



**STANDARTLAŖTIRILMIŖ YAĐIŖ İNDEKSİ
(SYİ) İLE ERZURUM İLİNDEKİ KURAKLIK
TREND ANALİZİ**

Niamatullah QADİMİ

**Yüksek Lisans Tezi
İnŖaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Prof. Dr. ReŖat ACAR
2021
(Her hakkı saklıdır)**

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**STANDARTLAŞTIRILMIŞ YAĞIŞ İNDEKSİ (SYİ) İLE ERZURUM İLİNDEKİ
KURAKLIK TREND ANALİZİ**

(Droughts Trend Analysis with (SPI) Method in Erzurum Province)

Niamatullah QADİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Prof. Dr. Reşat ACAR

Erzurum
Eylül, 2021

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Niamatullah QADİMİ tarafından hazırlanan “**Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) ile Erzurum-İlindeki Kuraklık Trend Analizi**” başlıklı çalışması .09 / 30 / 2021 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından İnaşat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Hidrolik Bilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman:	Prof. Dr. Reşat ACAR <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Fatih TOSUNOĞLU <i>Erzurum Teknik üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Selim şENGÜL <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN
Enstitü Müdürü
Aslı Islak İmzalıdır

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Graduate School of Natural and
Applied Sciences

TEZ BENZERLİK ORANI BEYAN FORMU¹

Öğrencinin Adı ve Soyadı	Niamatullah QADİMİ
Öğrencinin Numarası	19041204003
Ana Bilim Dalı	İnşaat Mühendisliği
Bilim Dalı	Hidrolik
Öğrencinin Kayıtlı Olduğu Program Türü	Yüksek Lisans

Yukarıda bilgileri verilen tezin intihal tespit yazılımıyla (Turnitin) yapılan tarama sonucunda elde edilen benzerlik oranları aşağıdaki gibidir. Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	20	30
Kuramsal Temeller	24	30
Materyal ve Yöntem	11	35
Bulgular	16	20
Tartışma	0	20
Tezin Geneli	18	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Niamatullah QADİMİ	Prof. Dr. Reşat ACAR
20.10.2021	20.10.2021
İmza: aslı ıslak imzalıdır	İmza: aslı ıslak imzalıdır

¹ Bu form bilgisayar ortamında doldurulmalı, çıktısı imzalanıp Tez Savunması Jüri Öneri Formu'yla birlikte Ana Bilim Dalı Başkanlığı aracılığıyla ÜBYS üzerinden Enstitüye iletilmelidir.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Reşat ACAR 'ya, çalışmalarına çok katkıda bulunan Sayın Dr. Okan Mert KATIPOĞLU 'ya ve ders aşamasında Sayın Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK'a ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Selim ŞENGÜL'e, sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca tez savunma sınavıma katılarak, tezimin nihai haline görüş ve yorumlarıyla katkı sağlayan Sayın Doç. Dr. Fatih TOSUNOĞLU'na teşekkür ederim.

Öğretim boyunca ailem ve ülkemden uzaktayken beni teşvik eden ve bana her türlü yardımda bulunan değerli sınıf arkadaşlarıma ve güzel Türk halkına teşekkür ederim.

Son olarak, çok zor durumlarda bile beni bana bırakmayın, maddi ve manevi yardımlarına sağlayan fakir aileme, sıkıntılı şartlarda yaşayan değerli abilerime teşekkür ederim.

Niamatullah QADİMİ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

STANDARTLAŞTIRILMIŞ YAĞIŞ İNDEKSİ (SYİ) İLE ERZURUM-İLİNDEKİ KURAKLIK TREND ANALİZİ

Niamatullah QADİMİ

Danışman: Prof. Dr. Reşat ACAR

Amaç: Bu tezin amacı, Fırat havzasında bulunan Erzurum ilinde tekrar eden kuraklık olayının nedenleri olan yağıştaki eksikliği zaman ve mekâna bağlı olarak bu bölgelerde kuraklık riskini izlemek için Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yönteminin potansiyel kullanımını analiz etmektir. Esasen SYİ metodu ilk olarak kuraklık tespiti ve izlemesi için geliştirilmiştir. Buna karşın Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yönteminin özellikleri nedeniyle normalden daha nemli ve kurak periyotların izlenmesinde ve kuraklık riski altındaki alanların tespitinde kullanılabilir.

Yöntem: Çalışmanın ilk aşamasında Erzurum ilindeki (Erzurum Havalimanı, Horasan, İspir, Hınıs, Tortum) istasyonlarına ait 1966-2017 yılları arasındaki aylık toplam yağış verisinden ön işlemler yapılmış: tüm istasyonların tarihsel verilerin homojenlik testi ve uygun dağılım testleri yapılmıştır. Sonraki aşamada ise nemlilik ve kuraklık şiddetlerini ifade eden farklı zaman ölçeklerindeki (1, 3, 6, 9 ve 12 aylık) SYİ değerleri ayrı ayrı incelenip kuraklık karakteristikleri elde edilmiştir. En son aşamasında ise istasyonların Mann Kendall (MK), Spearman Rho ve Şen test ile aylık toplam yağış indekslerin trend ve eğim analizi beş farklı zaman ölçeği (SYİ-1, SYİ-3, SYİ-6, SYİ-9 ve SYİ-12 aylık) için yapılmıştır.

Bulgular: Bu çalışmada kuraklık analizinde ve kuraklığın izlenmesinde kullanılan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi ile Fırat havzasında bulunan Erzurum ilinde seçilen uzun süreli yağış gözlemlerine sahip 5 adet meteoroloji gözlem istasyonu verileri kullanılarak, çalışma alanı için kuraklığın alansal ve zamansal dağılımları analiz edilmiştir. Sonuçta tüm istasyonlarda yaklaşık 1980 ile 1984 ve 2010 ile 2015 arasında kuraklık tespit edilmiştir.

Sonuç: Standartlaştırılmış yağış indeksi gibi iyi ispat edilmiş bir indeksin kullanılması doğal afetin etkilerinin azaltılması için önleyici tedbirler alınmasında kuraklık olayının tehditlerin sürekli izlenmesinde kolaylık sağlar. Kuraklığın yüksek riski önleyebilmek için çalışma alanında kuraklık yönetim planının yapılması, olumsuz kuraklık etkilerinin azaltılması, erken uyarı ve önlemlerinin alınması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Aylık Yağış, Kuraklık Analizi Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ), Kuraklık Trend Analizi Mann-Kendall, Spearman' Rho.

Eylül, 2021, 88 Sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

DROUGHTS TREND ANALYSIS WITH SPI METHOD IN ERZURUM PROVINCE

Niamatullah QADİMİ

Advisor: Prof. Dr. Reşat ACAR

Purpose: The purpose of this thesis is to analyze the potential use of the SPI method to monitor the drought risk in these regions, depending on the time and place of the lack of rainfall, which is the causes of recurrent drought events in Erzurum province located in the Euphrates basin. In fact, the SPI method was first developed for drought detection and monitoring. On the other hand, due to the characteristics of the SPI method, it can be used to monitor wet and dry periods than normal and to identify areas under drought risk.

Method: At the stage of the study, preliminary procedures were carried out from the monthly total precipitation data of 5 major stations in Erzurum province “between” (1966-2017) the homogeneity test and appropriate distribution tests of the historical data of all stations were made. In the next stage, the SPI values in different time scales (1, 3, 6, 9 and 12 months) expressing the humidity and drought severity were examined separately and their properties were obtained. At the last stage, trend and slope analysis of total monthly precipitation index of 5 meteorologic stations in Erzurum province “between” (1966-2017) with two different methods (Mann-Kendall and Spearman's rho) for five different time scales (SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-9 and SPI-12 months) is carried out.

Findings: In this study, the spatial and temporal distributions of drought for the study area were analyzed by using the Standardized Precipitation Index (SPI) method, which is used in drought analysis and monitoring of drought, and the data of 5 meteorological observation stations with long-term precipitation observations selected in Erzurum in the Euphrates basin. As a result, droughts were detected at all stations between about 1980 and 1984 and between 2010 and 2015.

Results: The use of a well-proven index of standardized precipitation makes it easy to take preventive measures to reduce the effects of natural disasters and to monitor the threats of drought events continuously. In order to prevent the high risk of drought, it is recommended to make a drought management plan in the study area, to reduce the negative effects of drought, and to take early warning and precautions.

Keywords: Monthly precipitation, Drought Analysis SPI, Drought Trend Analysis Mann-Kendall, Spearman 'rho.

September 2021, 88 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
GİRİŞ.....	1
Literatür	3
KURAMSAL TEMELLER.....	9
En Uygun Dağılım.....	9
Dağılım fonksiyonları.....	9
Dağılım Uygunluk Testleri.....	9
Ki-kare dağılım uygunluk testi	10
Kolmogorov-Smirnov	11
Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ).....	11
Kuraklıkla ilgili karakteristikler	14
Trend (gidiş) Analizi	15
Mann Kendall test.....	15
Spearman rho testi	17
Şen yöntemi	17
MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
Çalışma alanı ve verileri	20
İstatistiksel İşlemler.....	22
Verilerin İstatistik Analizi	22
Yöntem	23
Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ).....	23
Mann Kendall test.....	23
Spearman Rho testi	23

Şen eğim testi.....	23
BULGULAR VE TARTIŞMALAR.....	24
Dağılım Uygunluk Testleri.....	24
Erzurum istasyonu	26
Erzurum istasyonun karakteristikleri	28
Horasan istasyonu	31
Horasan istasyonun karakteristikleri.....	33
Tortum istasyonu	36
Tortum istasyonun karakteristikleri	39
Hıms istasyonu.....	42
Hıms istasyonun karakteristikleri	44
İspir istasyonu	47
İspir istasyonun karakteristikleri.....	50
Mann Kendall testi.....	53
Spearman Rho test	56
Şen Eğim test	59
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR	63
EKLER	67
EK-1. Mann Kendall Test Grafikleri	67
EK-2. Spearman Rho Test Grafikleri	71
ÖZGEÇMİŞ	75

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. SYİ Değerlerinin Kuraklık Kategorileri	14
Tablo 2. Çalışmada Kullanılan Yağış Gözlem İstasyonları (1966-2017 Yılları Arası).....	20
Tablo 3. İstasyonların Tanımlayıcı İstatistikleri	22
Tablo 4. İstasyonların En Uygun Dağılım Testlerin Sonuçları	24
Tablo 5. Erzurum İstasyonunun Dönemsel SYİ' ye Göre Dönemlerin Karakteristikleri.....	29
Tablo 6. Horasan İstasyonunun Dönemsel SYİ' ye Göre Dönemlerin Karakteristikleri	34
Tablo 7. Tortum İstasyonunun Dönemsel SYİ' ye Göre Dönemlerin Karakteristikleri.....	40
Tablo 8. Hınıs İstasyonunun Dönemsel SYİ' ye Göre Dönemlerin Karakteristikleri	45
Tablo 9. İspir İstasyonunun Dönemsel SYİ' ye Göre Dönemlerin Karakteristikleri	51
Tablo 10. Mann-Kendall Test %10 ve %5 Anlamlılık Düzey Sonuçları	54
Tablo 11. Spearman-Rho Testin %10 ve %5 Anlamlılık Düzey Sonuçları.....	57
Tablo 12. Şen Test Sonuçları	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Farklı kuraklık türleri arasındaki ilişki (Okan Mert Katipoğlu,2021).....	3
Şekil 2. Kurak ve yağışlı dönem gösteren grafik	15
Şekil 3. Yenilikçi Şen Yöntemi grafiği	18
Şekil 4. Yağış istasyonunun haritası.....	21
Şekil 5. Fırat havzanının haritası (Okan Mert Katipoğlu, 2020).....	21
Şekil 6. Erzurum istasyonu SYİ-1 değeri zamansal dağılımı.....	26
Şekil 7. Erzurum istasyonu SYİ-3 değeri zamansal dağılımı.....	26
Şekil 8. Erzurum istasyonu SYİ-6 değeri zamansal dağılımı.....	27
Şekil 9. Erzurum istasyonu SYİ-9 değeri zamansal dağılımı.....	27
Şekil 10. Erzurum istasyonu SYİ-12 değeri zamansal dağılımı.....	28
Şekil 11. Erzurum istasyonu SYİ' ye göre kuraklık ve yağışlı dönemler dağılımı.....	30
Şekil 12. Erzurum istasyonu SYİ' ye göre kurak dönemlerin oluşma yüzdeleri	30
Şekil 13. Erzurum istasyonu SYİ' ye göre yağışlı dönemlerin oluşma yüzdeleri.....	31
Şekil 14. Horasan istasyonu SYİ-1 değeri zamansal dağılımı	31
Şekil 15. Horasan istasyonu SYİ-3 değeri zamansal dağılımı	32
Şekil 16. Horasan istasyonu SYİ-6 değeri zamansal dağılımı	32
Şekil 17. Horasan istasyonu SYİ-9 değeri zamansal dağılımı	33
Şekil 18. Horasan istasyonu SYİ-12 değeri zamansal dağılımı	33
Şekil 19. Horasan istasyonu SYİ' ye göre kuraklık ve yağışlı dönemler dağılımı	35
Şekil 20. Horasan istasyonu SYİ' ye göre kurak dönemlerin oluşma yüzdeleri.....	36
Şekil 21. Horasan istasyonu SYİ' ye göre yağışlı dönemlerin oluşma yüzdeleri	36
Şekil 22. Tortum istasyonu SYİ-1 değeri zamansal dağılımı.....	37
Şekil 23. Tortum istasyonu SYİ-3 değeri zamansal dağılımı.....	37
Şekil 24. Tortum istasyonu SYİ-6 değeri zamansal dağılımı.....	38
Şekil 25. Tortum istasyonu SYİ-9 değeri zamansal dağılımı.....	38
Şekil 26. Tortum istasyonu SYİ-12 değeri zamansal dağılımı.....	39
Şekil 27. Tortum istasyonu SYİ' ye göre kuraklık ve yağışlı dönemlerin dağılımı.....	41
Şekil 28. Tortum istasyonu SYİ' ye göre kurak dönemlerin oluşma yüzdeleri	41
Şekil 29. Tortum istasyonu SYİ' ye göre yağışlı dönemlerin oluşma yüzdeleri.....	42
Şekil 30. Hınıs istasyonu SYİ-1 değeri zamansal dağılımı	42
Şekil 31. Hınıs istasyonu SYİ-3 değeri zamansal dağılımı	43
Şekil 32. Hınıs istasyonu SYİ-6 değeri zamansal dağılımı	43

Şekil 33. Hınıs istasyonu SYİ-9 değeri zamansal dağılımı	44
Şekil 34. Hınıs istasyonu SYİ-12 değeri zamansal dağılımı	44
Şekil 35. Hınıs istasyonu SYİ' ye göre kuraklık ve yağışlı dönemlerin dağılımı	46
Şekil 36. Hınıs istasyonu SYİ' ye göre kurak dönemlerin oluşma yüzdeleri	47
Şekil 37. Hınıs istasyonu SYİ' ye göre yağışlı dönemlerin oluşma yüzdeleri	47
Şekil 38. İspir istasyonu SYİ-1 değeri zamansal dağılımı	48
Şekil 39. İspir istasyonu SYİ-3 değeri zamansal dağılımı	48
Şekil 40. İspir istasyonu SYİ-6 değeri zamansal dağılımı	49
Şekil 41. İspir istasyonu SYİ-9 değeri zamansal dağılımı	49
Şekil 42. İspir istasyonu SYİ-12 değeri zamansal dağılımı	50
Şekil 43. İspir istasyonu SYİ' ye göre kuraklık ve yağışlı dönemlerin dağılımı	52
Şekil 44. İspir istasyonu SYİ' ye göre kurak dönemlerin oluşma yüzdeleri	52
Şekil 45. İspir istasyonu SYİ' ye göre yağışlı dönemlerin oluşma yüzdeleri	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AK	Aşırı Kuraklık
AY	Aşırı Yağışlı
GED	Genelleşmiş Ekstrem Değer
H_0	Sıfır hipotezi
HK	Hafif Kuraklık
HY	Hafif Yağışlı
MK	Mann-Kendall
n	Gözlemleri sayısı
OK	Ortalama Kuraklık
OY	Ortalama Yağışlı
SYİ	Standart Yağış İndeksi
ŞK	Şiddetli Kuraklık
ŞY	Şiddetli Yağışlı
T_0	Test istatistiği
α	Şekil parametresi
β	Ölçek parametresi
μ ve \bar{x}	Ortalama
χ	Ki-kare (Chi-Square)
σ	Standart sapma
*	Bir teste göre uygun, trend 0,1 anlamlılık düzeyinde önemli
**	İki teste göre uygun, trend 0,1 ve 0,05 anlamlılık düzeyinde önemli
***	Bir teste göre uygun

GİRİŞ

Kuraklık, geniş bir alan ve belirli bir zaman aralığında su kullanımının önemli miktarda azalmasını karakterize eden doğal bir olay olarak tanımlanmaktadır. Dünyanın değişik bölgelerinde ortaya çıkan kuraklık, ekonomik faaliyetleri, insan yaşamı ve çeşitli çevresel faktörlere etki etmektedir. Küresel hidrolojik çevrimin çok karmaşık olması nedeni ile kuraklığın kökenini tam olarak belirlemek zor ve mümkün olmamaktadır. Kuraklık ile ilgili en büyük problemlerden biri, kurak dönem süresi boyunca yağış eksikliğinin yeraltı suları, su rezervuarları, toprak nemi, kar kütleleri ve yüzeysel akış gibi kavramlar farklı su kaynaklarına nasıl etki ettiği. Yağışların başlangıcındaki gecikmeler, yağış süre ilişkisi, yağışların yoğunluk ve şiddetleri kuraklık üzerine etki eden faktörler arasında yer alır. Yüksek sıcaklık, rüzgâr ve düşük nem miktarı gibi diğer değişkenler de birçok bölgede kuraklık üzerine etki göstermektedir.

İnsanların kuraklığı yalnızca fiziksel bir olay veya bir doğa olayı olarak değerlendirmemesi gerekmektedir. Kuraklığın insan ve faaliyetlerinin su kaynaklarına olan bağımlılığından dolayı toplum üzerinde bir etkileri olur. Bu etkileri, çevresel üretimde azalma, yetersiz beslenme, kuraklık etkiler sonunda kıtlık, açlık ve ölümlere neden olabildiğinden çok önemli sorunların yaşanmasına neden olabilir. Dünya'nın nüfusunu artması, kentleşme, iklim değişikliği, ormanlardaki tahribatlar, çölleşme neticesinde kuraklık toplum çevre ve değişik ülkeleri tehdit edebilme risk boyutlarına ulaşmaktadır. Çeşitli sebeplerden dolayı dünyamızın ısınması sonucunda iklimlerde açık farklılıklar kendini göstermiş ve dünyada farklı iklimsel olaylar oluşmaya başlamıştır.

Çok yavaşça gelişen belirli bir zamanda oluşan kuraklık olayının süresi uzadıkça riski uzanır, sonuçta çok tehlikeli boyutlara ulaşmış olur. Kuraklık, nehirlerde suyun azalması veya hiç bulunmaması durumunda yabani hayvanların yaşam ve hayatının tehlikeye düşmesi ve doğanın dengesinin bozulmasına yol açan doğal bir afettir. Kuraklığın başlangıç ve bitişinin belirsiz oluşu, birikimli olarak artması, aynı zamanda birden fazla kaynağa etkisi ve ekonomik boyutunun yüksek olması onu diğer doğal felaketlerden ayıran çok önemli özelliklerdir. Kuraklık diğer büyük doğal afetlerden farklı olarak, birçok oluşum nedenine aynı zamanda sahip olabilir. Kuraklığının hem doğal hem de yapay nedenleri olabilir. Aynı nedenler hiç kuşkusuz kuraklığın engellenmesinde veya şiddetinin azalmasında da etkisi olur. Bundan dolayı kuraklığın nedenlerini, doğal ve insan kaynaklı olmak üzere iki grupta toplayabiliriz. Doğal nedenler iklim koşulları, erozyon ve fiziki coğrafi faktörler dahil olmak üzere, insan

kaynaklı faktörlerin başında ise kaynakların dikkatsiz kullanımı, küresel ısınma, çoğu zamanda ormanlarda yangınlar, insanların bilinçsizliklerinden kaynaklanan çevre kirliliği ve tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı sayılabilir. Suyun kullanım durumuna ve değişkenin seçimine bağlı olarak kuraklık, meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık ve bu üç kuraklık tipinin etkileyeceği sosyo ekonomik kuraklık olarak sınıflandırılır (Yacoub,2016).

Meteorolojik kuraklık: Herhangi bir alanda normalden %25'ten fazla yağışın azaldığı yerde yağış eksikliği anlamına gelir. Bunlar bölgeye özgüdür çünkü yağış bölgeden bölgeye oldukça değişkendir (Mishra, 2005).

Hidrolojik kuraklık: Bunlar yağıştaki eksiklik nedeniyle yüzeyde veya yer altında su eksikliği ile ilişkilidir. Her ne kadar tüm kuraklıkların kaynağı yağıştaki düşüklükten kaynaklansa da hidrolojik kuraklık esas olarak bu eksikliğin hidrolojik sistemin bileşenlerine ve rezervuar seviyelerini nasıl etkilediğiyle ilgilidir, toprak nemi, akarsu akışı, yeraltı suyu gibi vb. (Singh *et al.*).

Tarımsal kuraklık: Çeşitli meteorolojik veya hidrolojik özellikleri birbirine bağlar, yağışın azalışına odaklanan tarımsal kuraklık, gerçek potansiyel buharlaşma-terleme, toprak, toprak suyu açıkları ve azalan yer altı suyu veya rezervuar seviyeleri, bitkinin su talebi, hüküm süren hava şartlarına, bitkilerin biyolojik özelliklerine bağlıdır (Traore, 2016).

Sosyo ekonomik kuraklık: Meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık unsurlarla birlikte. Ekonomik malların arz ve talep yönü ile ilişkilidir, meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık unsurlarla birlikte. Bu çeşit kuraklık esas olarak bir ekonomik mala olan talep, hava koşulları nedeniyle arzını aştığında ortaya çıkarak ilgili su arzında eksiklik göstermiş olur. Şekil 1, farklı kuraklık türleri arasındaki ilişkiyi ve bunların sürelerini göstermektedir: meteorolojik kuraklık, hidrolojik kuraklık, tarımsal kuraklık ve sosyo ekonomik kuraklık.



Şekil 1. Farklı kuraklık türleri arasındaki ilişki (Okan Mert Katipoğlu,2021)

Literatür

Cai *et al.* (2020) çalışmalarında, Çin'in Sincan bölgesinde 1960~2016 yılları arasında 53 meteoroloji istasyonunda yağış ve kuraklığın zamansal ve mekânsal özellikleri analiz edilmiştir. Mekânsal ve zamansal kalıpları araştırmak için yağışla ilgili dört indeks (Yağış Konsantrasyon Derecesi (YKD), Yağış Konsantrasyon Periyodu (YKP), Standart Yağış İndeksi (SYİ) ve normalin yüzdesi (NY)) yöntemleri kullanılmıştır. Sincan'ın tamamı için SYİ artan yönlü bir gelişme göstermiş olup, kuraklıktan sele doğru belirgin bir trend gösteren eğilim tespit etmişlerdir. Bunun nedeni küresel yağış eğiliminde değişim olduğu ispat etmişlerdir.

Najeebullah *et al.* (2020) Standartlaştırılmış Yağış İndeksini kullanan çalışmalarında; Bangladeş'teki mevsimsel kuraklıkların şiddet-alan frekansı (ŞAF) ilişki eğrisindeki değişiklikleri değerlendirmiştir. Dört iklim mevsimi için hafif, orta, şiddetli ve aşırı kuraklık için değişiklikler tahmin edilmiştir. Bu çalışma için geliştirilen ŞAF ilişki eğrileri 1961~2005 arası kuraklıktan etkilenen bölgelerin yüzdesinin hem mevsimler hem de şiddet kategorileri arasında farklılık göstermiştir. Bangladeş için orta şiddette kuraklık kaydedilmiş şiddetli kategoriler geniş alanları etkilemiş olup yüksek bir sıklığa sahiptir. Ancak, hafif kuraklığının daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Dubrovski *et al.* (2009), uygulamadan önce kalibre ettikleri bağıl SYİ'yi tanıtmak için bir referans veri seti kullanmıştır. Referans olarak onaylanan veri seti; istasyonlar arası karşılaştırma veya iklim değişikliğinin etkilerinin değerlendirilmesi için biri başka bir istasyondan diğeri farklı bir zaman diliminden olmak üzere iki yol kullanılarak elde edilebilir. Çalışmanın ilk bölümünde SYİ'nin orijinal ve göreceli versiyonları ile Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PKŞİ) arasındaki ilişki araştırılmış; ikincisinde, Çek Cumhuriyeti'ndeki 45 istasyonun bağıl kuraklık endeksleri ve mevcut 1961~2000 durumu ile gelecekteki 2000~2009 kuraklık koşulları değerlendirilmiştir. Gelecekteki veri toplama, iklim değişikliğinin (GCM) etkisini araştırmak için Küresel İklim Modellerindeki beş alternatif senaryoya dayalı olarak üretilmiştir. Bu çalışmaya göre, PKŞİ, iklim değişikliğinin ve gelecekteki kuraklıkların olası etkilerini değerlendirmede daha doğru ve uygun olması tespit edilmiştir (All Bhuyan *et al.*2012).

