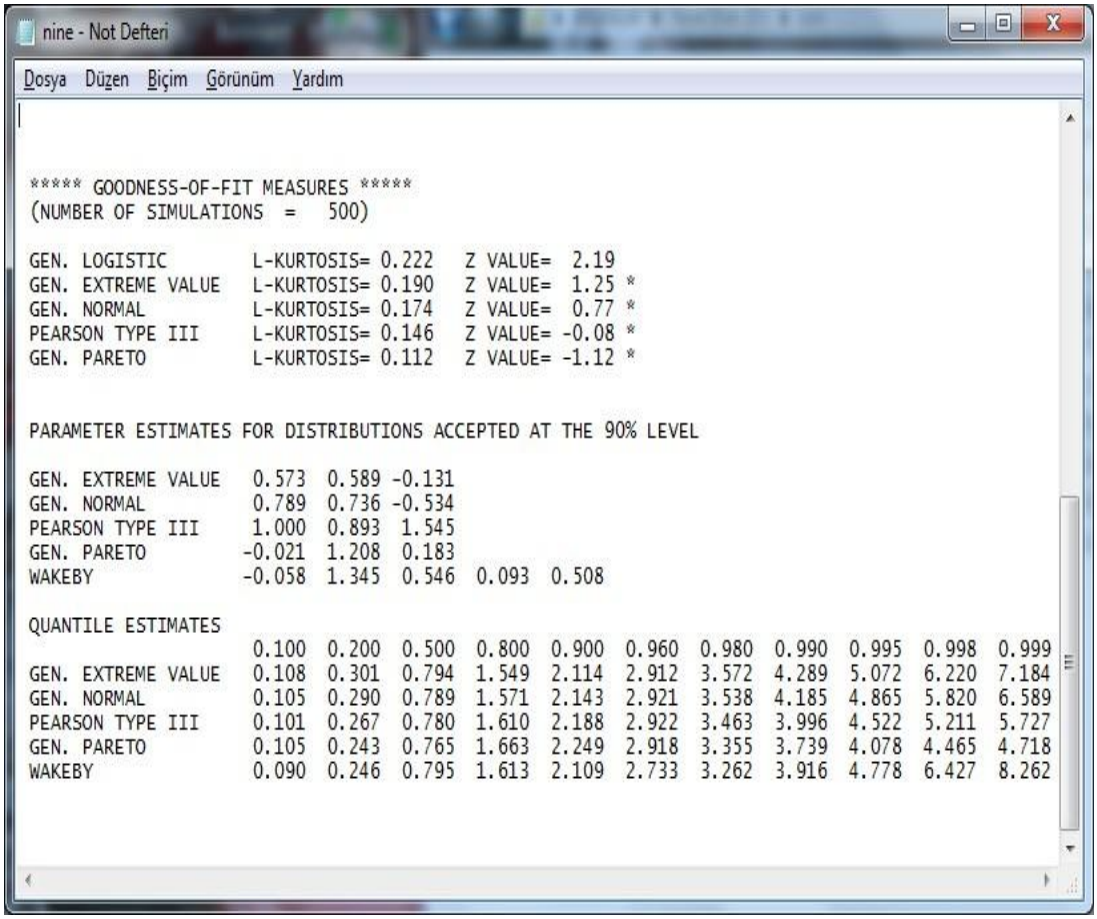
EK 1c. SYİ program çıktısı ve SYİ değerleri



EK 1d. Xtest program girdisi



EK 1e. Xtest program çıktısı



EK 1f. Xtest program çıktısının devamı