Huang *et al.* (2021). Çalışma alanı, Xinjiang Uygur Özerk Bölgesi'nin tamamını, Gansu eyaletindeki Hexi Koridoru, Qilian Dağları, İç Moğolistan'daki Alxa Platosu ve Batı Ningxia Eyaletinin küçük bir bölümünü kapsamakta olup, bölgenin arazi alanının yaklaşık dörtte birini oluşturmaktadır. Materyal olarak 1950~2012 yıllar arası yağış değerleri kullanarak, SYİ ve SYEİ, 1, 3, 6, 12 ve 24 aylık tipik değerlerle farklı aylık ölçeklerde hesaplanabilir. Bu çalışmada, esas olarak kuraklıktaki yıllık ve on yıllar arası değişimleri analiz etmişlerdi, bu nedenle kuraklık değişimlerini çoklu kuraklık indeksleri kullanarak analiz etmek için birleştirilmiş SYİ ve SYEİ için 12 aylık bir zaman ölçeği seçilmiştir.

Meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık Keyantash ve Dracup (2002) tarafından yapılan çalışmada iyi bilinen 14 kuraklık indeksi yaklaşımı incelenmiştir, Kuraklık hassasiyeti, izlenebilirlik, şeffaflık ve gelişmişlik, çok çeşitli uygulanabilirlik ve boyutsallık özelliklerden oluşan ağırlıklı kriterler çerçevesi oluşturulmuştur. Barua ve ark, (2011) bu değerlendirme kriter sistemini boyutluluk parametresini kullanmadan Avustralya'da kuraklıktan muzdarip bir havzaya uygulayarak, 4 farklı kuraklık indeks metotları geçmişteki kuraklıkları ne ölçüde modelleyebildiğini incelenmiştir (Seiler *et al.*2002).

Pandya *et al.* (2020)'de Hindistan'ın Gujarat Eyaletinde yer alan Junagadh bölgenin kuraklık analizi edilmesi için 1966~2012 yıllar arasında sürekli ölçülen aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Bu çalışmada Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi kullanarak, 1966,1991,2000 ve 2012 yıllarda ortalama kuraklık ve 1987' da şiddetli kuraklık tespit edilmiştir.

Pashiardis ve Michaelides (2008)'de Kıbrıs adasındaki kuraklık Analizlerinde SYİ ve Keşif Kuraklık İndeksi (KKİ) kullanmışlardır. Bunların her ikisi de indeks, kuraklık çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılabileceğini gösterilmiştir. Kıbrıs adasında 1971~2008 yılları arasında önemli dokuz kuraklık olayının meydana geldiğini gözlemlenmiştir. Özellikle 2007~2008 yıllarında meydana gelen yağmurun, uzun yıllar yıllık ortalama yağışın yarısı kadar olduğunu bildirmişlerdir. Bunun bir sonucu olarak 2008 yılında barajlar neredeyse bos kalmış ve bunun üzerine yetkilileri bazı tedbirler almak zorunda kalmaktadır.

Junqueira *et al.* (2020)'de tez çalışmasında, Brezilya'nın Kuzey, Orta-Batı ve Kuzeydoğu bölgelerinde Tocantins, Goias, Maranhão, Para ve Distrito Federal illerine kapsadığı Araguaia Nehrinin birleştiği yerin hemen yukarısında, TRB'de yürütülmüştür. Havzanın içinden ve çevresinden Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) hesaplaması için 113 yağmur ölçer alanı kullanılmıştır. Veriler ANA ve Brezilya Ulusal Meteoroloji Enstitüsü'nden 30 yıllık kesintisiz aylık verileri 1987' den 2017' ye kadar ele alarak kuraklık analizi yapmıştır. Son 30 yılların en şiddetli meteorolojik kuraklıkları 1997/98, 2015/16 ve 2016/17 yıllarda olduğu ve hidrolojik kuraklık ise 2015/16' da neredeyse tüm havzayı kapladığı tespit etmiştir.

Mishra ve Nagarajan (2012) yapay sinir ağlarını kullanarak Hindistan'ın Odisha Havzasındaki birkaç istasyonun tahmini SYİ değerlerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Giriş parametreleri olarak yağış öncesi elde edilen indeks değeri ve olası buharlaşma değerleri kullanılmıştır. SYİ değerlerini tahmin etmek için 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman dilimlerini kullanmanın, elde edilen sonuç 3 ve 12 aylık zaman dilimlerini kullanmaktan daha güvenilir olduğunu iddia edilmiştir.

Arif (2020)'da yüksek lisans tezinde; Van Gölü Havzası bölgesinde bulunan 14 meteoroloji istasyonundan 50 yıl boyunca 1968-2018 sürekli gözlemlenen veriler kullanılarak havza için kuraklık analizi hesaplanmıştır. Bu çalışma için dört alternatif kuraklık analiz yöntemi belirlenmiş ve bu yöntemlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca, havza istasyonlarının yağış ve sıcaklık verilerinde zaman içinde meydana gelen değişiklikleri değerlendirmek için üç farklı eğilim analizi yaklaşımı kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Samet (2021)'de Meteorolojik kuraklık analiz amacıyla Gediz Nehri Alaşehir alt havzasında yer alan Sarıgöl, Buldan, Buldan Barajı, Doğanlar, Alaşehir, Dindarlı, Salihli,

Eşmetaş ve Bozdağ MGI'lerde gözlemlenen tarihi aylık toplam yağış değerleri kullanılmıştır. Alaşehir alt havzasının yıllık, mevsimlik ve aylık dönemlerdeki meteorolojik kuraklıklarının belirlenmesinde, yağış verilerini kullanarak hesaplayan SYİ, Normal Yüzdesi (NY), ondalık (OI), Çin Z İndeksi (ÇZİ), Yağış Anomali İndeksi (YAI) ve Z-Score indis yöntemleri kullanılmıştır.

Akar ve ark. (2015)'te Yozgat ili Sorgun ilçesi sınırları içerisinde yer alan 13 km² yüzölçümüne sahip İki Kara Havza'da 1990~2004 su yılları arasında meydana gelen yağışlar Akar ve arkadaşlar tarafından kuraklık açısından analiz edilmiştir. Havza için kuru dönemler, Modifiye Fournier İndeksi (Fİ), Bagnouls Gausson Kuraklık İndeksi (BGİ), Erozivite İndeksi (Eİ) ve Standardize Yağış İndeksi (SYİ) metodolojileri kullanılarak hesaplanmıştır. Havzanın kuru ve nemli yıllarından elde edilen meteorolojik veriler kullanılarak akışlardaki dalgalanmalar da incelenmiştir. Değerlendirilen göstergeler havza akıları dikkate alınarak birbirleriyle karşılaştırılmıştır, İncelenen indeksler arasında yer alan Bagnouls ~ Gausson İndeksi dışındaki diğer indeksler hidrolojik kuraklığın meteorolojik kuraklıktan kaynaklandığını belirtmiştir.

Yüce ve ark. (2019)'de Kahramanmaraş ve Osmaniye meteoroloji istasyonlarının yıllık toplam yağış, yıllık maksimum yağış, yoğunluğu ve süresi ile yıllık maksimum yağış azalışı ve süre özelliklerine ilişkin bir trend çalışması Yüce ve arkadaşlar tarafından yapılmıştır. Bu özellikleri hesaplamak için Standardize Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi kullanılmıştır. Veri homojenliğini değerlendirmek için Run testi ve Wallis~Moore yöntemi, trend analiz etmek için Mann-Kendall ve Spearman's Rho testleri kullanılmıştır. Trendin eğimini belirlemek için regresyon ve Sen'in eğim prosedürleri kullanılmıştır. Trendin başlangıç noktasını bulmak için Standart Normal Homojenlik (SNHT), Pettitt ve Buishand oranı testleri kullanılmıştır. Osmaniye istasyonunda yıllık toplam yağış artarken, Kahramanmaraş istasyonunda böyle bir eğilim yok, Osmaniye istasyonunda yıllık maksimum yağış şiddeti ve süresi yüzde 95 güven aralığında artış eğilimi göstermiştir.

Kumanlıoğlu ve Fıstıkoğlu (2019), Ege Bölgesi'nde bulunan Yukarı Gediz Havzasında 1960-2017 yılları arasında ölçülen sürekli tarihi serinin aylık toplam yağış miktarlarını kullanarak meteorolojik kuraklıklar araştırılmıştır. Araştırma sonucunda son dönemlerde yaşanan kuraklıkların şiddetlerinin ve sürelerinde artan trend olduğunu ortaya koymuştur.

Kumanlıoğlu (2020), araştırmasında Gediz Nehri Demir köprü barajı besleyen alt havzaların meteorolojik ve hidrolojik kuraklık analiz amacıyla gözlemlenen değeri ele alarak karakterizasyonunu incelemiştir. Araştırma sonucunda bölgede meydana gelen kuraklıkların

2000 yılından sonraki dönemlerinde evapotranspirasyon kayıplarının daha fazla olduğunu göstermiştir.

Mustafa Semih (2019)' de tez çalışmasında; Türkiye'nin doğu ve güneydoğusunda yer alan, Ortadoğu coğrafyasında önemli su kaynaklarını içinde barındıran ve sınır aşan sular kapsamına giren Fırat Nehrinin havzasında yer alan on altı (16) akım gözlem istasyonuna ait akım sürekli verileri kullanılarak hidrolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Hidrolojik kuraklığın belirlemek için Akım Kuraklık İndeksi (AKİ) metot kullanılmıştır. Sürekli aylık akım verileri kullanılarak 1, 3, 6 ve 12 aylık Akım Kuraklık İndeksi (AKİ) değerleri ile Fırat havzasının kuraklık analizi yapılmış ve istasyon bazlı olarak detaylı bir şekilde araştırılmıştır.

Dinç *et al.* (2016), meteorolojik kuraklık analizi yapmak için 1970~2014 yılları arasında Antalya'daki sekiz meteoroloji istasyonundan alınan Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemini ve yağış verilerini kullanmıştır. Çalışmada 3, 6, 12 ve 24 aylık periyotlarda uzun süreli yağış değerlerinin araştırılmasında SYİ yöntemi kullanılmış olup analiz edilen SYİ değerlerinde düşüş olmadığı ve SYİ değerlerinin normale yakın kurak 0,99 ~-0,99 eğiliminde olduğu hesaplanmıştır. Mevsimsellik analizine göre Antalya bölgesinde genel olarak yaz aylarında olduğu gibi kış aylarında da kuraklık meydana gelebilmektedir.

Bacanl ve Karg (2019), 1969~2015 yılları arasında Bursa il sınırları içerisinde yer alan ve uzun dönem yağış verileri sağlayan Bursa, İznik, Keleş, Mustafa Kemal Paşa ve Uludağ istasyonları araştırmıştır. Ayrıca yağış verilerinde bir eğilim olup olmadığını görmek için doğrusal regresyon analizini kullanmışlardır. Kuraklık çalışması 1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık periyotlarda, Türkiye'de ve dünyada en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri olan Standardize Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aralık ayında İznik, Keleş ve Uludağ istasyonları azalma eğilimi gösterirken, Bursa'nın istasyonunun ekim ayında düşmeye başladığı öğrenilmiştir. Standardize Yağış İndeksi (SYİ) analizinde istasyonların kuru, normal ve ıslak dönem oranları benzerdi, Normal veya orta dereceli kuraklıklar ise kısa süreli (3~6 ay) Aralıklarla daha sık görülürken, uzun süreli (12~24~48) aylar dönemlerde şiddetli ve çok şiddetli kuraklıklar görülmüştür.

Mete (2020)' da doktora tez çalışmasında; Türkiye'de yer alan yağış gözlem istasyonundan elde edilen sürekli ölçülmüş aylık toplam yağış verileri kullanılarak, Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi ile (1, 3, 6, 12, 24) ay meteorolojik kuraklığı, akım gözlem istasyonundan elde edilen sürekli ölçülmüş aylık ortalama akım verileri kullanılarak akım kuraklık indeksi yöntemi (3, 6, 12) ay ile hidrolojik kuraklığı incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara Markov zinciri metot uygulanmış ve kurak olayının olma olasılıkları hesaplanarak meteorolojik kuraklık haritaları oluşturulmuştur.

Fatih TOSUNOĞLU 2016, yılında yaptığı bir çalışmada Mann-Kendall (MK), modifiye Mann-Kendall (mMK), Theil-Sen (TH) ve Mann-Kendall Sıra Korelasyonunun (MKSK) testleri üç farklı zaman dönemlerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık maksimum yağış eğilimlerini tahmin etmek için kullanmıştır. Bu testler, Çoruh havzasındaki beş istasyondan alınan günlük maksimum yağış verileri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Trendlerin anlamlılığı (MK) ve (mMK) testleri kullanılarak belirlenmiştir, trendin büyüklüğünü hesaplamak için TH testi kullanıp, verilerde anlamlı eğilimlerin başladığı yılları bulmak için MKSK testi kullanılmıştır.

Okan Mert KATIPOĞLU 2021’de yapılan tez çalışmasında yağış verilerine hidrolojide sıkça kullanılan Gamma, Lognormal, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GED), Weibull, Normal, Lojistik, Loglojistik dağılımları uydurularak elde edilen Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) ve Gamma SYİ değerlerinin hesaplanması ve bu değerlere run teorisi uygulanarak elde edilen kuraklık karakteristiklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Yağış verilerine en iyi uyan olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirlenmesinde Kolmogorov-Smirnov (K-S), Anderson-Darling (A-D) ve Ki-kare (χ^2) testleri ve grafiksel metotlar kullanılmıştır.

KURAMSAL TEMELLER

En Uygun Dağılım

Yağış türü ve yapısı, yükseklik, yer şekilleri, bitki örtüsü, deniz akıntıları, denize yakınlık ve denizden uzaklığa bağlı olarak değişir. Sonuç olarak, yağış verilerini tek bir dağılımla ifade etmek oldukça zordur. Kolmogorov-Smirnov (K~S), Anderson-Darling (A~D) ve Ki-kare testleri kullanarak, Normal, Lognormal, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GED), Üstel, Gamma, Weibull, Gumbel ve Lojistik hidrolojide yaygın olarak kullanılan dağılımları uydurulmuştur. Araştırma sonucunda, Gama ve dağılımlardan ziyade GED dağılımının Erzurum'daki yağışı daha iyi tasvir ettiği gösterilmiştir (Frank *et al.* 1951).

Dağılım fonksiyonları

1	Normal Dağılım	$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right]$	$\infty < x < \infty$	μ Ortalama σ Standart Sapma
2	Log-N Dağılım	$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\mu}{\sigma}\right)^2\right]$	$X > 0$	μ ortalama σ Standart Sapma
3	GED Dağılım	$F(x) = \begin{cases} \left(\frac{1}{\sigma}\right) (1 + \xi z(x))^{-\frac{1}{\xi}-1} e^{-((1+\xi z(x))^{-\frac{1}{\xi}-1})} \\ \left(\frac{1}{\sigma}\right) e^{-z(x)} - e^{-z(x)} \dots \dots z(x) = \frac{x - \mu}{\sigma} \end{cases}$	$\xi \neq 0$ $1 + \xi z(x) > 0$ $\xi = 0$ $\infty < x < \infty$	α Ölçek P. (> 0) β Şekil P. (>0)
4	Üstel Dağılım	$F(x) = \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{x}{\lambda}}$	$-\infty < X < \infty$	
5	Gamma Dağılım	$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} X^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, \Gamma(x) = \int_0^\infty e^{-x} x^{c-1}$	$X > 0$	α Ölçek P. (> 0) β Şekil P. (>0)
6	Weibull Dağılım	$F(x) = \frac{\beta}{\alpha} X^{\beta-1} \text{EXP}\left[-\left(\frac{1}{\alpha}\right) X^\beta\right]$	$X > 0$	α Ölçek P. (> 0) β Şekil P. (>0)
7	Gumbel Dağılım	$F(x) = \left(\frac{1}{\sigma}\right) e^{-z(x)} - e^{-z(x)}, z(x) = \frac{x-\mu}{\sigma}$	$-\infty < x < \infty$	μ Ortalama σ Standart Sapma
8	Lojistik Dağılım	$F(x) = \frac{\lambda^\kappa \kappa e^{\kappa X}}{[1 + (\lambda e^X)^\kappa]^2}$	$\infty < x < \infty$	

Dağılım Uygunluk Testleri

Uyum testleri, varsayılan bir teorik dağılım olup olmadığını belirlemek için objektif prosedürler sağlar, gözlenen verilerin yeterli bir tanımını sağlar, bu testler yalnızca yetersiz bir modeli reddetmek için geçerlidir; modelin doğru olduğunu ispatlayamazlar (Najm Obaid Salim

Alghazali, 2014). Bu çalışmada üç tip test kullanıp, bunlar: K_i -kare uyum testi, Anderson-Darling ve Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testidir.

Ki-kare dağılım uygunluk testi

Ki-kare (χ^2) test, belirli bir gözlemlenen olayın sıklığının belirli bir dağılımının bir numune o numune için uygundur ya da uygun değildir, Ki-kare testindeki ilk adım, N gözlem sayısını bir dizi k hücreye (sınıf Aralıkları) düzenlemek ve ardından istatistiksel formülden ki-kare istatistiğini hesaplamaktır (Guizani, 2010):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (16)$$

O_i : i' inci hücrede gözlemlenen frekans

E_i : aynı hücrede beklenen frekans

k: Aralık sayısı

Beklenen frekans şu şekilde hesaplanabilir:

$$E_i = N p_i \quad (17)$$

N: toplam gözlem sayısı

P_i : i. hücrenin olasılığı

Serbestlik dereceleri $v = k - s - 1$ kullanılarak hesaplanabilir, burada s dağılımda kullanılan parametre sayısını gösterir, K_i -kare testinin sıfır hipotezleri, gözlemlenen ve tahmin edilen değer arasında hiçbir fark olmadığı ve test edilen bir dağılımın gözlemlenen verileri açıkladığı, alternatif hipotez ise test edilen dağılımın gözlemlenen verileri tanımlamadığı yönündedir, χ^2 kritik değerden büyük ise sıfır hipotezi reddedilecektir.

Test edilen dağılım sürekli ise, verileri birkaç hücreye veya sınıf aralıklarına bölmek için eşlenebilir yaklaşım adı verilen bir teknik kullanılabilir. Bu hücrelerin her biri aynı olasılığa sahiptir, yani $p_1 = p_2 = \dots = p_i$ ve şu şekilde tanımlanabilir:

$$p_i = \int_{X_{i-1}}^{X_i} F(X) = F(X_i) - F(X_{i-1}) \quad (18)$$

X_i ve X_{i-1} i hücrenin uç noktalarıdır

Beklenen bir frekans 5'ten küçükse, bitişik bir hücrenin beklenen frekansı ile birleştirilebilir ve karşılık gelen gözlemlenen frekans da birleştirilmelidir. Daha sonra, kaç hücrenin birleştirildiğine bağlı olarak k değeri değiştirilmelidir (Guizani, 2010).

Kolmogorov-Smirnov

Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi, bir altta yatan olasılık dağılımının, sonlu bir veri seti verildiğinde varsayılmış bir dağılımdan farklı olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir uyum iyiliği testidir (Guizani, 2010). Verilen bir dizi örnek değer x_1, x_2, \dots, x_n için K-S testini yürütmek için adım adım prosedür... X popülasyonundan gözlemlenen aşağıdaki gibidir (Yue *et al.* 2004):

1. Örnek değerler x_i ile gösterilen artan büyüklük sırasına göre düzenlenmiştir.
2. Gözlemlenen dağılım fonksiyonları $S(x_i)$, $S(x_i) = i / N$ ilişkisinden belirlenir.
3. Dağılım fonksiyonu $F(x_i)$ her $x(i)$ için varsayılmış dağılım kullanılarak elde edilir ve D_2 sapmaları Denklem (19) 'dan belirlenir:

$$D_2 = S(x_i) - F(x_i) \quad (19)$$

Eşitlik (19) 'dan elde edilen D_2 'nin maksimum mutlak değeri, istatistiksel tablolarda gösterilen kritik değer ile karşılaştırılır. D_2 kritik değerden düşükse, test edilen dağılım, gözlemlenen verileri açıklamak için uygundur, aksi takdirde test edilen dağılım, gözlemlenen verileri açıklamak için uygun değildir.

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ)

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi güvenilir ve dünyada yaygın olarak kullanılmasından dolayı, dünyada ve Türkiye'de hidroloji ile ilgilenen araştırmacılar tarafından sıklıkla, kuraklığın takip edilmesi ve analiz edilmesi için tercih edilen bir yöntemdir. Değişik iklimlere sahip bölgelerin kuraklık seviyelerini belirlemek için yağış parametresini tek bir sayısal değere dönüştüren Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) metodu 1993'te ilk olarak Mckee ve arkadaşları tarafından ortaya atılmıştır (Fidan, 2011., Özkutlu, 2019).

SYİ uygulamasında ihtiyaç duyulan meteorolojik değişkenin yalnızca aylık toplam yağış verisi olması, yöntemin kuraklık ile ilgili araştırmalarda tercih sebebi olmaktadır. SYİ'nin imkân tanıdığı bu avantajlar ve kolaylıklar ve çalışma alanının bütün Türkiye'yi kapsadığı hesaba katıldığında, kuraklık dönemlerini incelemek için bu yöntemin kullanılması verimlilik açısından önem arz etmiştir. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile hesaplanır.

Yağış verilerinin normalleştirilmesi SYİ'nin temelidir. SYİ değeri aşağıdaki şekilde hesaplanır. Temel olarak aşağıdaki adımlardan oluşur: (1) geçici bir yağış dizisi oluşturur; (2) Frekans dağılımı, yağışlara uyacak şekilde seçilir ve kümülatif dağılım, uygun frekans dağılımından hesaplanır. (3) Kümülatif dağılım daha sonra bir eşit olasılık dönüşümü kullanılarak ortalama sıfır ve varyans 1 olan tipik bir normal dağılıma dönüştürülür (Atmaca, 2011).

Gamma dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu denklem 20'de gösterildiği gibidir.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (20)$$

Denklem 20, gamma dağılımının parametrelerinin nasıl hesaplanacağını gösterir. Denklemde \bar{X} Ortalama yağış, α (şekil) ve β (ölçek) parametreleri olarak adlandırılır.

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (21)$$

α Dağılımın şekli (eğikliği) önemli ölçüde etkilenir ve büyüdükçe dağılım normalleşir (gauss) şekil alır.

$$A = \ln(X) - \frac{\sum \ln(X)}{n} \quad (22)$$

Gözlem sayısı n ile verilir. Denklem 23, gamma dağılımı olasılık yoğunluk fonksiyonunu hesaplar.

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x X^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (23)$$

Sıfır değerleri için gamma dağılımı bilinmemektedir. Yağış serisinde sıfır değerler dahil olduğundan dolayı sıfır ve sıfır olmayan yağışlar için kümülatif olasılık değerleri; H(x), Denklem 24 bunu hesaplamak için kullanılır.

$$H(X) = q + (1 - q) G(X) \quad (24)$$

Yağış olmaması q harfi ile gösterilir. Serinin sıfırların Sayısı "m" ise formül $q=m/n$ kullanarak elde edilir. Bu çalışmada SYİ değerleri hesaplanırken, sadece Gamma dağılımı kullanılmamış, hidrolojik alanda sıkça kullanılan (Gamma, Normal, Lognormal, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GED), Weibull, Üstel, Gumbel, Lojistik) dağılımlarda en uygun dağılım seçilmiştir.

Abramowitz ve Stegun (1965) tarafından önerilen aşağıdaki formüller, kümülatif olasılıkları standart normal değişkene (z) dönüştürmek için de kullanılabilir.

$0 < H(x) \leq 0.5$ için:

$$Z = SYİ = - \left(t - \frac{C_0 + C_1 + C_2 t^2}{1 + d_1 + d_2 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (25)$$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(H(x))^2}\right)} \quad (26)$$

$0.5 < H(x) \leq 1$ için:

$$Z = SYİ = - \left(t - \frac{C_0 + C_1 + C_2 t^2}{1 + d_1 + d_2 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (27)$$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1 - H(x))^2}\right)} \quad (28)$$

c ve d katsayıların değerleri

$$C_0 = 2.515517 \quad C_1 = 0.802853 \quad C_3 = 0.0010328$$

$$d_1 = 1.432788 \quad d_2 = 0.189269 \quad d_3 = 0.001308$$

SYİ, kuru ve sulak dönemlerin izlemek amacıyla oluşturulmuştur. Tahmin yapmak için kullanılmaz. Belirtilen zaman ölçeğinde ilgili yağış gözlemlenir. İstasyon verilerini kullanarak kuraklık sıklığını belirlemeye yönelik bir yöntemdir. Aynı zamanda, olağandışı bir şekilde ıslak bir zaman olduğunu ayırt etmek için de kullanılabilir.

Anlaşılabileceği üzere, SYİ yalnızca kuraklık için bir gösterge olmadığı gibi aynı zamanda nemli zaman dilimleri de tanımlanabilmektedir. Bundan dolayı, SYİ analizi ile incelenen bölgedeki hem kurak hem de nemli dönemlerin başlangıç zamanları ve şiddetleri analiz edilebilmekte ve bunların izafi olarak karşılaştırmalarının yapılabilmesine imkân tanımaktadır (Koruşçu,1999).

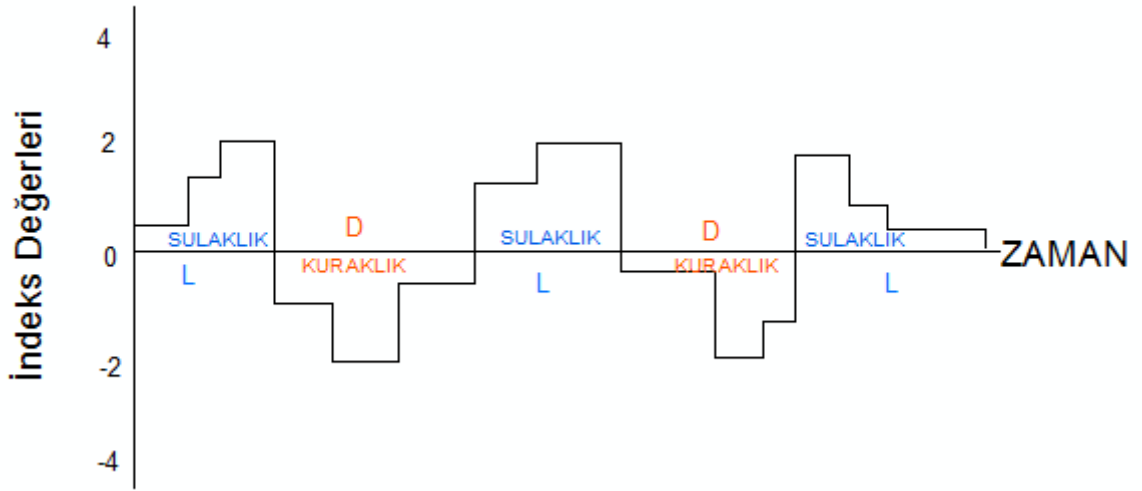
Tablo 1. SYİ Değerlerinin Kuraklık Kategorileri

SYİ Değeri	Kuraklık/Sulaklık Kategorisi
(0,0) ~ (-0,99)	Hafif Kurak (HK)
(-1,0) ~ (-1,49)	Orta Kurak (OK)
(-1,5) ~ (-1,99)	Şiddetli Kurak (ŞK)
≤ -2	Aşırı Kurak (AK)
(0,0) ~ (0,99)	Hafif Yağışlı (HY)
(1,0) ~ (1,49)	Orta Yağışlı (OY)
(1,5) ~ (1,99)	Şiddetli Yağışlı (ŞY)
≥ 2	Aşırı Yağışlı (AY)

Bu çalışmada, Fırat Havzasında bulunan Erzurum ilinde 5 adet istasyonun 1966 ile 2017 yılları arasındaki yağış verileri kullanılarak aylık, SYİ-1, SYİ-3, SYİ-6 SYİ-9 aylık ve SYİ-12 aylık değerleri elde etmiş ve kuraklık sınıflarının frekans incelemesi yapılmıştır.

Kuraklıkla ilgili karakteristikler

Kuraklığı tanımak, izlemek ve yorumlamak için bazı özelliklerin incelenmesi gerekir. Yoğunluk (Severity), süre (D: Duration), genlik (M: Magnitude), şiddet (I: Intensity) ve (L) dönüş süresi bu değişkenlerden bazılarıdır. Tablo 2, bu çalışmada kullanılan kuraklık indekslerinin yanı sıra indeks değerleri ile temsil edilen kuraklık yoğunluklarını listelemektedir. Kuraklık, kuraklık indeks değerleri ile üretilen bir zaman serisinde, indeks değerinin negatif (0) altına düşmesi olarak tanımlanır. Bu kuraklık başladı sinyalinin alındığı an olarak anlaşılır. Kuraklıkla ilgili bu veriler bir bütün olarak analiz edilmektedir. İndeks değerleri pozitif (0) olana kadar kuraklık devam edecektir (Şekil 2). Kuraklık başlangıcından kuraklığın bitişine kadar geçen zamana süre denilir. Genlik, kuraklık olayının büyüklüğü genlik olarak tanımlanmaktadır. Genlik, kuraklık indeks değerlerinin kümülatif ifadesi olarak tanımlanır ve aşağıdaki şekilde hesap edilir (Wang *et al.* 2017).



Şekil 2. Kurak ve yağışlı dönem gösteren grafik

$$Genlik(M) = \sum_{i=1}^D INDEKS DEĞERİ (i) \quad (29)$$

Şiddet değeri, genlik değerinin geçen zamana bölünmesiyle elde edilir.

$$Şiddet (i) = \frac{M}{D} \quad (30)$$

İki kuraklık arasındaki süre, dönüş süresi (L) olarak bilinir. Bu, sel durumlarında yaygın olarak kullanılan geri dönüş süresi ile aynı değildir. Kuraklık oluşumları, dönüş sürelerini hesaplamak için de kullanılabilir (Çavuş, 2019).

Trend (gidiş) Analizi

Trend analizinin amacı, bir dizi rastgele değişken gözleminin tipik olarak zaman içinde artıp azalmadığını görmektir. Parametrik trend testlerinin daha etkili olmasına rağmen parametrik olmayan trend testleri bağımsız veri gerektirdiğinden ve daha güvenilir olabileceğinden daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Verilerdeki aykırı değerler dikkate alınmalıdır (Emek, 2014). Erzurum'daki kuraklık modellerini belirlemek için bu analizde parametrik olmayan Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testleri kullanılmıştır. Mevcut modelin büyüklüğü önemli olduğunda, büyüklüğünü tahmin etmek için Sen'in Eğim Tahmincisi yöntemi kullanılmıştır (Ijaz *et al.* 2014).

Mann Kendall test

Mann-Kendall testi hidrolojik alanlarda monotonik eğilimleri belirlemek için kullanılır. Bu, bir dizi değer çiftinin ilişkili olup olmadığını görmek için yapılan bir testtir. Çeşitli önem

seviyelerinde, keşfedilen eğilimlerin önemi belirlenebilir (genellikle 0,05 olarak alınır). Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), iklimsel ve hidrolojik veri zaman serilerinde istatistiksel olarak önemli eğilimlerin belirlenmesini tavsiye etmiştir (Mete ÖZFİDANER,2020).

Mann-Kendall Testi, sıralamaya dayalı parametrik olmayan (Kendall, 1955; Mann, 1945) bir testtir. Mann-Kendall yöntemi uzun dönem verilere uygulanacaktır. Yağışta istatistiksel olarak anlamlı değişim olup olmadığı için uygulanan bir testtir. Bu testte, sıfır hipotez (H_0), zaman içinde yağışta herhangi bir eğilim olmadığı ispat edilir: alternatif hipotez (H_1), yağışta zamanla bir eğilimin (artan veya azalan) olduğu ispat eder. Matematiksel denklemler ile Mann-Kendall istatistiklerinin hesaplanması S , $V(S)$ ve standartlaştırılmış test istatistikleri Z aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sig}(X_j - X_k) \quad (31)$$

$$\text{Sgn}(X_j - X_k) = \begin{cases} +1 & \text{Eğer } (X_j - X_k) > 0 \\ 0 & \text{Eğer } (X_j - X_k) = 0 \\ -1 & \text{Eğer } (X_j - X_k) < 0 \end{cases} \quad (32)$$

Asimtotik olarak normal bir dağılıma sahip ve ortalaması sıfır ($\mu_s=0$) olan test istatistiği n gözlem serisi $V(S)$ ise S 'nin varyansı:

$$V(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5)] \quad (33)$$

Zaman serisinde birbirine eşit olan gözlemler olduğu durumda varyansı aşağıdaki denklem kullanarak hesaplanır:

$$V(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (34)$$

Burada n serinin veri uzunluğu, k serideki bağlı grup sayısı ve t aynı sayısal değere sahip incelenen alt kümelerdeki eleman sayısıdır. Varyans belirlenen Mann-Kendall testinin anlamlı olup olmadığını standart normal değişken (z) değeri aşağıdaki denklem ile belirlenip kritik z değeriyle karşılaştırmak ile belirlenir.

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{Eğer } S > 0 \\ 0 & \text{Eğer } S = 0 \\ \frac{S - 1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{Eğer } S < 0 \end{cases} \quad (35)$$

Yukarıdaki denklemlerde, X_k ve X_j zaman serisi gözlemler kronolojik sırayla, n zaman serilerinin uzunluğudur, t_p ise p 'ninci grup içindeki verilerin sayısını göstermektedir ve (q) birleştirilmiş grupların sayısını, Pozitif Z değerleri, hidrolojik zaman serileri; negatif Z değerler azalan eğim göstermektedir. Eğer $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$, (H_0) reddedilir ve istatistiksel olarak hidrolojik zaman serilerinde önemli bir eğilim vardır. Kritik değeri Z standarttan 0,05'lik bir p değeri için $(1 - \alpha / 2)$ normal tabloda 1,96'dır (Gocic and Trajkovic, 2012).

Spearman rho testi

İki gözlem serisi arasında bir bağlantı olup olmadığını görmek için bu test kullanılmaktadır. Bu doğrusal bir modelin varlığını kontrol etmenin hızlı ve kolay bir yoludur. Verileri küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe sıralamak üzere, istatistik R_{xi} verileri, gözlem dizisi $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ vektörüyle tanımlanır; iki taraflıdır, Testin H_0 hipotezi x_i $I = 1, 2, 3, \dots, n$ değerlerinin dağılım olduğunu belirtirken, H_1 hipotezi ise x_i $I = 1, 2, 3, \dots, n$ değerler zamanla artar veya değerde azalma aşağıdaki denklem Spearman'ın Rho test istatistiğini (r_s) ölçmek için kullanılır (Mohamed and Ibrahim, 2014).

$$r_s = 1 - 6 \frac{\sum_{i=1}^n (R_{xi} - i)^2}{(n^3 - n)} \quad (36)$$

$n > 30$ için r_s dağılımı normale yaklaştığından normal dağılım tabloları kullanılır. Bunun için r_s 'nin test istatistiği (Z).

$$Z = r_s \sqrt{n - 1} \quad (37)$$

Z değeri %5 anlamlılık düzeyinde normal normal dağılım ise, tablolardan hesaplanan $Z_{\alpha/2}$ değerinden büyükse H_0 hipotezi reddedilir.

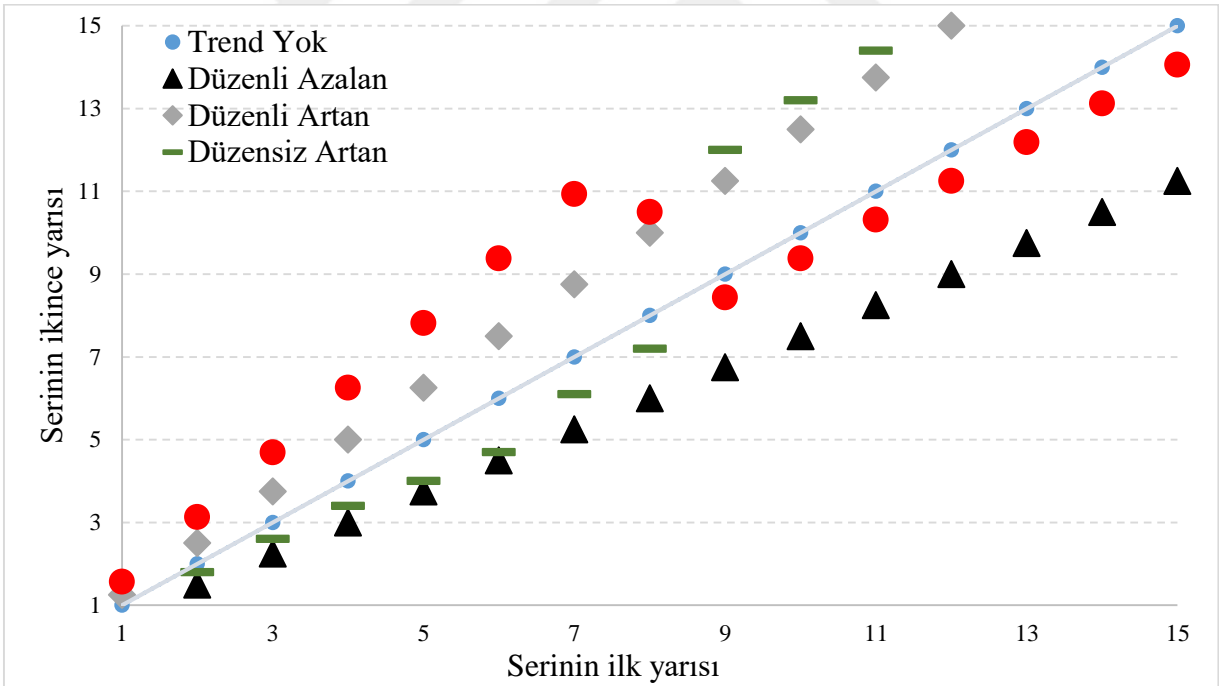
Şen yöntemi

Şen (2012) tarafından önerilen Yenilikçi Şen Yöntemi YŞY' de zaman serisi iki eşit parçaya bölünmüştür artan düzende ayrı ayrı sıralanmıştır. Ardından, birinci ve ikinci yarı zaman serileri, bir kartezyenin sırasıyla x eksenini ve y eksenini üzerinde yer alır. Veriler 45° lik düz çizgide toplanırsa, zaman serisinde trend olmadığı belirlenmektedir. Şekil 3'te veriler grafik üst üçgen alanında yer alıyorsa ideal doğru, zaman serilerinde artan bir eğilim vardır.

Veriler 45° lik düz çizgi alt kısmında yığılırsa seride azalan eğilim, (üst) üçgen alanı ise, zamanla artan bir eğilim olduğuna göstermektedir.

Çizginin her iki tarafta da noktaların dağıldığı seriler olabilir. Bu durumlar düzgün olmayan eğilimlere karşılık gelir; zaman serilerinde farklı ölçeklerde artan ve azalan trendler belirleyen durumlar da olsa vardır. Tüm olası trend türleri Şekil 3'te verilmiştir. Ayrıca düşük, orta ve yüksek bir parametrenin değerleri de bu yöntemle grafiksel olarak değerlendirilebilir (Alamgir *et al.* 2014, Alami, 2019).

Yöntemin istatistiksel anlamlılık testi de Şen (2017) tarafından önerilmiş olup, uygun bir tanımlama bulunabilmektedir. Kısacası test, iki popülasyon ortalaması arasındaki fark dikkate alınarak güven Aralıklarının oluşturulmasına dayanmaktadır. Bu yöntemin adımları denklem 38-43 ile verilmektedir. Verinin y_1 ve y_2 yarısının aritmetik ortalamaları, ρ : verinin birinci ve ikinci yarısı arasındaki korelasyon, $E(s)$: eğim beklentisi (Denklem. 38), n : veri sayısı, σ : tüm verilerin standart sapması, σ_s : eğim standart sapması (Denklem. 39) ve Z_{kritik} : %95 ($\alpha = 0.05$) güven düzeyinde ($Z_{kritik} = \pm 1.645$) tek yönlü hipotezdeki kritik değerleri temsil etmektedir.



Şekil 3. Yenilikçi Şen Yöntemi grafiği

Denklem 43 ile hesaplanan kritik üst ve alt limitler hipotez testi için kullanılır. Eğim değeri, s , alt ve üst güven sınırlarının dışında ise, alternatif hipotez (H_a – Evet trendi) onaylanır, aksi takdirde boş hipotez (H_0 – Eğilim yok) kabul edilir. Eğilim türü, eğimler işaretine göre değişir. Eğim değerleri pozitif veya negatif olabilir. Bu zaman serilerinde artan (+) veya azalan (-) bir trend olduğu anlamına gelir (Şen, 2017; Ay ve Öz yıldırım, 2017).

$$E(s) = \frac{2}{n} [E(\bar{Y}_2) - E(\bar{Y}_1)] \quad (38)$$

$$\sigma_s^2 = \frac{4}{n} [E(\bar{Y}_2) - 2E(\bar{Y}_2\bar{Y}_1) + E(\bar{Y}_1)] \quad (39)$$

$$\rho_{\bar{Y}_1\bar{Y}_2} = \frac{E(\bar{Y}_2\bar{Y}_1) - E(\bar{Y}_2)E(\bar{Y}_1)}{\sigma(\bar{Y}_2)\sigma(\bar{Y}_1)} \quad (40)$$

$$\sigma_s^2 = \frac{8}{n^2} \frac{\sigma^2}{n} (1 - \rho_{\bar{Y}_1\bar{Y}_2}) \quad (41)$$

$$\sigma_s = \frac{2\sqrt{2}}{n\sqrt{n}} \sigma (1 - \rho_{\bar{Y}_1\bar{Y}_2}) \quad (42)$$

$$CL_{(1-\alpha)} = 0 + Z_{Kritik} \sigma_s \quad (43)$$

MATERYAL VE YÖNTEM

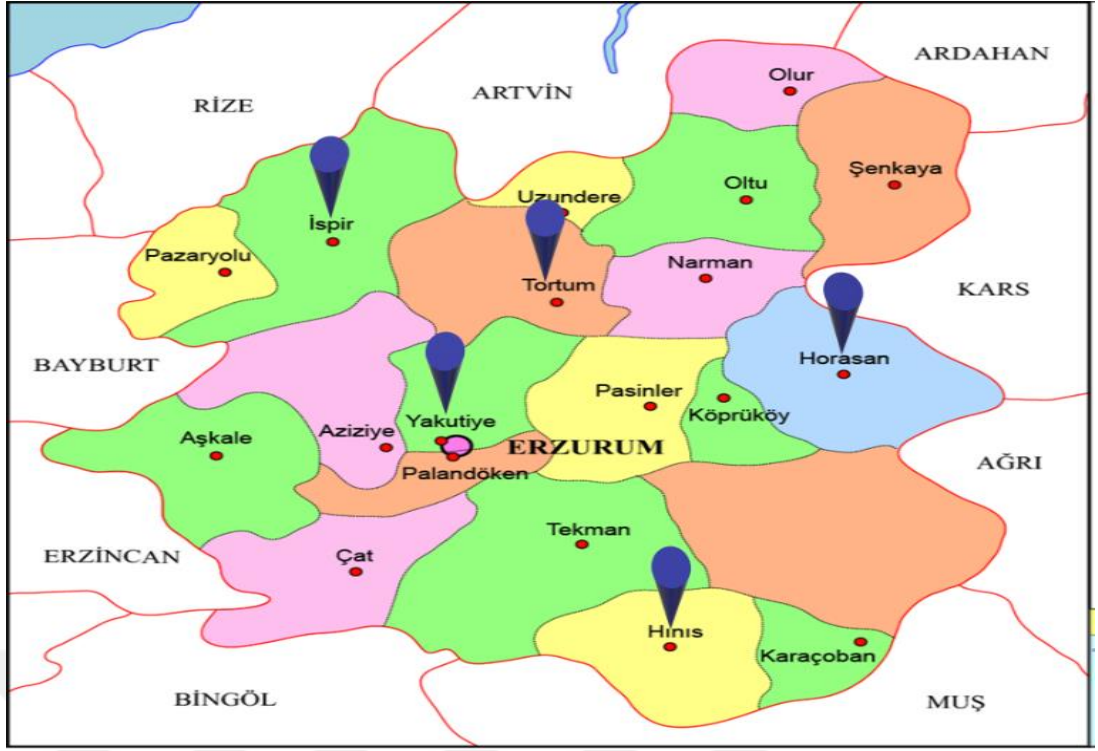
Çalışma Alanı ve Verileri

Bu çalışmada Türkiye'nin kuzey doğusunda Fırat havzasında yer alan Erzurum ilindeki 5 farklı istasyona ele alınmıştır, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan, Erzurumdaki 5 istasyona ait 52 yıllık 1966~2017 aylık sürekli yağış değerleri, bölgenin kuraklık ve trend analizinin hesabında kullanılmıştır. Fırat Nehri, Türkiye'nin çok verimli ve su potansiyel açısından en yüksek nehri olup, 1170 km'si Türkiye'de, 1765 km'si Suriye ve Irak topraklarında olmak üzere toplamda 2935 km uzunluğundadır, ArcGIS yardımıyla çizilen Erzurum lokasyon ve Fırat nehrin haritaları Şekil 4,5 verilmiştir (Okan Mert Katipoğlu, 2020). Fırat Nehri'nin başlangıç noktaları Ağrı Diyadin'de, Murat Nehri ve Erzurum Dumludağ'da bulunan Karasu Nehirlerinden oluşur. Fırat Nehri Erzincan, Tunceli, Elâzığ, Malatya, Diyarbakır, Adıyaman ve Gaziantep il sınırını belirledikten sonra Suriye, daha sonra Irak topraklarına girer. Irak'ta Dicle Nehri ile birleşerek Şatt'ül-Arab'ı oluşturur ve Basra Körfezi'ne dökülür. Nehrin en önemli kolları Murat Nehri, Karasu Nehri, Tohma Çayı, Peri, Çaltı ve Munzur Çayı'dır (Mustafa Semih YILDIZ, 2019).

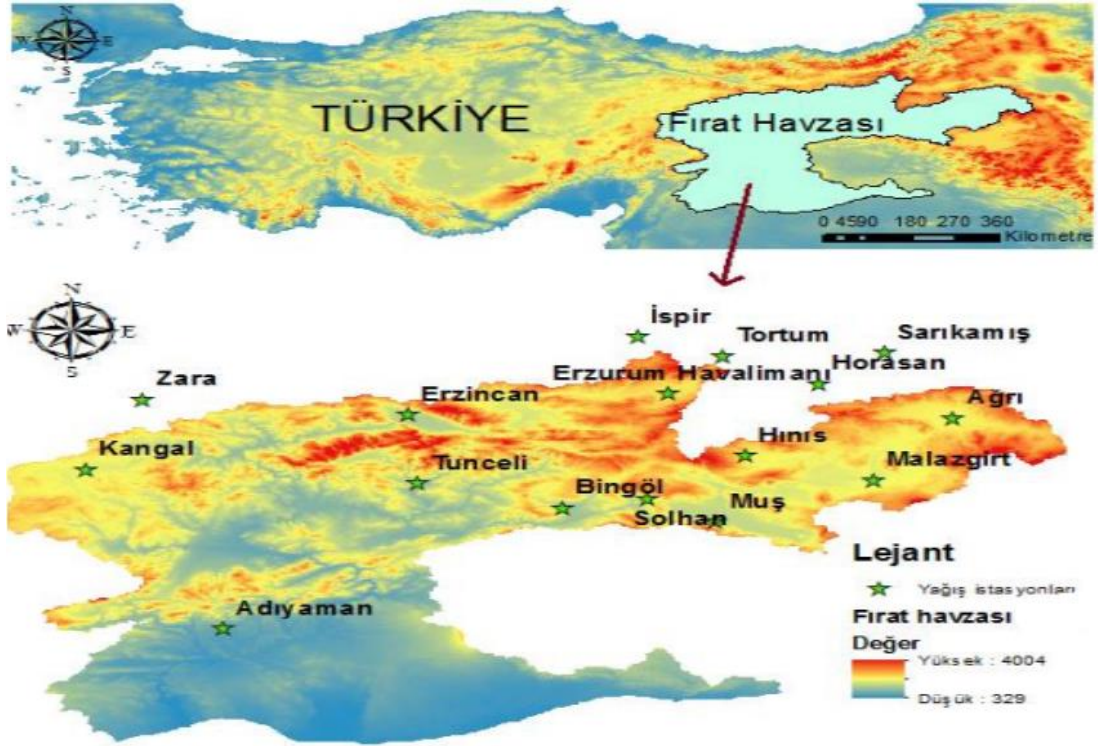
Tablo 2. Çalışmada Kullanılan Yağış Gözlem İstasyonları (1966-2017 Yılları Arası)

İstasyon Adı/Numarası	Enlem	Boylam	Yükseklik	Gözlem süresi
Erzurum/17096	39,95	41,19	1758,00	1966-2017
Horasan/17690	40,04	42,17	1540,00	1966-2017
Tortum/17688	40,30	41,54	1576,00	1966-2017
Hınıs/17740	39,37	41,69	1715,00	1966-2017
İspir/17666	40,48	40,99	1223,00	1966-2017

Hazırlanan çalışmada, Fırat Havzası'nda yer alın Erzurum ilinde 51 yıllık veriye sahip olan 5 adet (Erzurum havalimanı, Horasan, Tortum, Hınıs, İspir) yağış gözlem istasyonu seçilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.



Şekil 4. Yağış istasyonunun haritası



Şekil 5. Fırat havzasının haritası (Okan Mert Katipoğlu, 2020)

İstatistiksel İşlemler

Verilerin İstatistik Analizi

Bir rasgele değişkenin başlıca istatistik özelliklerini yansıtan büyüklükler olan parametreler, değişkenin çeşitli gözlemlerde alabileceği değerlerin merkezini, bu değerlerin merkez çevresindeki yayılımın büyüklüğünü, çarpıklığı vs. ifade ederler. Parametrelerin toplum değerleri bilinemezse de eldeki örnekten bunlara karşı gelen istatistik değerleri tahmin edilebilir. Bu çalışmada Erzurum ilindeki 5 istasyonun 52 yıllık verilerinin temel özellikleri mevsimsel ve yıllık olarak Tablo 3’de özetlenmiştir.

Tablo 3. İstasyonların Tanımlayıcı İstatistikleri

Erzurum ilin 5 İstasyonlarının Mevsimlik ve Yıllık Yağışın Tanımlayıcı İstatistikleri									
St.	Dönem	Ortalama	St. Sap	Varyans	Medyan	Min.	Mak.	Çarpıklık	Basıklık
Erzurum	Kış	63,30	26,69	712,47	56,65	17,10	128,60	0,74	-0,02
	İlk B.	155,24	45,85	2102,41	144,90	69,70	276,40	0,66	0,43
	Yaz	87,05	39,61	1569,28	89,40	31,10	169,80	0,30	-1,09
	Son B.	102,84	40,47	1637,65	94,20	40,80	233,20	1,04	1,19
	Yıllık	408,43	79,88	6381,17	396,00	253,80	611,00	0,54	0,21
Horasan	Kış	68,61	25,19	634,51	67,59	21,74	127,36	0,42	-0,38
	İlk B.	149,55	48,28	2330,78	150,81	38,53	257,81	-0,03	-0,03
	Yaz	88,35	43,11	1858,47	85,24	6,93	225,18	0,96	1,43
	Son B.	88,05	33,44	1118,00	82,54	30,72	194,13	0,97	1,29
	Yıllık	394,56	85,37	7288,11	391,88	148,13	582,14	-0,05	0,48
İspir	Kış	108,88	48,29	2331,85	96,21	30,70	236,50	0,92	0,49
	İlk B.	161,34	45,33	2054,53	163,05	37,37	301,80	0,06	1,60
	Yaz	83,41	34,48	1188,65	75,30	15,05	156,60	0,11	-0,92
	Son B.	110,11	50,76	2576,77	100,45	4,23	233,90	0,45	-0,18
	Yıllık	618,27	142,59	20331,86	613,27	363,40	1140,26	0,80	2,31
Hınıs	Kış	178,39	60,57	3668,24	171,94	42,60	330,00	0,16	-0,22
	İlk B.	241,94	83,93	7043,89	240,10	47,96	416,89	0,07	-0,08
	Yaz	58,81	35,13	1233,86	53,60	2,30	146,90	0,76	-0,06
	Son B.	139,13	68,84	4738,77	125,92	54,60	440,84	2,09	6,49
	Yıllık	463,73	105,64	11159,84	454,90	134,67	677,70	-0,27	0,80
Tortum	Kış	83,92	33,28	1107,35	75,48	20,94	157,90	0,17	-0,52
	İlk B.	164,63	45,73	2091,02	165,50	67,80	246,80	-0,11	-0,84
	Yaz	121,03	50,21	2521,20	123,00	43,90	260,40	0,50	0,02
	Son B.	102,91	36,74	1350,02	103,85	27,30	168,70	0,13	-0,93
	Yıllık	472,49	102,16	10437,11	471,60	251,00	721,40	0,26	-0,31

Yöntem

Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ)

McKee ve Colorado Eyalet Üniversitesi'ndeki meslektaşları, birkaç zaman aralığında yağış eksikliğini ölçmek için SYİ'yi oluşturdular (McKee ve diğerleri, 1993). SYİ, belirli bir yerde belirli bir süre için yağış verilerinin frekans dağılımı oluşturularak hesaplanır. Yağış verileri, bir gama olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak yerleştirilir ve yağışın kümülatif dağılımı hesaplanır. Kümülatif dağılım daha sonra bir eşit olasılık dönüşümü kullanılarak ortalaması 0 ve varyans 1 olan tipik bir normal dağılıma dönüştürülür. SYİ değeri, normalde +2 ~-2 arasında değişen ve bu aralığın dışındaki aşırı kuraklık ve sulaklık %5'inde meydana gelme olasılık vardır (Edwards ve McKee, 1997, Wu *et al.* 2001, McKee *et al.* 1993). SYİ değerlerinde belirtilen sınıflandırma şemasını kullanarak SYİ'den kaynaklanan kuraklık yoğunlukları tanımlanmıştır (Tablo 2).

Mann Kendall test

Mann-Kendall testi hidrolojik alanlarda monotonik eğilimleri belirlemek için kullanılır. Bu, bir dizi değer çiftinin ilişkili olup olmadığını görmek için yapılan bir testtir. Çeşitli önem seviyelerinde, keşfedilen eğilimlerin önemi belirlenebilir (genellikle 0,05 olarak alınır). Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), iklimsel ve hidrolojik veri zaman serilerinde istatistiksel olarak önemli eğilimlerin belirlenmesini tavsiye etmiştir.

Spearman Rho testi

Spearman Rho (MK)'ya benzer şekilde, hidrolojik alanda bir iklimsel zaman serisindeki monotonik eğilimi tespit etmek için kullanılabilen, sıra tabanlı parametrik olmayan başka bir istatistiksel testtir. Aynı gözlem kümesinin iki sınıflandırmasının herhangi bir ilişkisi olup olmadığını görmek için temel bir testtir (Yue *et al.* 2002).

Şen eğim testi

Yağış verilerinin mevsimselliği şen eğim tahminci yöntemi ile dikkate alınmaktadır. Eğimi tahmin etmek için bu yöntem, şen (1968) tarafından oluşturulan temel bir parametrik olmayan prosedürü kullanır. Artıkların varyansı zaman içinde tutarlı olmalıdır. Tüm veri çiftlerinin eğimleri, S (slope) eğiminin bir tahminini hesaplamak için kullanılır.

BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Dağılım Uygunluk Testleri

Yağış istasyonlar için Tablo 4'te (Normal, Genelleştirmiş Ekstrem Değer, Gamma, Weibull, lojistik...,) dağılımların uygunluk testi üç farklı yöntem ile yapılmıştır. Kolmogorov-Smirnov test, Anderson-Darling Test ve Ki- Kare dağılımları testi, bunlarda Tablo 4'te görüldüğü gibi 5 farklı yağış istasyonlar için uymayan Gumbel ve Gamma uygunluk dağılımları tespit edilmiştir. GED, Weibull ve lojistik uygunluk dağılımları en iyi sonuç tespit edilmiştir. Yağış istasyonları için yapılan uygunluk dağılımın en iyi sonuç veren dağılım Gev dağılım çıkmıştır. Sonuçta GED dağılım uygun çıktığı için çalışmada GED dağılımı en uygun dağılım olarak kullanılmaktadır.

Tablo 4. İstasyonların En Uygun Dağılım Testlerin Sonuçları

İstasyonlar	Dağılım Çeşitleri	Kolmogorov-Smirnov Testi			Ki-Kare Testi			Anderson-Darling Testi			Sonuç
		K-S Değ Kritik-Değ=0,19	P Değeri	Ki-İst Değer	Ki-Kritik Değer	Derece	P Değeri	A ² Değer	P Değer		
Erzurum İst.	Normal	0,08	0,86	11,45	14,07	7	0,12	0,30	0,52	***	
	Log norm	0,06	0,99	7,07	14,07	7	0,42	0,35	0,40	***	
	GED	0,06	0,99	7,18	12,59	6	0,30	0,34	0,42	***	
	Üstel	0,47	0,00	36,00	15,51	8	0,00	0,18	0,89	*	
	Gamm a	0,36	0,00	41,00	15,51	8	0,00	0,37	0,35	*	
	Weibull	1,00	0,00	0,00	-	-	0,00	0,26	0,63	*	
	Gumbel	1,00	0,00	0,00	-	-	0,00	-	0,00		
Lojistik	0,07	0,95	15,63	14,07	7	0,13	0,30	0,52	**		
Hıms İst.	Normal	0,10	0,65	32,52	14,07	7	0,00	0,36	0,37	**	
	LogN	0,11	0,51	15,92	14,07	7	0,03	0,49	0,17	**	
	GED	0,11	0,54	16,06	12,59	6	0,01	0,48	0,18	**	
	Üstel	0,44	0,00	96,00	15,51	8	0,00	0,22	0,76	*	

Tablo 4. (Devamı)

	Gamm a	0,31	0,00	60,00	11,07	5	0,00	2,50	0,00	
	Weibul l	0,10	0,67	25,89	12,59	6	0,00	0,33	0,43	**
	Gumbe l	1,00	0,00	0,00	-	-	0,00	-	0,00	
	Lojistik	0,08	0,87	17,49	14,07	7	0,01	0,49	0,17	*
İspir İst.	Normal	0,07	0,94	16,24	14,07	7	0,02	0,30	0,51	**
	LogN	0,12	0,41	428,56	14,07	7	0,00	0,27	0,59	**
	GED	0,09	0,72	12,50	12,60	6	0,05	0,35	0,40	***
	Üstel	0,47	0,00	65,00	15,51	8	0,00	0,21	0,80	*
	Gamm a	0,36	0,00	90,00	12,59	6	0,00	2,28	0,00	*
	Weibul l	0,12	0,43	11,18	12,59	6	0,08	0,36	0,38	***
	Gumbe l	1,00	0,00	0,00	-	-	0,00	-	0,00	
	Lojistik	0,08	0,84	11,58	14,07	7	0,12	0,30	0,51	***
Tortum İst.	Normal	0,10	0,68	6,94	14,07	7	0,43	0,34	0,43	***
	LogN	0,06	0,98	9,88	14,07	7	0,20	0,32	0,47	***
	GED	0,08	0,86	6,93	12,59	6	0,33	0,34	0,41	***
	Üstel	0,46	0,00	28,00	15,51	8	0,00	0,20	0,84	*
	Gamm a	0,37	0,00	54,00	14,07	7	0,00	2,22	0,00	
	Weibul l	0,11	0,54	6,91	12,59	6	0,33	0,31	0,49	***
	Gumbe l	1,00	0,00	0,00	-	-	0,00	-	0,00	
	Lojistik	0,07	0,92	8,44	14,07	7	0,30	0,34	0,43	***
Horasan İst.	Normal	0,10	0,69	16,57	14,07	7	0,02	0,44	0,23	**
	LogN	0,09	0,76	58,00	14,07	7	0,00	0,32	0,46	**
	GED	0,10	0,64	19,79	12,59	6	0,00	0,40	0,30	**
	Üstel	0,46	0,00	26,00	15,51	8	0,00	0,21	0,81	*
	Gamm a	0,35	0,00	65,00	14,07	7	0,00	2,46	0,00	
	Weibul l	0,13	0,33	11,82	12,59	6	0,07	0,38	0,33	***
	Gumbe l	1,00	0,00	0,00	-	-	0,00	-	0,00	
	Lojistik	0,09	0,79	11,78	14,07	7	0,11	0,54	0,12	***

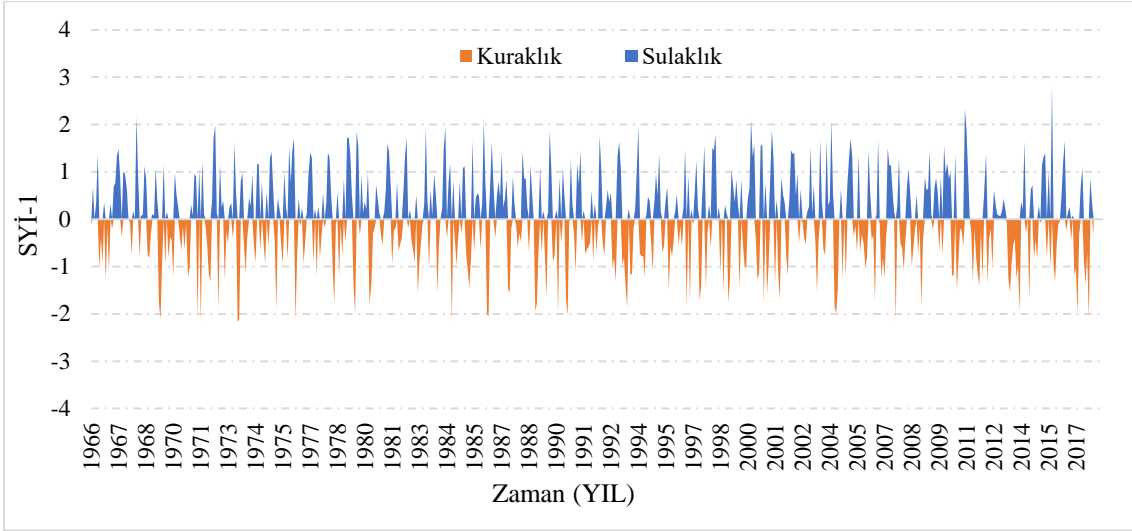
(*) Bir teste göre uygun dağılım

(**) İki teste göre uygun dağılım

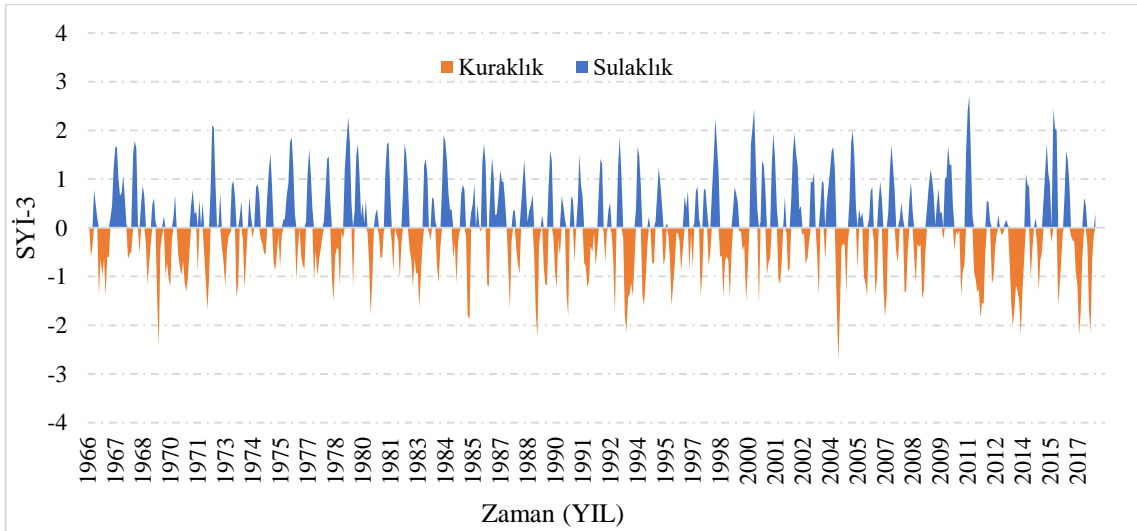
(***) Üç teste göre uygun dağılım

Erzurum istasyonu

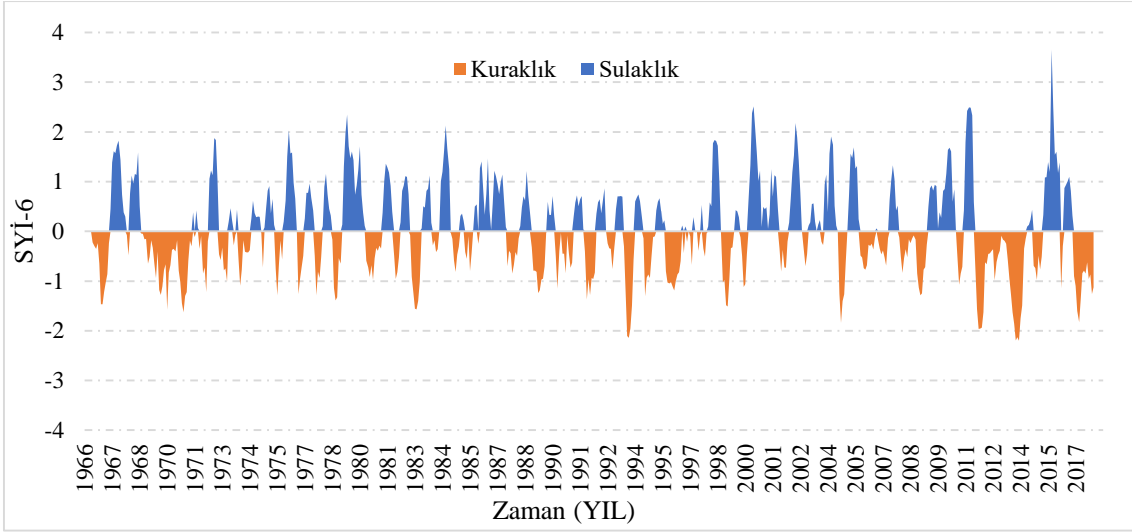
17096 numarası ile adlandırılan Erzurum istasyonunda 1966~2017 tarihleri arasında ölçülmüş ve sürekli olan aylık yağış verileri ile kuraklık analizi yapılmıştır. Aylık ve yıllık toplam yağışlar kullanılarak elde edilen 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık seri SYİ değerinin zamansal dağılımı Şekil 6~10'de verilmiş olup sırasıyla SYİ-1, SYİ-3, SYİ-6, SYİ-9 ve SYİ-12 olarak adlandırılmıştır.



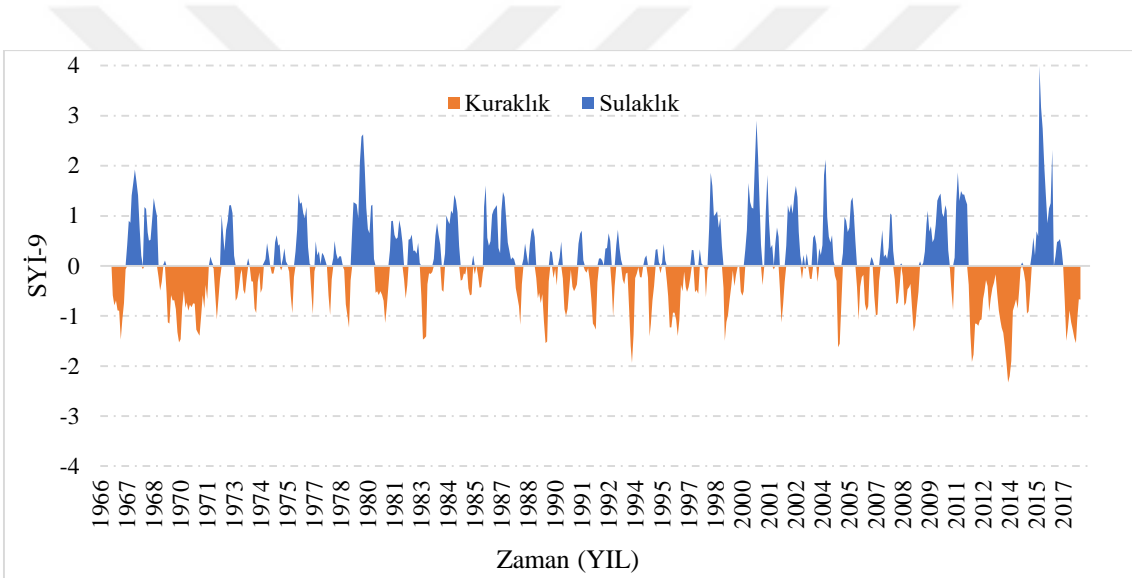
Şekil 6. Erzurum istasyonu SYİ-1 değeri zamansal dağılımı



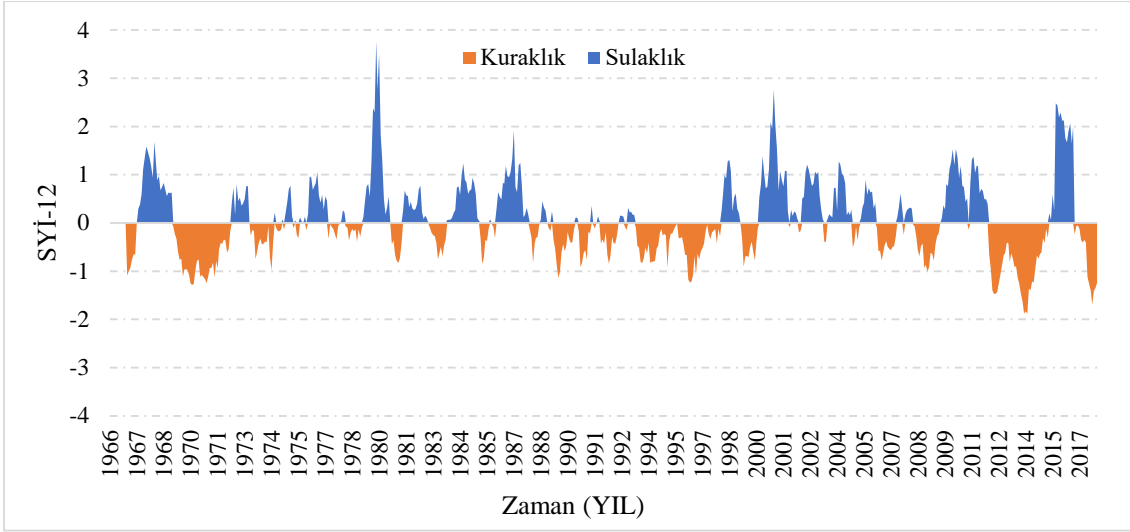
Şekil 7. Erzurum istasyonu SYİ-3 değeri zamansal dağılımı



Şekil 8. Erzurum istasyonu SYİ-6 değeri zamansal dağılımı



Şekil 9. Erzurum istasyonu SYİ-9 değeri zamansal dağılımı



Şekil 10. Erzurum istasyonu SYİ-12 değeri zamansal dağılımı

Verilen 17096 numaralı istasyona ait SYİ değerleri incelendiğinde, 1966-2017 yılları arasındaki SYİ-1 değerleri için 15, SYİ-3 için 8, SYİ-6 için 5, SYİ-9 için 2 ve SYİ-12 için ise 0 aşırı kurak ay tespit edilmiştir.

Erzurum istasyonunun karakteristikleri

1, 3, 6, 9 ve 12 aylık SYİ değerleri ele alındığında en uzun süren kurak ve yağışlı zaman dilimleri Tablo 5’te gösterilmiştir. Kurak dönemleri ele alacak olursak, SYİ-1 değerleri için Haziran 2013’te başlamış ve Şubat 2014’te bitmiş olan en uzun kurak dönemlerden biri 9 ay sürmüştür. SYİ-3 değerlerine göre de en uzun kurak dönem, Temmuz 2013’te başlayıp 10 ay sürmüştür. SYİ-6 değerleri için ise en uzun kurak dönem Kasım 2011’de başlamış ve 32 ay sürdükten sonra Haziran 2014’de bitmiştir. SYİ-9 değerleri için en uzun kurak dönem Ağustos 2009’de başlamış ve 17 ay sonra Aralık 2010’da sona ermiştir. SYİ-12 değerleri için en uzun kurak dönem Ağustos 1993’te başlamış ve toplamda 54 ay sürmüştür.

Yağışlı dönemler incelendiğinde ise, SYİ-1 için, Ocak 1987’de, başlayıp 7 ay süren yağışlı dönem, SYİ-3 için Mart 1967’de başlayıp 11 ay sonra Ocak 1968’de sona ermiştir. SYİ-6 için Mayıs 1986’da başlamış olup 17 ay sürmüş, SYİ-9 için Ocak 2012’de başlamış 34 ay sürdükten sonra Ekim 2014’te bitmiştir. Son olarak SYİ-12 için Temmuz 1967’de başlamış ve 22 ay sürmüştür.

Tablo 5. Erzurum İstasyonunun Dönemsel SYİ' ye Göre Dönemlerin Karakteristikleri

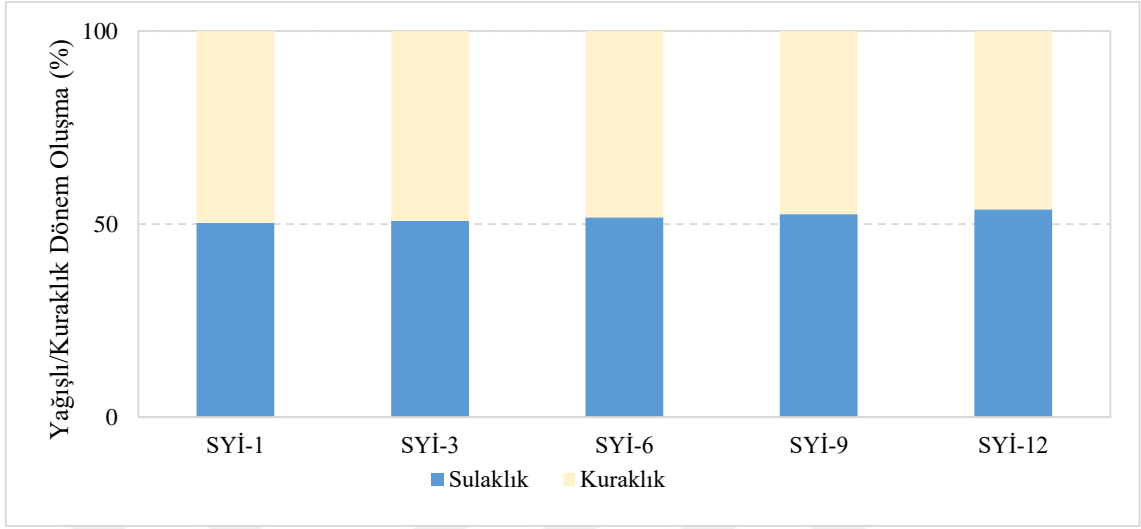
Erzurum İstasyon	Kuraklık				Sulaklık				
	Süre (Ay)	Eksiklik Toplamı	Kuraklık Şiddeti	Yüzde (%)	Süre (Ay)	Fazlalık Toplamı	Sulaklık Şiddeti	Yüzde (%)	
SYİ-1	Hafif	194	-98,71	-0,51	38,30	214	102,13	0,48	39,11
	Orta	63	-77,16	-1,22	29,93	68	85,87	1,26	32,89
	Şiddetli	29	-50,62	-1,75	19,64	35	59,51	1,70	22,79
	Aşırı	15	-31,27	-2,08	12,13	6	13,59	2,26	5,20
SYİ-3	Hafif	211	-99,19	-0,47	39,65	200	100,22	0,50	38,80
	Orta	74	-90,80	-1,23	36,30	54	67,33	1,25	26,06
	Şiddetli	25	-41,98	-1,68	16,78	38	63,99	1,68	24,77
	Aşırı	8	-18,18	-2,27	7,27	12	26,79	2,23	10,37
SYİ-6	Hafif	253	-123,16	-0,49	53,68	188	90,15	0,48	36,69
	Orta	54	-66,13	-1,22	28,83	55	66,61	1,21	27,11
	Şiddetli	17	-29,35	-1,73	12,79	34	57,45	1,69	23,38
	Aşırı	5	-10,77	-2,15	4,70	13	31,52	2,42	12,83
SYİ-9	Hafif	245	-112,03	-0,46	55,33	210	87,55	0,42	38,99
	Orta	52	-63,92	-1,23	31,57	70	85,19	1,22	37,94
	Şiddetli	13	-21,99	-1,69	10,86	13	23,06	1,77	10,27
	Aşırı	2	-4,52	-2,26	2,23	11	28,74	2,61	12,80
SYİ-12	Hafif	281	-120,08	-0,43	67,12	215	97,44	0,45	46,77
	Orta	41	-49,91	-1,22	27,90	43	51,12	1,19	24,54
	Şiddetli	5	-8,92	-1,78	4,99	13	22,51	1,73	10,81
	Aşırı	0	0,00	0,00	0,00	15	37,26	2,48	17,89

Şekil 11'de Erzurum istasyonu için ele alınan beş farklı dönem için kurak ve yağışlı durumların meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. Buna göre, SYİ-1'den (50,32%) SYİ-12 ye (53,80%) kadar yağışlı dönem gittikçe artış göstermektedir. Kurak dönem ise yağışlı dönemin tam tersi SYİ-1'den (49,68%) SYİ-12' ye (46,20%) doğru gittikçe azalış göstermektedir.

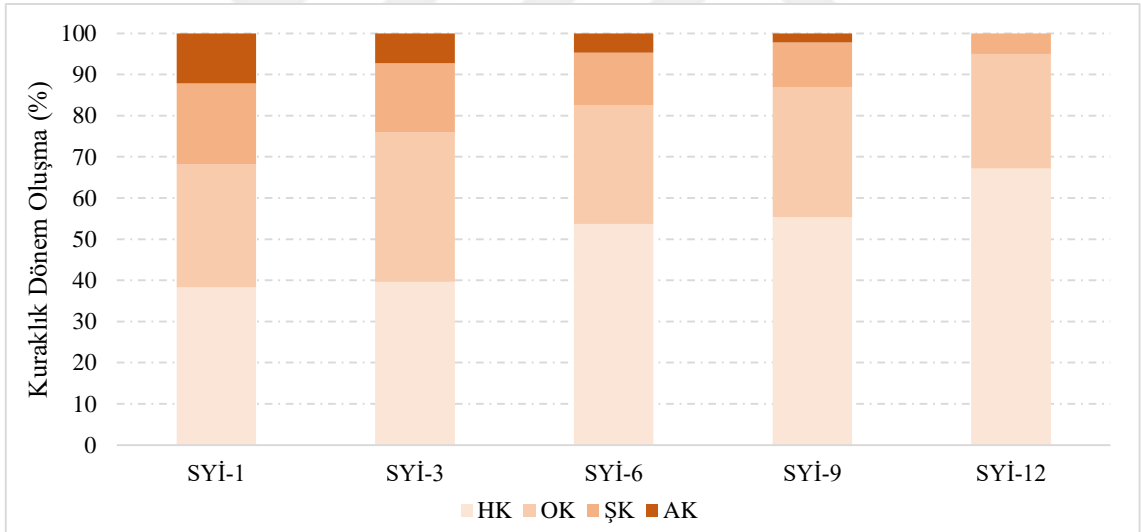
Erzurum istasyonu için kurak dönemlerin dört farklı sınıflandırmaya göre oluşma yüzdeleri Şekil 12'de verilmiştir. Buna göre, HK durumun incelediğinde SYİ-1' den (38,3%) SYİ-12' ye (67,1%) yaklaşık doğrusal bir şekilde artış göstermektedir. OK durumun SYİ-3' (36,3%) hariç diğer dönemlerde ortalama olarak yaklaşık 30% oranında gözlemlenmiştir. ÇK yüzdesi ise HK 'nin tam tersi SYİ-1'den (19,6 %) SYİ-12'ye (5 %) yaklaşık doğrusal bir şekilde azalış göstermiş olup, AK durumun oluşma yüzdesi ise ÇK ile aynı şekilde SYİ-1'den (12,13 %) SYİ-12' ye (0 %) gittikçe azalış tespit edilmiştir.

Erzurum istasyonu için yağışlı dönemlerin dört farklı sınıflandırmaya göre oluşma yüzdeleri Şekil 13'te verilmiştir. Yağışlı dönemlerde de HY dönem oluşma yüzdesi SYİ-1, SYİ-3 ve SYİ-9'de %39 gözlemlenmiştir, SYİ-6 (%36,7) ve SYİ-12 (%46,8) belirlenmiştir. OY oluşma yüzdesi ise SYİ-1 (%33) ve SYİ-3'de (%26) gözlemlenmiştir, diğer periyotlarda ise

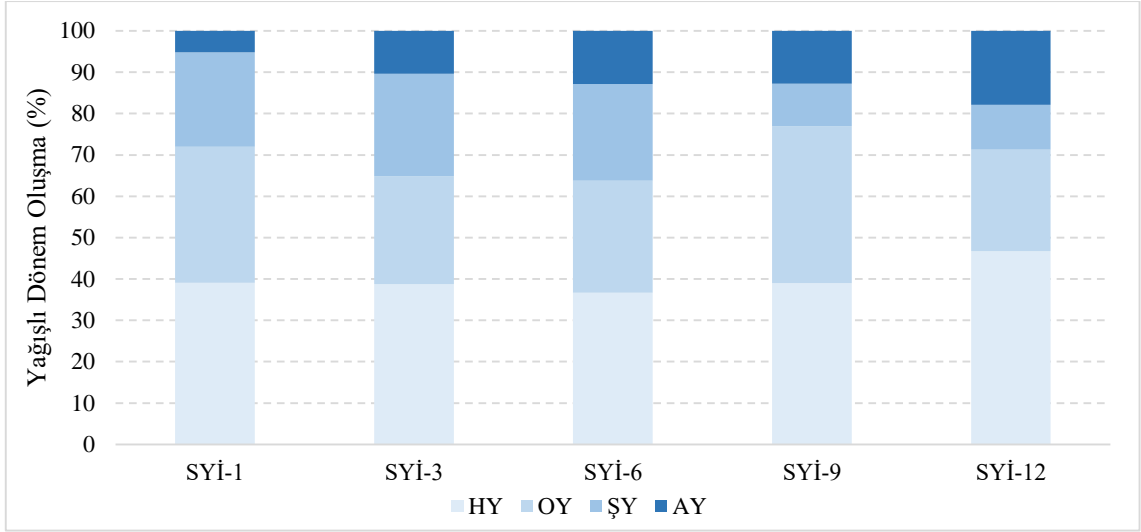
%38 ile %25 arasında değişim tespit edilmiştir. ÇY dönem oluşma yüzdesi ise SYİ-1, SYİ-3, SYİ-6'de %24 ve diğer dönemlerde SYİ-9 ve SYİ-12'de %10,5 olarak bulunmuştur. AY oluşma yüzdesi ise SYİ-1 (%5) ile SYİ-12 (%18) arasında gittikçe artış gözlemlenmiştir.



şekil 11. Erzurum istasyonu SYİ' ye göre kuraklık ve yağışlı dönemler dağılımı



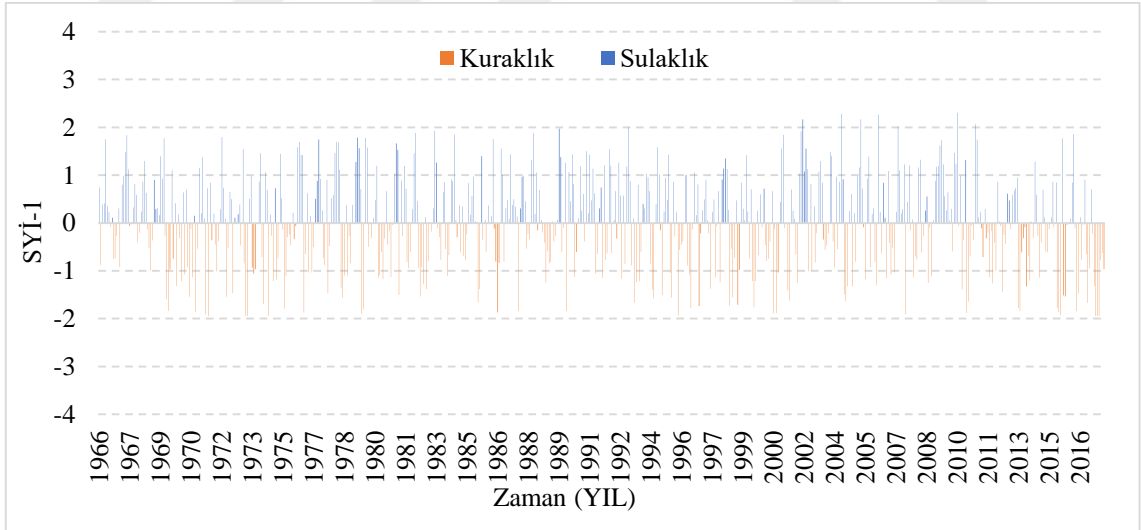
şekil 12. Erzurum istasyonu SYİ' ye göre kurak dönemlerin oluşma yüzdeleri



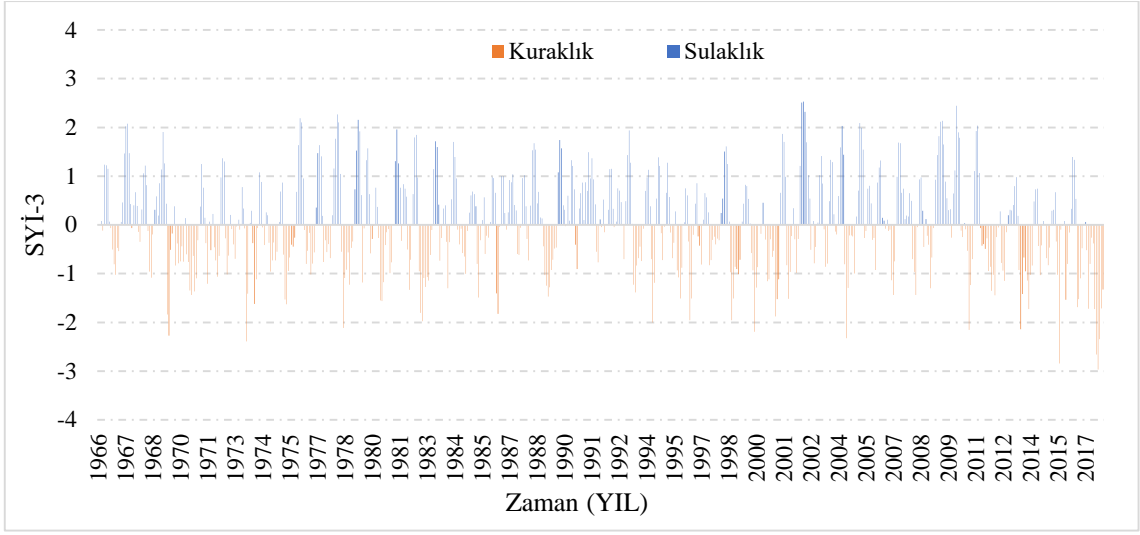
Şekil 13. Erzurum istasyonu SYİ' ye göre yağışlı dönemlerin oluşma yüzdeleri

Horasan istasyonu

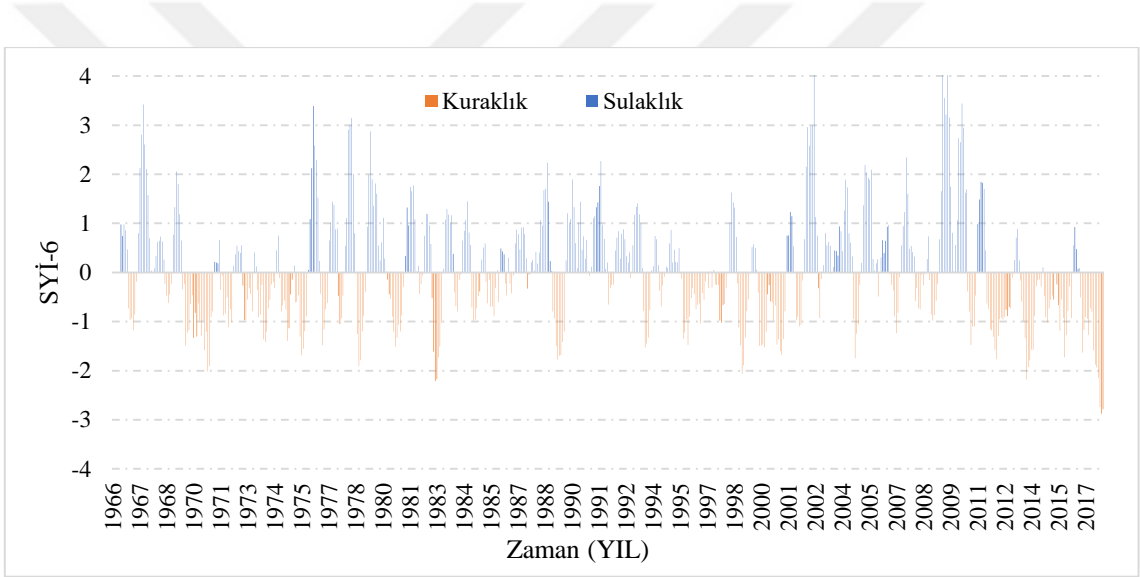
17690 numarası ile adlandırılan Horasan istasyonunda 1966~2017 tarihleri arasında ölçülmüş ve sürekli olan aylık yağış verileri ile kuraklık analizi yapılmıştır. Aylık ve yıllık toplam yağışlar kullanılarak elde edilen 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık seri SYİ değerinin zamansal dağılımı Şekil 14~18'de verilmiş olup sırasıyla SYİ-1, SYİ-3, SYİ-6, SYİ-9 ve SYİ-12 olarak adlandırılmıştır.



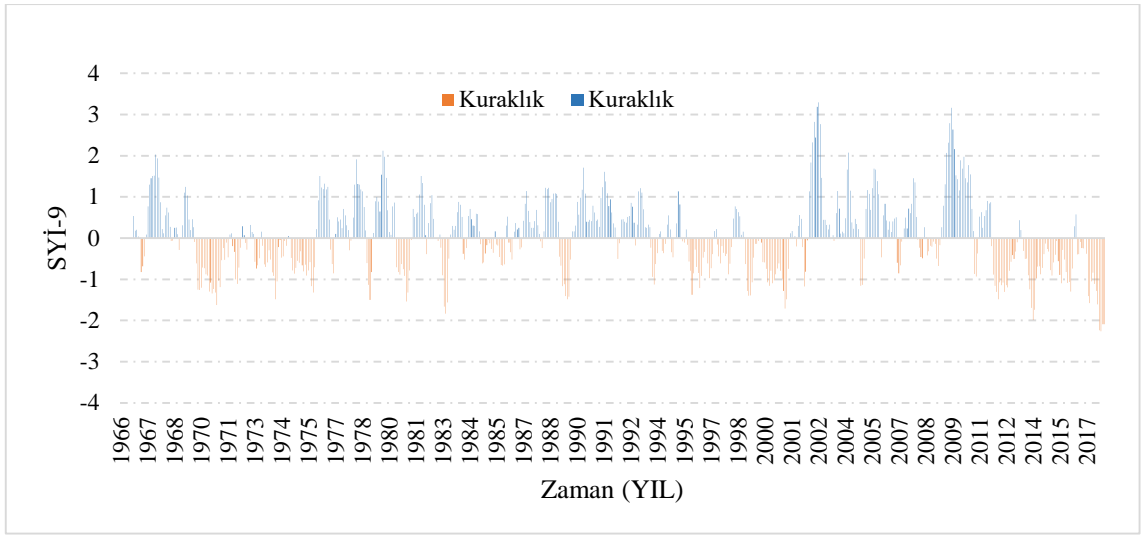
Şekil 14. Horasan istasyonu SYİ-1 değeri zamansal dağılımı



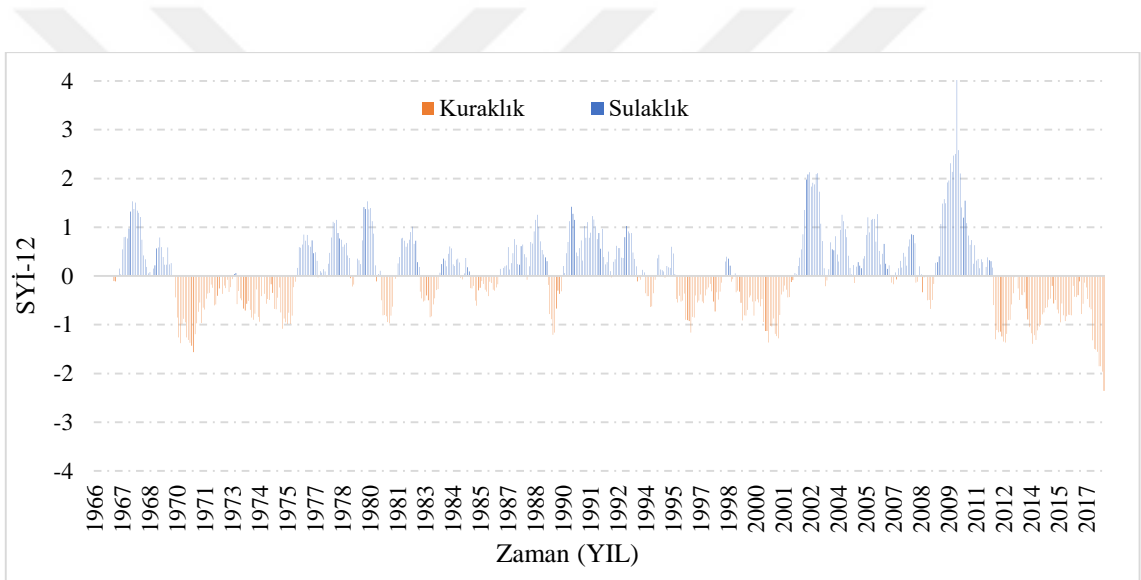
Şekil 15. Horasan istasyonu SYİ-3 değeri zamansal dağılımı



Şekil 16. Horasan istasyonu SYİ-6 değeri zamansal dağılımı



Şekil 17. Horasan istasyonu SYİ-9 değeri zamansal dağılımı



Şekil 18. Horasan istasyonu SYİ-12 değeri zamansal dağılımı

Verilen 17690 numaralı istasyona ait SYİ değerleri incelendiğinde; 1966~2017 yılları arasındaki SYİ-1 değerleri için 0, SYİ-3 için 12, SYİ-6 için 9, SYİ-9 için 4 ve SYİ-12 için 1 aşırı kurak ay tespit edilmiştir.

Horasan istasyonunun karakteristikleri

1, 3, 6, 9 ve 12 aylık SYİ değerleri ele alındığında en uzun süren kurak ve yağışlı zaman dilimleri Tablo 6'da gösterilmiştir. Kurak dönemleri ele alacak olursak, SYİ-1 değerleri için Mayıs 2017'de başlamış ve Aralık 2017'de bitmiş olan en uzun kurak dönemlerden biri 8 ay sürmüştür. SYİ-3 değerlerine göre de en uzun kurak dönem, Şubat 2017'de başlayıp 11 ay sürmüştür. SYİ-6 değerleri için ise en uzun kurak dönem Eylül 1969'de başlamış ve 20 ay sürdüktan sonra Nisan 1971'de bitmiştir. SYİ-9 değerleri için en uzun kurak dönem Eylül

2013'te başlamış ve 33 ay sonra Nisan 2016'da sona ermiştir. SYİ-12 değerleri için en uzun kurak dönem Nisan 2012'de başlamış ve toplamda 69 ay sürmüştür.

Yağışlı dönemler incelendiğinde ise, SYİ-1 için, Şubat 2009'de, başlayıp 12 ay süren yağışlı dönem, SYİ-3 için Kasım 1990'da başlayıp 11 ay sonra Eylül 1991'de sona ermiştir. SYİ-6 için Eylül 1967'de başlamış olup 20 ay sürmüştür. SYİ-9 için Kasım 1989'de başlamış 28 ay sürdükten sonra Şubat 1992'de bitmiştir. Son olarak SYİ-12 için Şubat 1990'da başlamış ve 30 ay sürmüştür.

Tablo 6. Horasan İstasyonun Dönemsel SYİ' ye Göre Dönemlerin Karakteristikleri

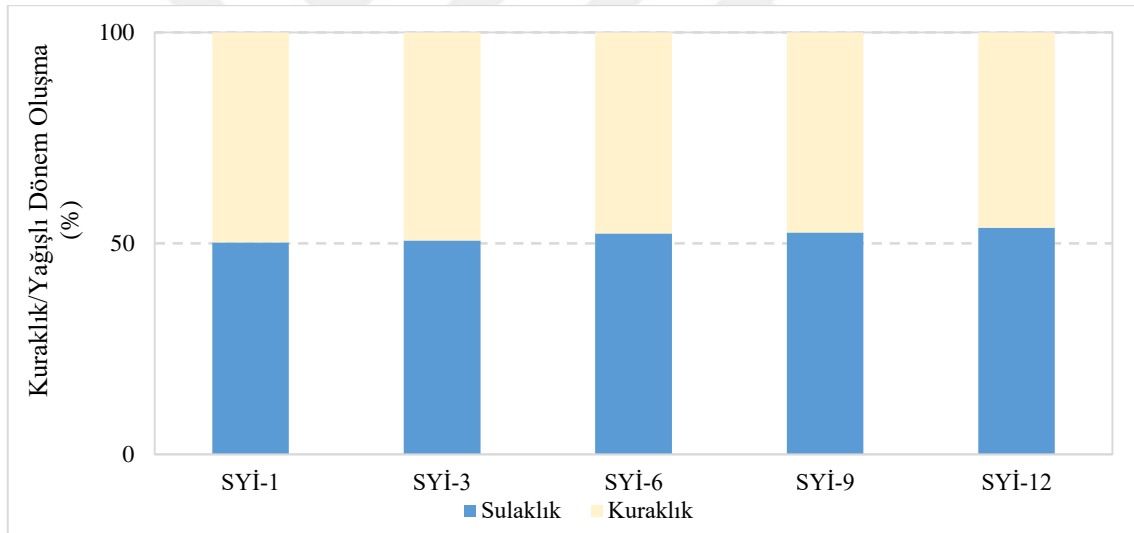
Horasan İstasyon	Kuraklık				Sulaklık				
	Süre (Ay)	Eksiklik Toplamı	Kuraklık Şiddeti	Yüzde (%)	Süre (Ay)	Fazlalık Toplamı	Sulaklık Şiddeti	Yüzde (%)	
SYİ-1	Hafif	189	-89,97	-0,48	34,91	209	98,82	0,47	37,95
	Orta	63	-76,26	-1,21	29,58	68	84,27	1,24	32,36
	Şiddetli	52	-91,53	-1,76	35,51	36	62,05	1,72	23,83
	Aşırı	0	0,00	0,00	0,00	7	15,27	2,18	5,86
SYİ-3	Hafif	234	-108,90	-0,47	44,62	193	90,20	0,47	35,93
	Orta	55	-66,43	-1,21	27,22	54	67,16	1,24	26,75
	Şiddetli	24	-40,35	-1,68	16,53	34	58,53	1,72	23,32
	Aşırı	12	-28,41	-2,37	11,64	16	35,13	2,20	14,00
SYİ-6	Hafif	217	-115,02	-0,53	42,79	189	89,98	0,48	30,46
	Orta	65	-81,70	-1,26	30,40	46	56,36	1,23	19,08
	Şiddetli	30	-50,86	-1,70	18,92	27	47,15	1,75	15,96
	Aşırı	9	-21,20	-2,36	7,89	36	101,96	2,83	34,51
SYİ-9	Hafif	239	-108,20	-0,45	52,70	218	92,05	0,42	40,39
	Orta	56	-68,40	-1,22	33,31	52	63,72	1,23	27,96
	Şiddetli	12	-20,04	-1,67	9,76	20	33,95	1,70	14,90
	Aşırı	4	-8,68	-2,17	4,23	15	38,17	2,54	16,75
SYİ-12	Hafif	254	-116,91	-0,46	66,89	250	103,91	0,42	51,27
	Orta	36	-43,70	-1,21	25,00	42	50,99	1,21	25,16
	Şiddetli	7	-11,80	-1,69	6,75	12	20,89	1,74	10,3
	Aşırı	1	-2,36	-2,36	1,35	11	26,90	2,45	13,27

Şekil 19'de Horasan istasyonu için ele alınan beş farklı dönem için kurak ve yağışlı durumların meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. Buna göre, SYİ-1'den (50,26%) SYİ-12' ye (53,70%) kader yağışlı dönem gittikçe artış göstermektedir. Kurak dönem ise yağışlı dönemin tam ters SYİ-1'den (49,74%) SYİ-12' ye (46,30%) doğru gittikçe azalış göstermektedir.

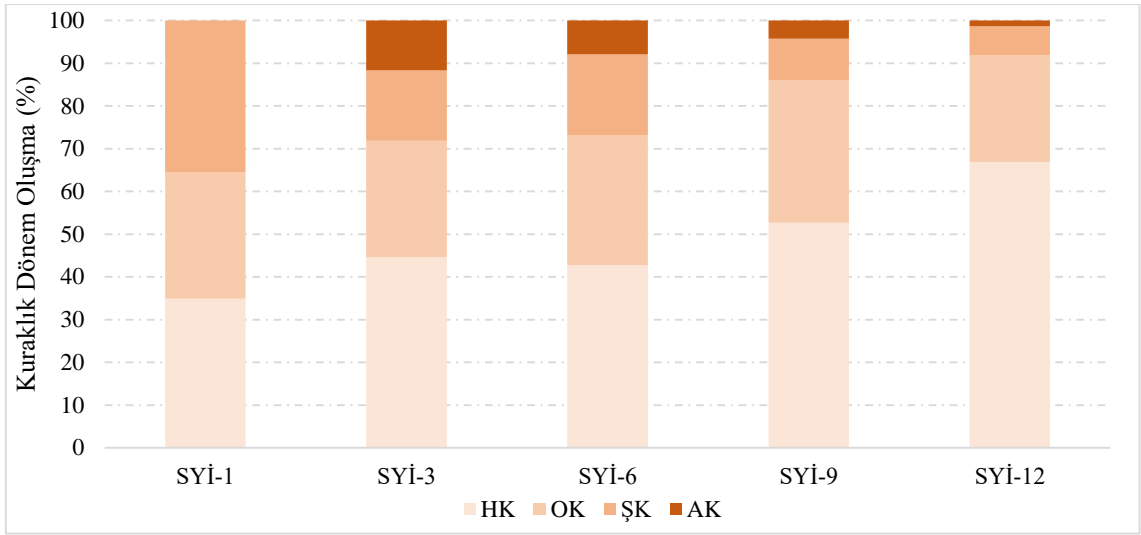
Horasan istasyonu için kurak dönemlerin dört farklı sınıflandırmaya göre oluşma yüzdeleri Şekil 20'de verilmiştir. Buna göre, HK durumun SYİ-6' (42,8%) hariç diğer dönemlerde SYİ-1' den (34,9%) SYİ-12'ye (66,6%) yaklaşık doğrusal olarak artış göstermektedir. OK durumu incelendiğinde SYİ-3 ile SYİ-12 periyotlarda yaklaşık olarak %26

gözlenmiştir. Diğer dönemlerde kuraklık oluşma yüzdesi yaklaşık olarak %30 oluşmaktadır. ÇK ise yüzdesi SYİ-3 (16,5%) olup, diğer dört dönemler doğrusal olarak (35,5% ~ 6,75%) arasında azalış gözlemlenmiş olup, AK durumun oluşma yüzdesi ise SYİ-1 de sıfır diğer dört dönemlerde SYİ-3'ten (11,6%) SYİ-12' ye (1,3%) doğrusal olarak azalış göstermektedir.

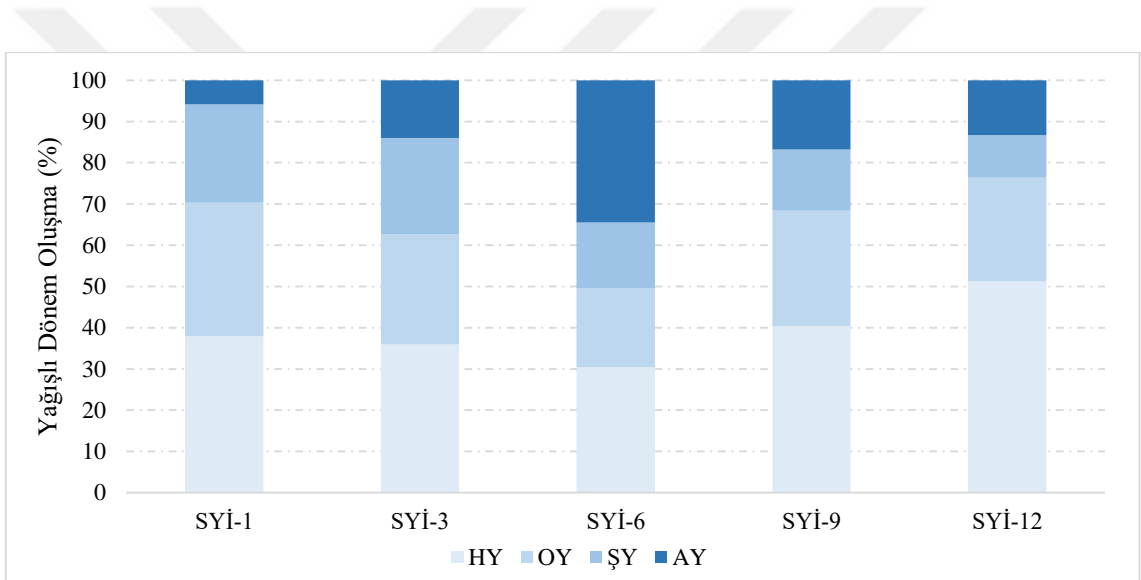
Horasan istasyonu için yağışlı dönemlerin dört farklı sınıflandırmaya göre oluşma yüzdeleri Şekil 21'de verilmiştir. Yağışlı dönemlerde de HY dönem oluşma yüzdesi tüm periyotlarda farklılık göstermektedir, SYİ-1'den (%37,95) SYİ-6' ye (%30,46) azalış gözlemlenmiştir ve SYİ-6'den (%30,46) SYİ-12 ye (%51,3) tam ters artış göstermektedir. OY oluşma yüzdesi ise SYİ-1'den (%32,4) SYİ-6' ye (%19,1) doğrusal bir şekilde azalış olmuş olup, diğer periyotlarda ise SYİ-9 (%28), SYİ-12 (%25,2) tespit edilmiştir. ÇY dönem oluşma yüzdesi ise SYİ-1 ve SYİ-3' te %23 ve diğer dönemlerde SYİ-6 (%16), SYİ-9 (%15) ve SYİ-12 (%10,3) olarak bulmuştur. AY oluşma yüzdesi ise SYİ-1 (%5,9) ile SYİ-6 (%34,5) arasında gittikçe artış gözlemlenmiştir ve SYİ-6 (%34,5) ile SYİ-12 (%13,3) arasında ise tam ters gittikçe azalış göstermektedir.



Şekil 19. Horasan istasyonu SYİ' ye göre kuraklık ve yağışlı dönemler dağılımı



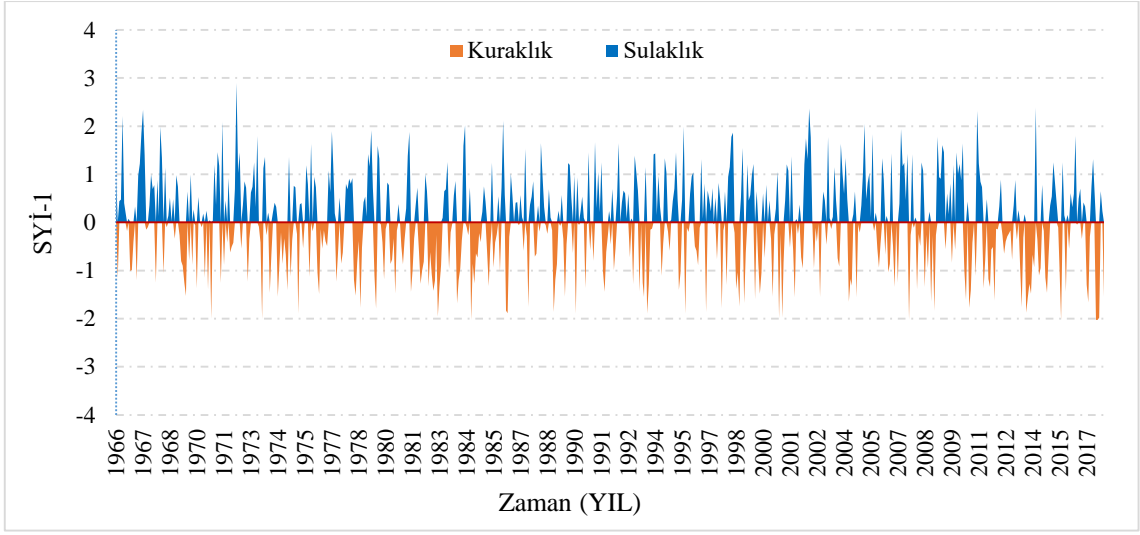
Şekil 20. Horasan istasyonu SYİ' ye göre kurak dönemlerin oluşma yüzdeleri



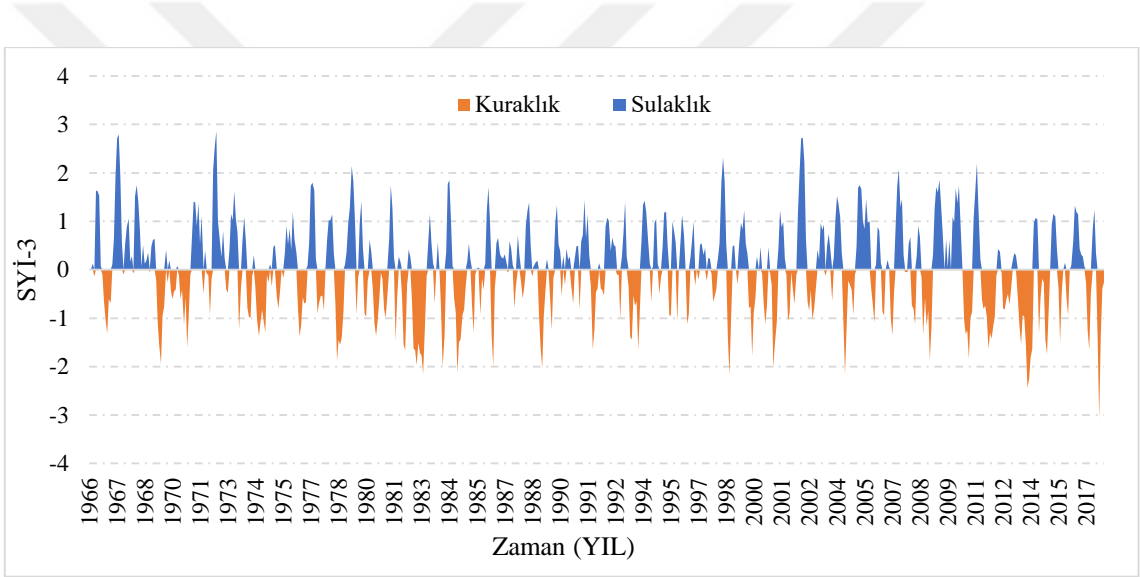
Şekil 21. Horasan istasyonu SYİ' ye göre yağışlı dönemlerin oluşma yüzdeleri

Tortum istasyonu

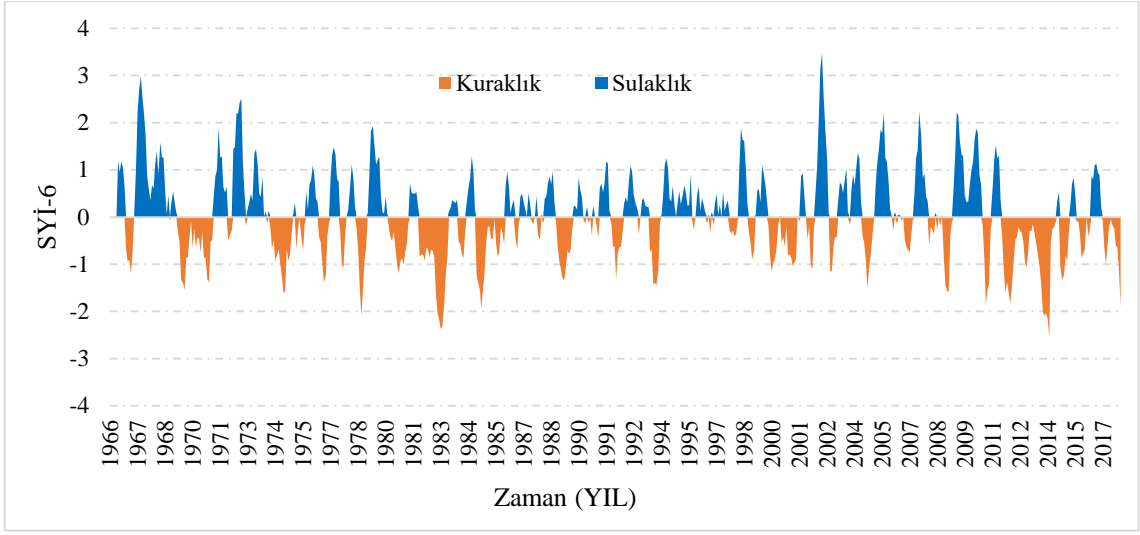
17688 numarası ile adlandırılan Tortum istasyonunda 1966~2017 tarihleri arasında ölçülmüş ve sürekli olan aylık yağış verileri ile kuraklık analizi yapılmıştır. Aylık ve yıllık toplam yağışlar kullanılarak elde edilen 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık seri SYİ değerinin zamansal dağılımı Şekil 22~26' da verilmiş olup sırasıyla SYİ-1, SYİ-3, SYİ-6, SYİ-9 ve SYİ-12 olarak adlandırılmıştır.



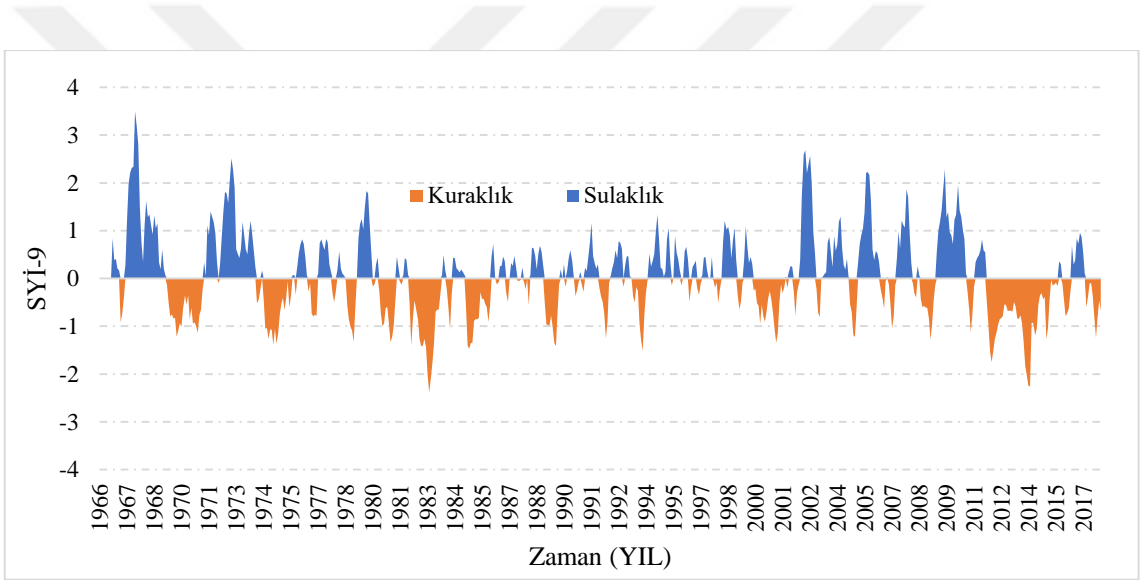
Şekil 22. Tortum istasyonu SYİ-1 değeri zamansal dağılımı



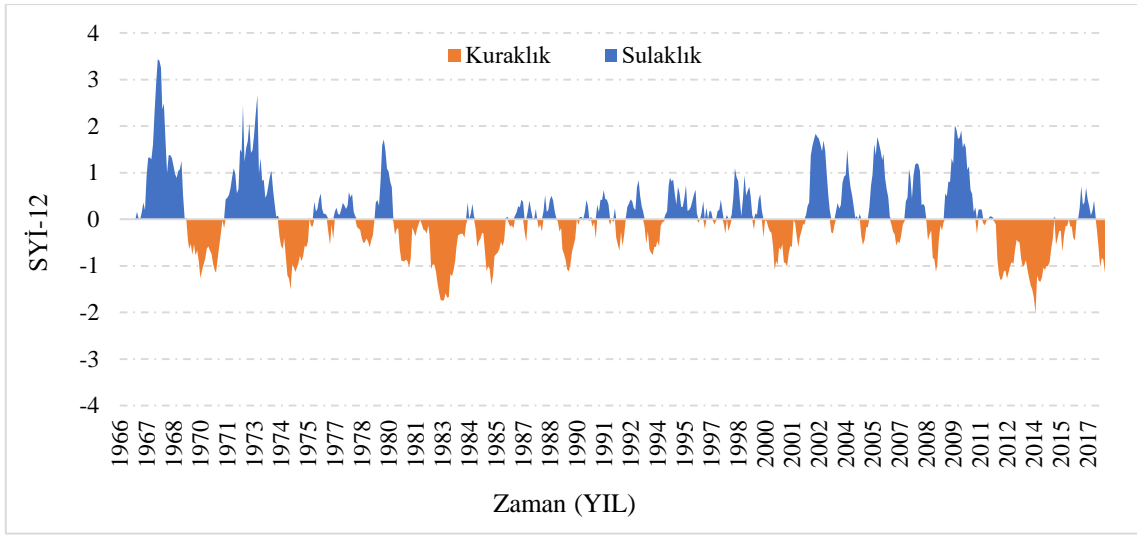
Şekil 23. Tortum istasyonu SYİ-3 değeri zamansal dağılımı



Şekil 24. Tortum istasyonu SYİ-6 değeri zamansal dağılımı



Şekil 25. Tortum istasyonu SYİ-9 değeri zamansal dağılımı



Şekil 26. Tortum istasyonu SYİ-12 değeri zamansal dağılımı

Verilen 17866 numaralı istasyona ait SYİ değerleri incelendiğinde, 1966~2017 yılları arasındaki SYİ-1 değerleri için 7, SYİ-3 için 10, SYİ-6 için 9, SYİ-9 için 6 ve SYİ-12 için ise 1 aşırı kurak ay tespit edilmiştir.

Tortum istasyonunun karakteristikleri

1, 3, 6, 9 ve 12 aylık SYİ değerleri ele alındığında en uzun süren kurak ve yağışlı zaman dilimleri Tablo 7’de gösterilmiştir. Kurak dönemleri ele alacak olursak, SYİ-1 değerleri için Haziran 1982’de başlamış ve Şubat 1983’te bitmiş olan en uzun kurak dönemlerden biri 9 ay sürmüştür. SYİ-3 değerlerine göre de en uzun kurak dönem, Temmuz 2013’te başlayıp 10 ay sürmüştür. SYİ-6 değerleri için ise en uzun kurak dönem Kasım 2011’de başlamış ve 34 ay sürdükten sonra Ağustos 2014’te bitmiştir. SYİ-9 değerleri için en uzun kurak dönem Ocak 2012’de başlamış ve 45 ay sonra Eylül 2015’te sona ermiştir. SYİ-12 değerleri için en uzun kurak dönem Haziran 1980’da başlamış ve toplamda 47 ay sürmüştür.

Yağışlı dönemler incelendiğinde ise, SYİ-1 için, Mart 2005’te, başlayıp 8 ay süren yağışlı dönem, SYİ-3 için Mart 2009’de başlayıp 11 ay sonra Ocak 2010’da sona ermiştir, SYİ-6 için Mayıs 1967’de başlamış olup 21 ay sürmüştür. SYİ-9 için Mayıs 1967’de başlamış 26 ay sürdükten sonra Haziran 1969’de bitmiştir. Son olarak SYİ-12 için Ağustos 1971’de başlamış ve 34 ay sürmüştür.

Tablo 7. Tortum İstasyonunun Dönemsel SYİ' ye Göre Dönemlerin Karakteristikleri

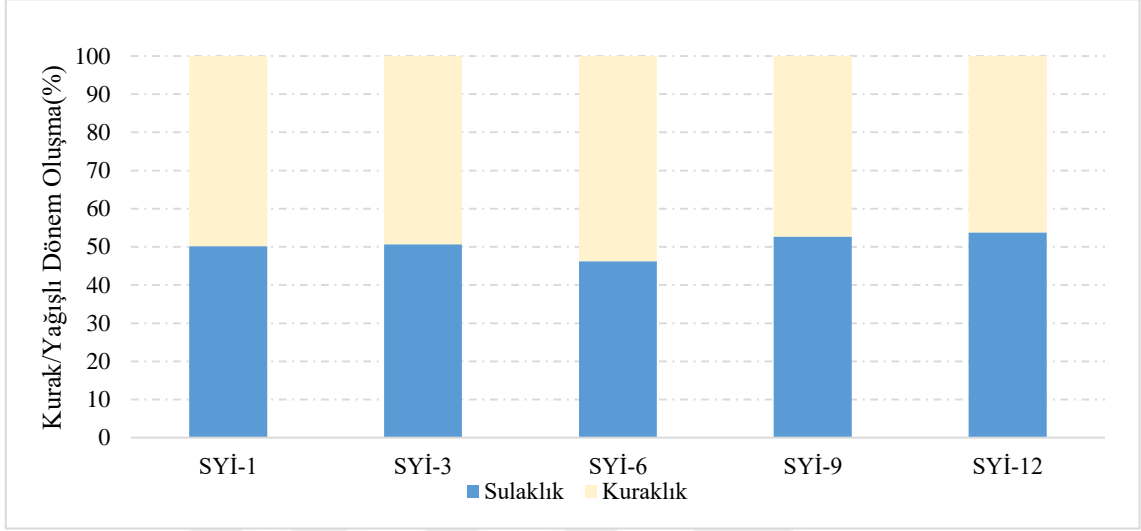
Tortum İstasyon	Kuraklık				Sulaklık				
	Süre (Ay)	Eksiklik Toplamı	Kuraklık Şiddeti	Yüzde (%)	Süre (Ay)	Fazlalık Toplamı	Sulaklık Şiddeti	Yüzde (%)	
SYİ-1	Hafif	194	-87,06	-0,45	33,77	206	103,34	0,50	39,74
	Orta	70	-87,54	-1,25	33,95	70	86,64	1,24	33,32
	Şiddetli	40	-69,09	-1,73	26,80	27	47,32	1,75	18,20
	Aşırı	7	-14,13	-2,02	5,48	10	22,77	2,28	8,76
SYİ-3	Hafif	203	-102,62	-0,51	41,81	217	95,66	0,44	37,95
	Orta	57	-69,80	-1,22	28,44	63	75,27	1,19	29,86
	Şiddetli	30	-50,53	-1,68	20,59	29	49,78	1,72	19,75
	Aşırı	10	-22,48	-2,25	9,16	13	31,36	2,41	12,44
SYİ-6	Hafif	235	-163,06	-0,69	59,44	217	110,01	0,51	46,69
	Orta	48	-58,23	-1,21	21,22	55	52,41	0,95	22,25
	Şiddetli	20	-33,27	-1,66	12,13	18	31,13	1,73	13,21
	Aşırı	9	-19,79	-2,20	7,21	17	42,07	2,47	17,85
SYİ-9	Hafif	242	-115,97	-0,48	57,03	230	98,40	0,43	43,58
	Orta	53	-64,43	-1,22	31,69	46	55,83	1,21	24,72
	Şiddetli	6	-9,90	-1,65	4,87	15	27,03	1,80	11,97
	Aşırı	6	-13,03	-2,17	6,41	18	44,56	2,48	19,73
SYİ-12	Hafif	247	-105,85	-0,43	59,29	233	86,78	0,37	41,63
	Orta	47	-54,21	-1,15	30,37	38	47,91	1,26	22,98
	Şiddetli	10	-16,43	-1,64	9,20	25	42,11	1,68	20,20
	Aşırı	1	-2,03	-2,03	1,14	12	31,64	2,64	15,18

Şekil 27'de Tortum istasyonu için ele alınan beş farklı dönem için kurak ve yağışlı durumların meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. Buna göre, SYİ-1, SYİ-3, SYİ-9 ve SYİ-12'te yağışlı dönem %50'nin üstünde meydana gelmiş olup, sadece SYİ-6 kurak dönem %50'nin üzerinde oluşmuştur.

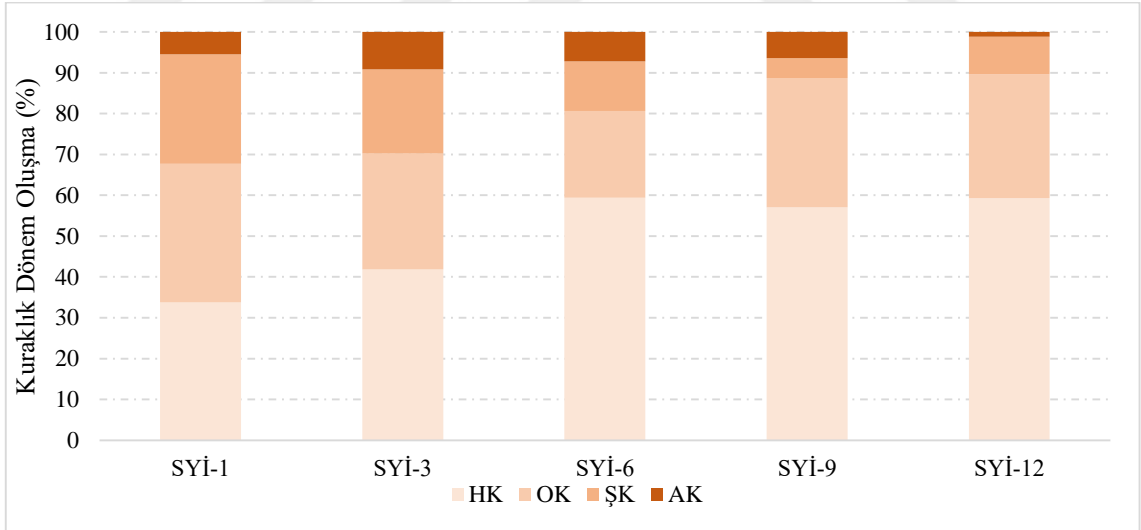
Tortum istasyonu için kurak dönemlerin dört farklı sınıflandırmaya göre oluşma yüzdeleri Şekil 28'de verilmiştir. Buna göre, HK durumun SYİ-1' den (33,8%) SYİ-6'ye (59,4%) artış göstermektedir. SYİ-9 (57,03%), SYİ-12 (59,3%) bulmuştur. OK durumu incelendiğinde SYİ-6' hariç tüm periyotlarda yaklaşık olarak %30 oranında gözlenmiştir. SYİ-6' kuraklık oluşma yüzdesi %21 oluşmaktadır. ÇK ise yüzdesi en az olan SYİ-9 (4,87%) dır, diğer dört dönemler doğrusal olarak (26,8% ~ 9,2%) arasında azalış gözlemlenmiştir olup, AK durumun oluşma yüzdesi ise SYİ-3'ten SYİ-9 doğrusal olarak azalış göstermektedir. Diğer dönemlerde SYİ-1 (5,5%) ve SYİ-12 (1,2%) gözlemlenmiştir.

Tortum istasyonu için yağışlı dönemlerin dört farklı sınıflandırmaya göre oluşma yüzdeleri Şekil 29'de verilmiştir. Yağışlı dönemlerde de HY dönem oluşma yüzdesi tüm periyotlarda farklılık göstermektedir. SYİ-1 (%39,7), SYİ-3 (%37,95), SYİ-6 (%46,7), SYİ-9 (%43,6) ve SYİ-12 (%41,3) gözlemlenmiştir. OY oluşma yüzdesi en düşük SYİ-6 ile SYİ-12'de

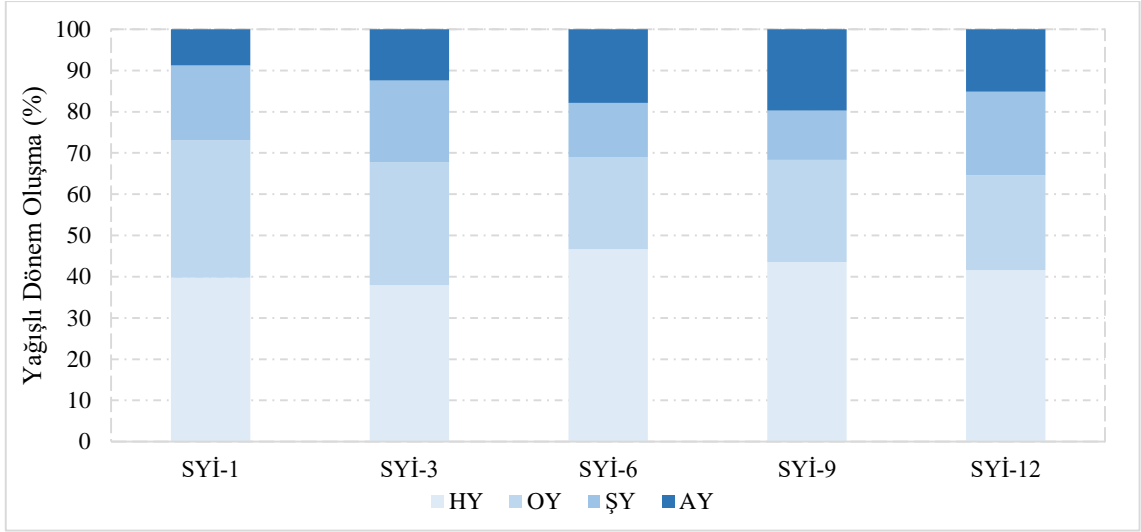
%23 olmuş, diğer periyotlarda ise SYİ-1 (%33,3). SYİ-3 (%29,86) ve SYİ-9 (%24,7) olarak meydana gelmiştir. ÇY dönem oluşma yüzdesi ise SYİ-1 ve SYİ-3’ de %18,2 ve %19,75, diğer dönemlerde SYİ-6 (%13,2), SYİ-9 (%12) ve SYİ-12 (%20,2) olarak bulunmuştur. AY oluşma yüzdesi ise SYİ-1 (%8,8) den SYİ-9 (%19,7) ye yaklaşık doğrusal değişim göstermektedir, SYİ-12 (%15,2) olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 27. Tortum istasyonu SYİ’ ye göre kuraklık ve yağışlı dönemlerin dağılımı



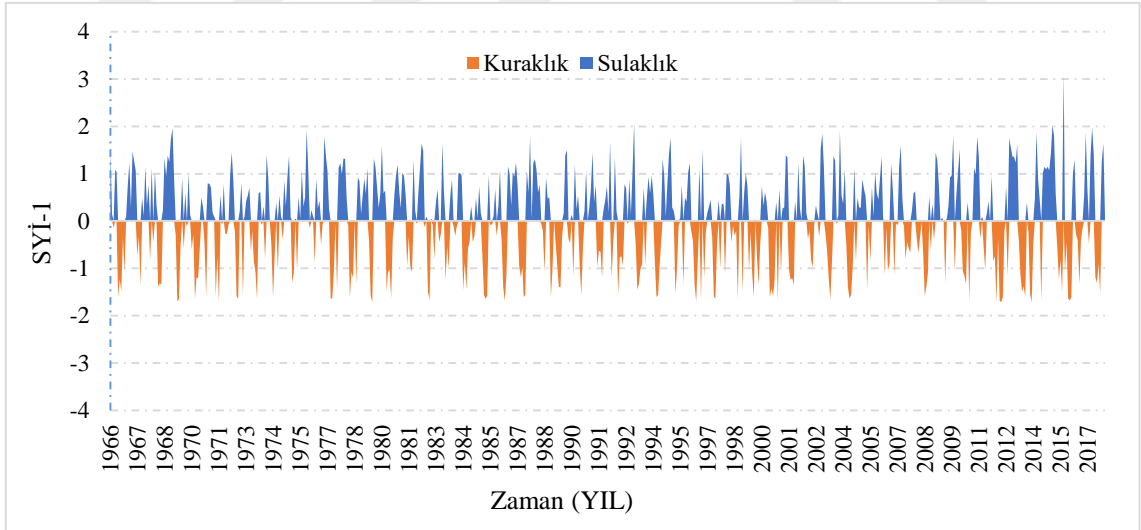
Şekil 28. Tortum istasyonu SYİ’ ye göre kurak dönemlerin oluşma yüzdeleri



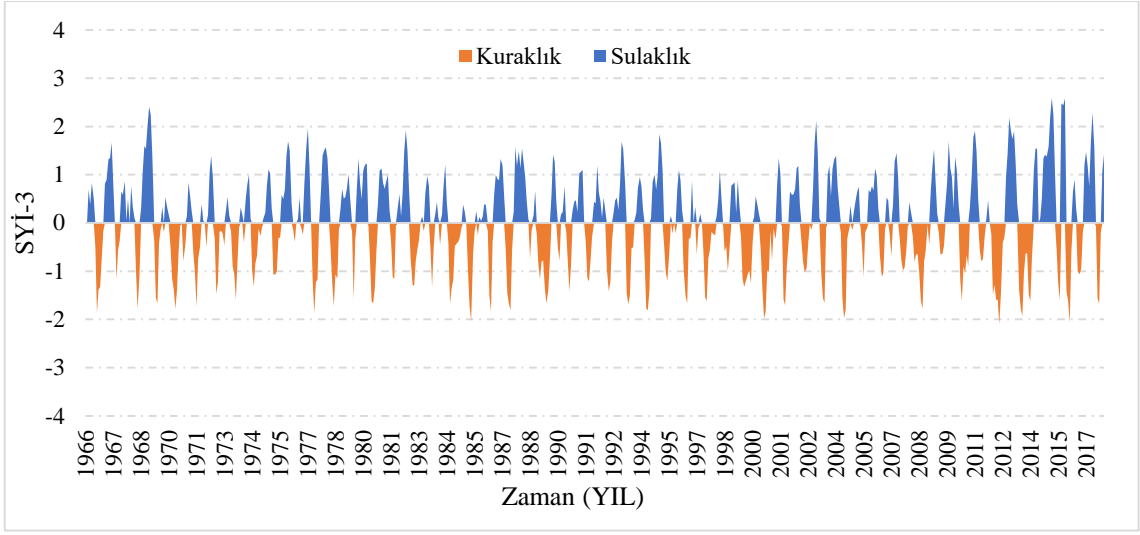
Şekil 29. Tortum istasyonu SYİ' ye göre yağışlı dönemlerin oluşma yüzdeleri

Hınıs istasyonu

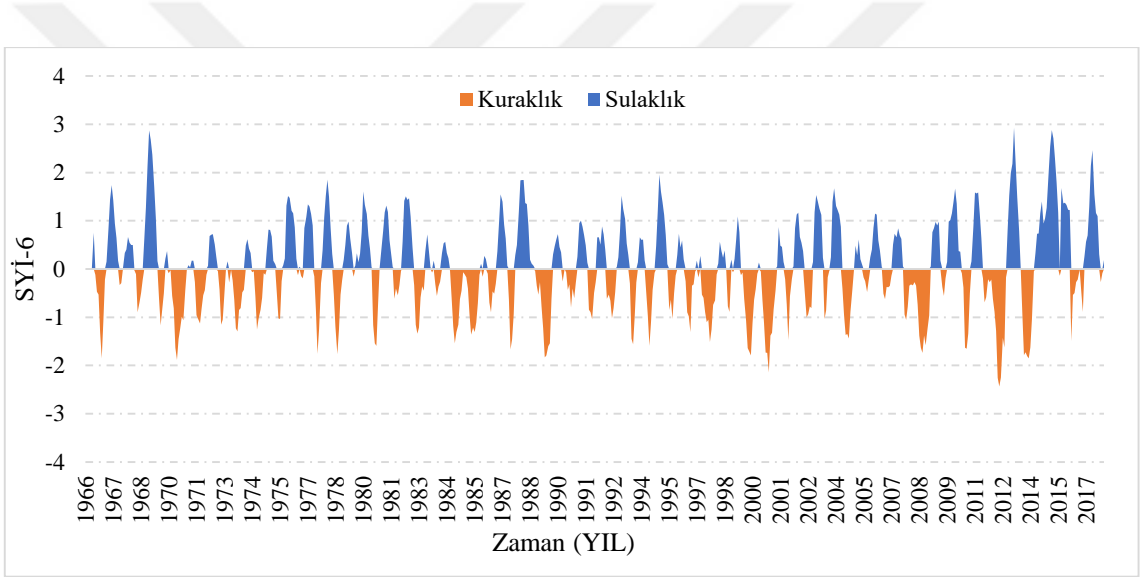
17740 numarası ile adlandırılan Hınıs istasyonunda 1966~2017 tarihleri arasında ölçülmüş ve sürekli olan aylık yağış verileri ile kuraklık analizi yapılmıştır. Aylık ve yıllık toplam yağışlar kullanılarak elde edilen 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık seri SYİ değerinin zamansal dağılımı Şekil 30~34' te verilmiş olup, sırasıyla SYİ-1, SYİ-3, SYİ-6, SYİ-9 ve SYİ-12 olarak adlandırılmıştır.



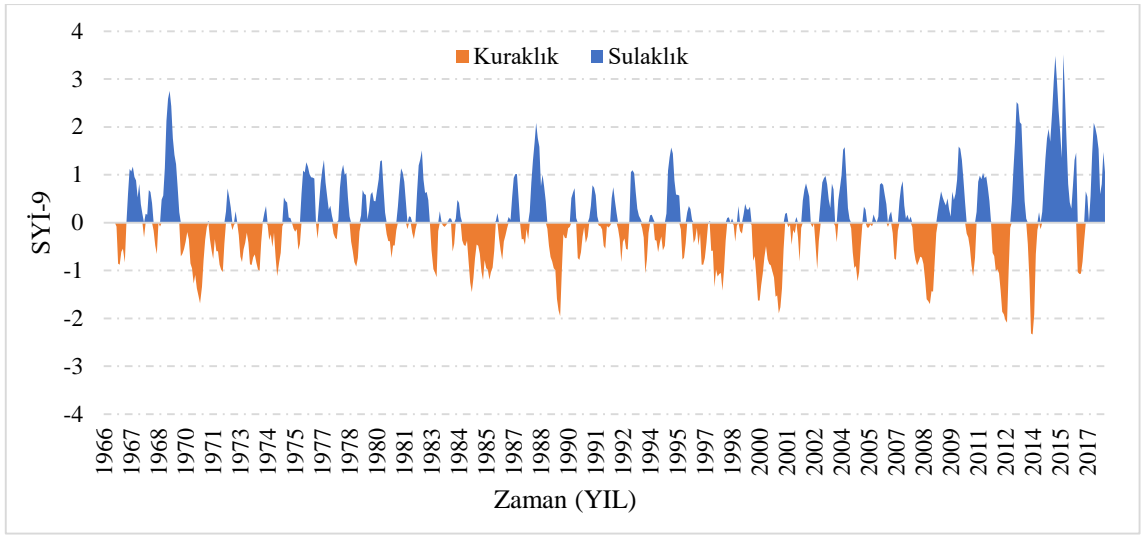
Şekil 30. Hınıs istasyonu SYİ-1 değeri zamansal dağılımı



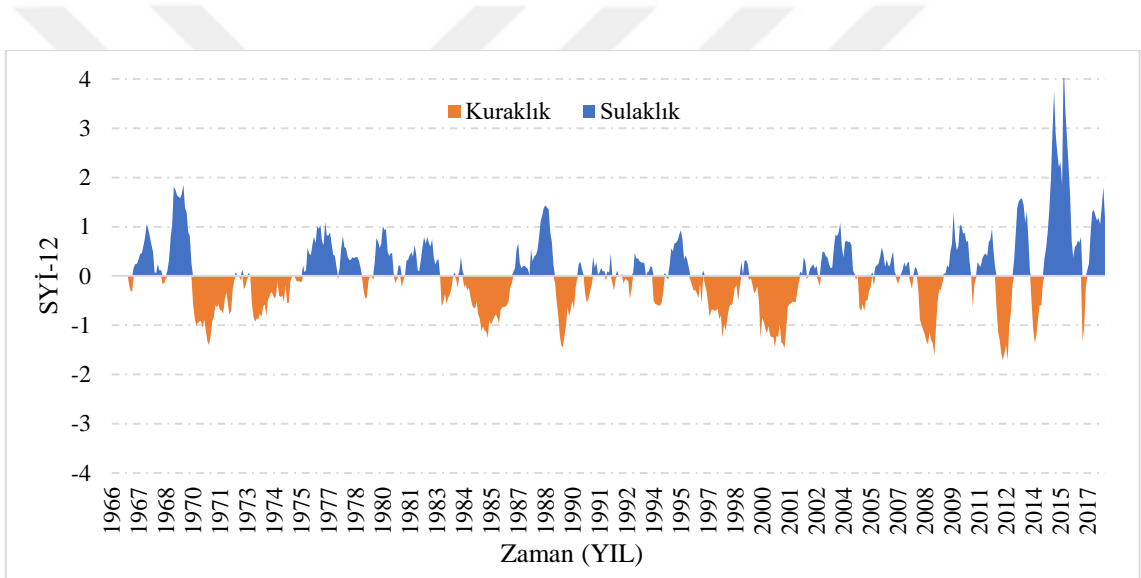
Şekil 31. Hınıs istasyonu SYİ-3 değeri zamansal dağılımı



Şekil 32. Hınıs istasyonu SYİ-6 değeri zamansal dağılımı



Şekil 33. Hınıs istasyonu SYİ-9 değeri zamansal dağılımı



Şekil 34. Hınıs istasyonu SYİ-12 değeri zamansal dağılımı

Verilen 17740 numaralı istasyona ait SYİ değerleri incelendiğinde, 1966~2017 yılları arasındaki SYİ-1 değerleri için 0, SYİ-3 için 3, SYİ-6 için 4, SYİ-9 için 4 ve SYİ-12 için ise 0 aşırı kurak ay tespit edilmiştir.

Hınıs istasyonun karakteristikleri

1, 3, 6, 9 ve 12 aylık SYİ değerleri ele alındığında en uzun süren kurak ve yağışlı zaman dilimleri Tablo 8’ de gösterilmiştir. Kurak dönemleri ele alacak olursak, SYİ-1 değerleri için Şubat 2012’de başlamış ve Eylül 2012’de bitmiş olan en uzun kurak dönemlerden biri 8 ay sürmüştür. SYİ-3 değerlerine göre de en uzun kurak dönem, Mart 2008’de başlayıp 11 ay sürmüştür. SYİ-6 değerleri için ise en uzun kurak dönem Ağustos 1984’te başlamış ve 19 ay sürdüktan sonra Ocak 1985’te bitmiştir. SYİ-9 değerleri için en uzun kurak dönem Temmuz

1999'de başlamış ve 21 ay sonra Nisan 2001'de sona ermiştir. SYİ-12 değerleri için en uzun kurak dönem Mayıs 1999'de başlamış ve toplamda 32 ay sürmüştür.

Yağışlı dönemler incelendiğinde ise, SYİ-1 için, Eylül 2014'te, başlayıp 9 ay süren yağışlı dönem, SYİ-3 için Mayıs 2014'te başlayıp 14 ay sonra Haziran 2015'te sona ermiştir. SYİ-6 için Haziran 2014'te başlamış olup, 15 ay sürmüştür. SYİ-9 için Ağustos 1984'te başlamış 21 ay sürdükten sonra Nisan 1986'da bitmiştir. Son olarak SYİ-12 için Ocak 1976'da başlamış ve 22 ay sürmüştür.

Tablo 8. Hınıs İstasyonunun Dönemsel SYİ' ye Göre Dönemlerin Karakteristikleri

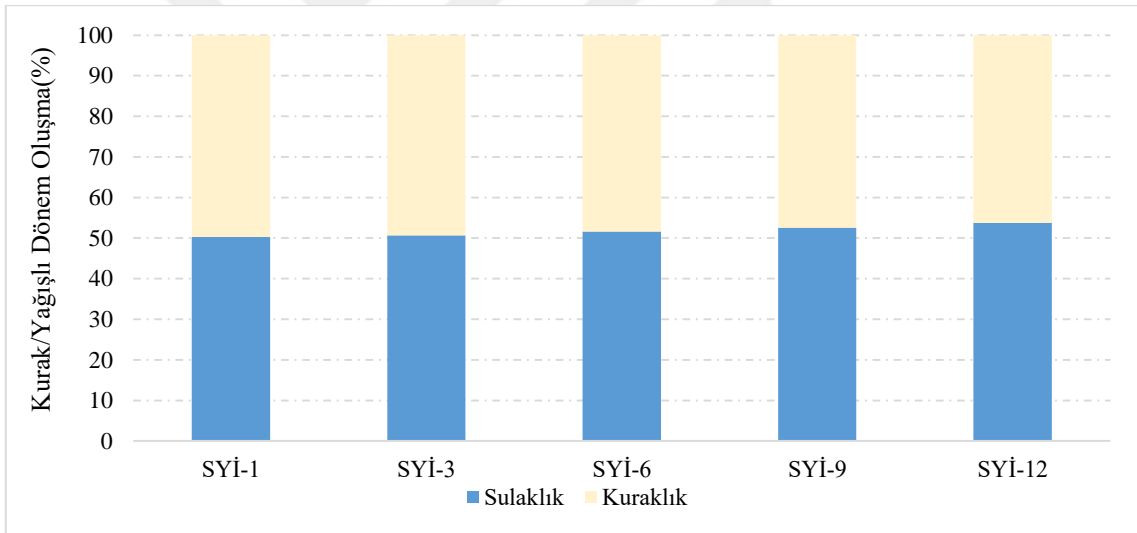
Hınıs İstasyon	Kuraklık				Sulaklık				
	Süre (Ay)	Eksiklik Toplamı	Kuraklık Şiddeti	Yüzde (%)	Süre (Ay)	Fazlalık Toplamı	Sulaklık Şiddeti	Yüzde (%)	
SYİ-1	Hafif	157	-71,14	-0,45	27,10	211	102,93	0,49	38,79
	Orta	80	-98,73	-1,23	37,60	89	108,36	1,22	40,84
	Şiddetli	57	-92,68	-1,63	35,30	27	46,82	1,73	17,65
	Aşırı	0	0,00	0,00	0,00	3	7,22	2,41	2,72
SYİ-3	Hafif	187	-83,22	-0,45	32,84	207	100,34	0,48	38,57
	Orta	68	-82,89	-1,22	32,71	67	82,20	1,23	31,60
	Şiddetli	48	-81,10	-1,69	32,00	30	49,83	1,66	19,15
	Aşırı	3	-6,20	-2,07	2,45	12	27,78	2,32	10,68
SYİ-6	Hafif	219	-95,01	-0,43	40,93	200	91,33	0,46	36,94
	Orta	61	-76,16	-1,25	32,81	64	79,85	1,25	32,29
	Şiddetli	32	-51,85	-1,62	22,34	26	43,71	1,68	17,68
	Aşırı	4	-9,08	-2,27	3,91	13	32,36	2,49	13,09
SYİ-9	Hafif	254	-114,67	-0,45	56,53	219	98,16	0,45	43,63
	Orta	43	-50,18	-1,17	24,74	43	51,24	1,19	22,78
	Şiddetli	17	-29,22	-1,72	14,40	19	32,11	1,69	14,27
	Aşırı	4	-8,78	-2,19	4,33	17	43,47	2,56	19,32
SYİ-12	Hafif	234	-99,86	-0,43	59,22	269	104,76	0,39	53,55
	Orta	50	-60,59	-1,21	35,93	31	37,63	1,21	19,23
	Şiddetli	5	-8,17	-1,63	4,85	14	23,79	1,70	12,16
	Aşırı	0	0,00	0,00	0,00	10	29,45	2,95	15,06

Şekil 35'te Hınıs istasyonu için ele alınan beş farklı dönem için kurak ve yağışlı durumların meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. Buna göre, SYİ-1'den (50,26%) SYİ-12' ye (53,71%) kadar yağışlı dönem gittikçe artış göstermektedir. Kurak dönem ise yağışlı dönemin tam ters SYİ-1'den (49,74%) SYİ-12' ye (46,29%) doğru gittikçe azalış göstermektedir.

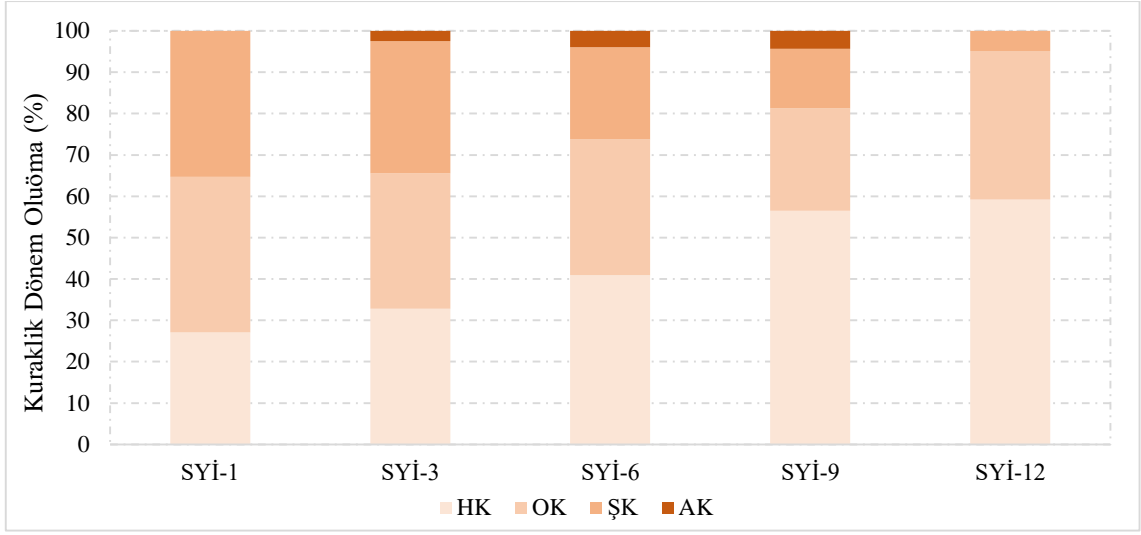
Hınıs istasyonu için kurak dönemlerin dört farklı sınıflandırmaya göre oluşma yüzdeleri Şekil 36'de verilmiştir. Buna göre, HK durumun incelendiğinde SYİ-1'den (27,1%) SYİ-12'

ye (59, 2%) yaklaşık doğrusal olarak artış göstermektedir. OK durumu incelendiğinde SYİ-3 ile SYİ-6 periyotlarda yaklaşık olarak %32,7 oranında gözlenmiştir. Diğer dönemlerde kuraklık oluşma yüzdesi SYİ-1 (37,6%), SYİ-9 (24,74%) ve SYİ-9 (35,9%) oluşmaktadır. ÇK ise yüzdesi SYİ-1 (35,3%), SYİ-12 (4,5%) arasında doğrusal olarak azalış gözlemlenmiş olup, AK durumun oluşma yüzdesi ise SYİ-1 ile SYİ-12 de sıfır diğer üç dönemlerde yaklaşık ortalama olarak 3% tespit edilmiştir.

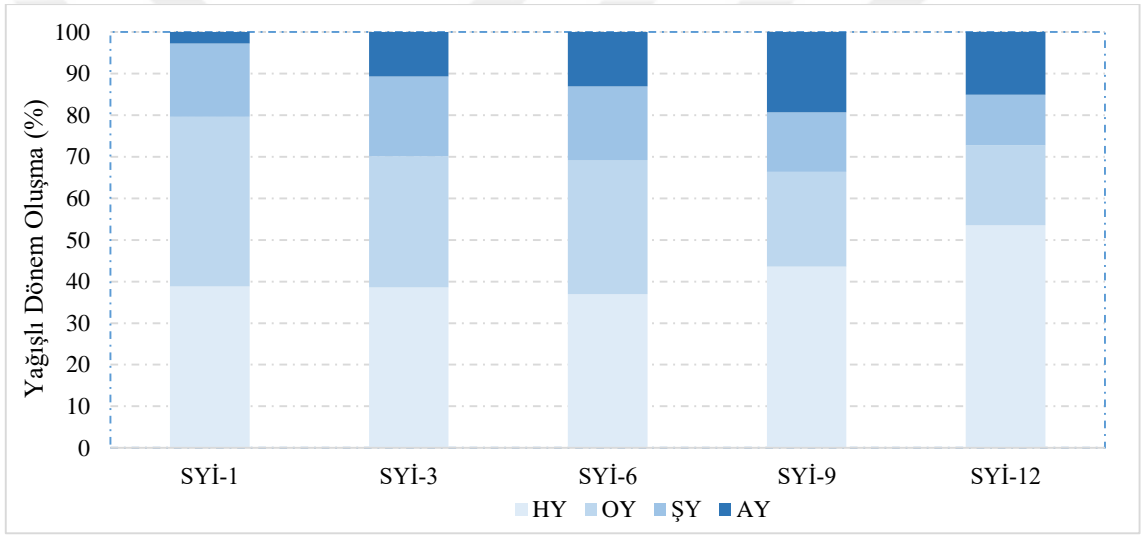
Hınıs istasyonu için yağışlı dönemlerin dört farklı sınıflandırmaya göre oluşma yüzdeleri Şekil 37’de verilmiştir. Yağışlı dönemlerde de HY dönem oluşma yüzdesi SYİ-1 ve SYİ-3’te %38,6 oranında gözlemlenmiştir. SYİ-6 (%37) ile SYİ-12 (%53,6) arasında değişim göstermektedir. OY oluşma yüzdesi ise SYİ-1 (%40,8) ve SYİ-3’te (%31,6) gözlemlenmiştir. Diğer periyotlarda ise %32,3 ile %19,2 arasında değişim tespit edilmiştir. ÇY dönem oluşma yüzdesi ise SYİ-1 ve SYİ-3’te %23 ve diğer dönemlerde SYİ-6 (%16), SYİ-9 (%15) ve SYİ-12 (%10,3) olarak bulunmuştur. AY oluşma yüzdesi ise SYİ-1 (%2,7) ile SYİ-9 (%19,3) arasında gittikçe artış gözlemlenmiştir ve SYİ-12’de %15 belirlenmiştir.



Şekil 35. Hınıs istasyonu SYİ’ ye göre kuraklık ve yağışlı dönemlerin dağılımı



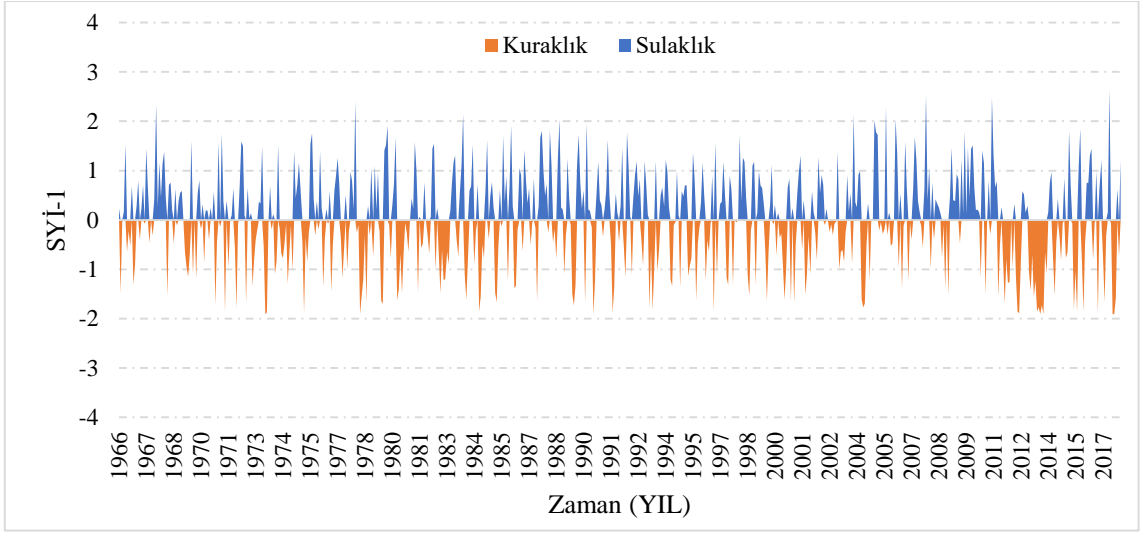
Şekil 36. Hınıs istasyonu SYİ' ye göre kurak dönemlerin oluşma yüzdeleri



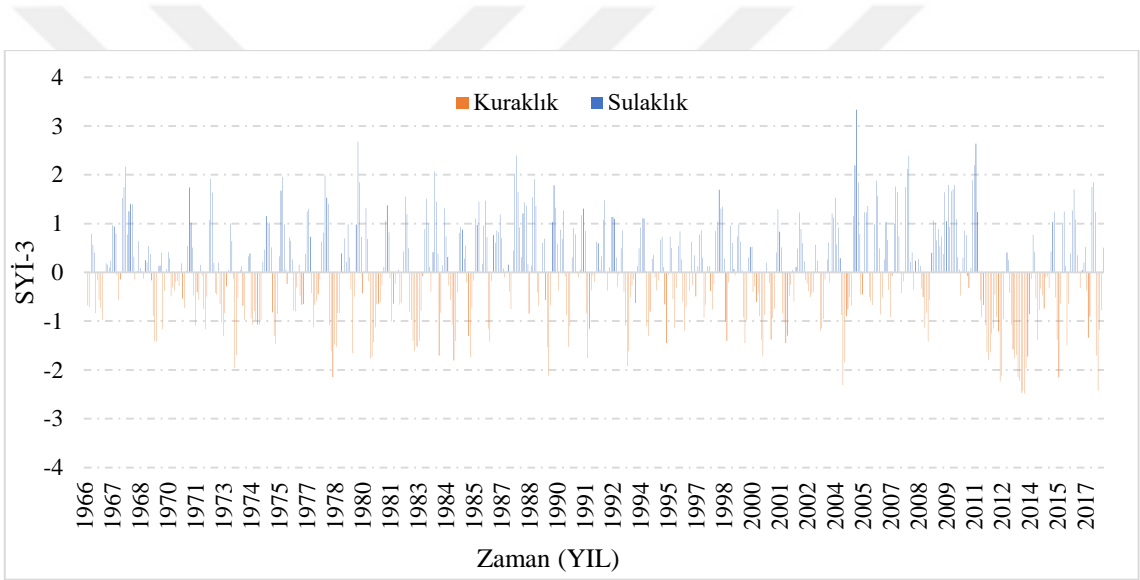
Şekil 37. Hınıs istasyonu SYİ' ye göre yağışlı dönemlerin oluşma yüzdeleri

İspir istasyonu

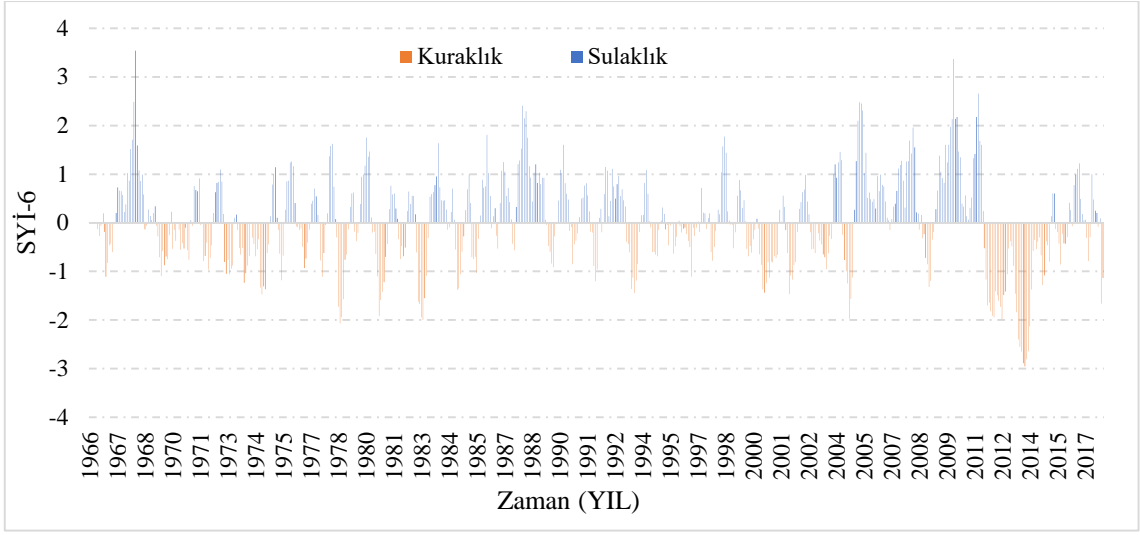
17666 numarası ile adlandırılan İspir istasyonunda 1966~2017 tarihleri arasında ölçülmüş ve sürekli olan aylık yağış verileri ile kuraklık analizi yapılmıştır. Aylık ve yıllık toplam yağışlar kullanılarak elde edilen 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık seri SYİ değerinin zamansal dağılımı Şekil 38~42'de verilmiş olup, sırasıyla SYİ-1, SYİ-3, SYİ-6, SYİ-9 ve SYİ-12 olarak adlandırılmıştır.



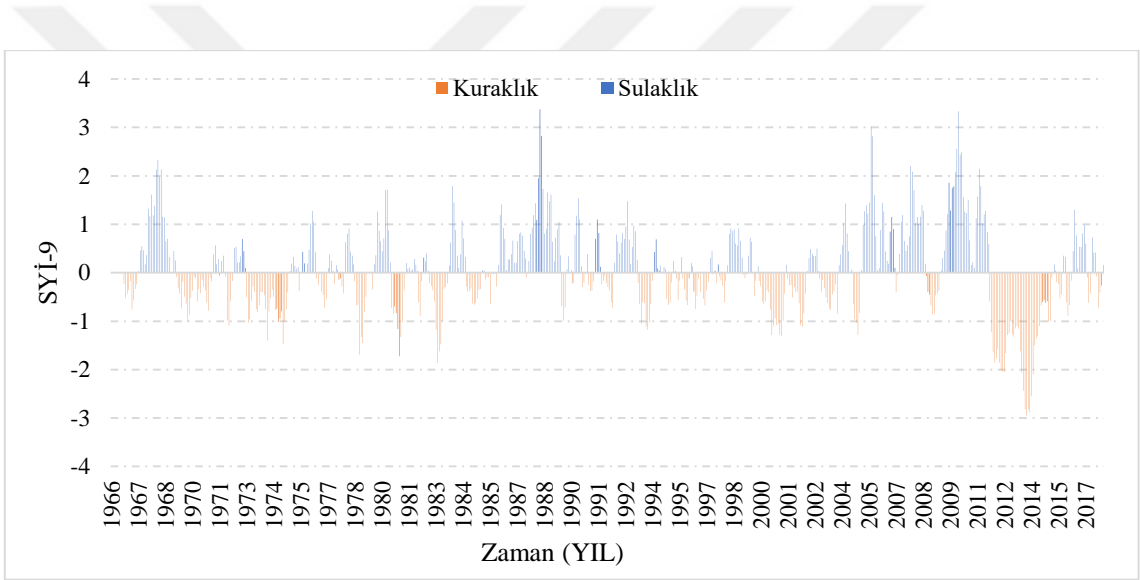
Şekil 38. İspir istasyonu SYİ-1 değeri zamansal dağılımı



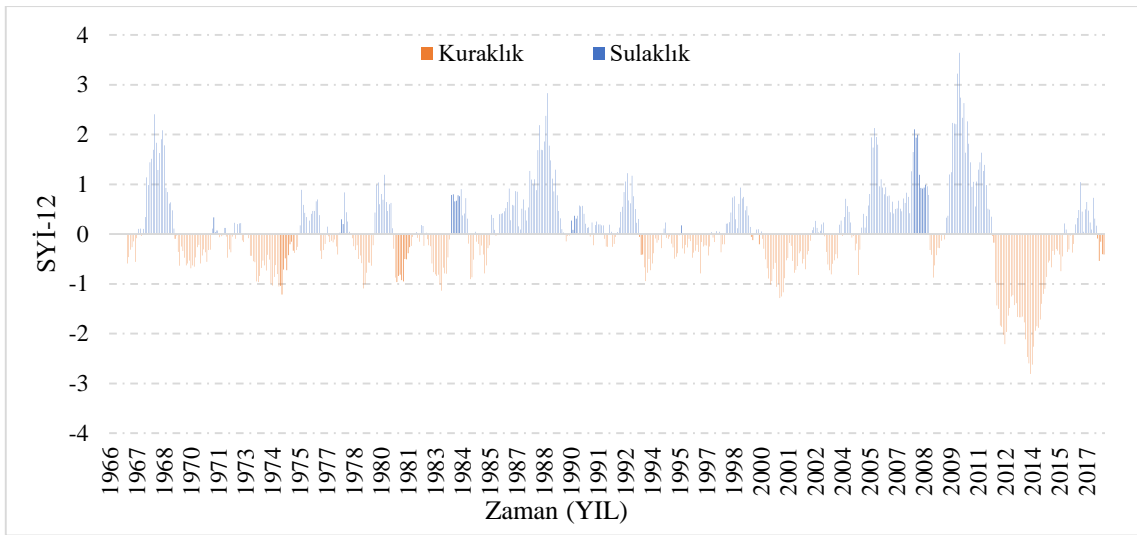
Şekil 39. İspir istasyonu SYİ-3 değeri zamansal dağılımı



Şekil 40. İspir istasyonu SYİ-6 değeri zamansal dağılımı



Şekil 41. İspir istasyonu SYİ-9 değeri zamansal dağılımı



Şekil 42. İspir istasyonu SYİ-12 değeri zamansal dağılımı

Verilen 17666 numaralı istasyona ait SYİ değerleri incelendiğinde; 1966~2017 yılları arasındaki SYİ-1 değerleri için 0, SYİ-3 için 12, SYİ-6 için 9, SYİ-9 için 11 ve SYİ-12 için ise 8 aşırı kurak ay tespit edilmiştir.

İspir istasyonunun karakteristikleri

1, 3, 6, 9 ve 12 aylık SYİ değerleri ele alındığında en uzun süren kurak ve yağışlı zaman dilimleri Tablo 9'de gösterilmiştir. Kurak dönemleri ele alacak olursak, SYİ-1 değerleri için Mart 2013'te başlamış ve Şubat 2014'te bitmiş olan en uzun kurak dönemlerden biri 14 ay sürmüştür. SYİ-3 değerlerine göre de en uzun kurak dönem, Eylül 2011'de başlayıp 15 ay sürmüştür. SYİ-6 değerleri için ise en uzun kurak dönem Kasım 2011'de başlamış ve 41 ay sürdükten sonra Mart 2015'te bitmiştir. SYİ-9 değerleri için en uzun kurak dönem Ocak 2012'de başlamış ve 40 ay sonra Nisan 2015'te sona ermiştir. SYİ-12 değerleri için en uzun kurak dönem Şubat 2012'de başlamış ve toplamda 45 ay sürmüştür.

Yağışlı dönemler incelendiğinde ise, SYİ-1 için, Eylül 2009'de, başlayıp 12 ay süren yağışlı dönem, SYİ-3 için Mart 2009'de başlayıp 18 ay sonra Ağustos 2010'da sona ermiştir. SYİ-6 için Mayıs 2009'de başlamış olup 30 ay sürmüştür. SYİ-9 için Haziran 2009'de başlamış 31 ay sürdükten sonra Aralık 2011'de bitmiştir. Son olarak SYİ-12 için Mart 1986'da başlamış ve 42 ay sürmüştür.

Tablo 9. İspir İstasyonun Dönemsel SYİ' ye Göre Dönemlerin Karakteristikleri

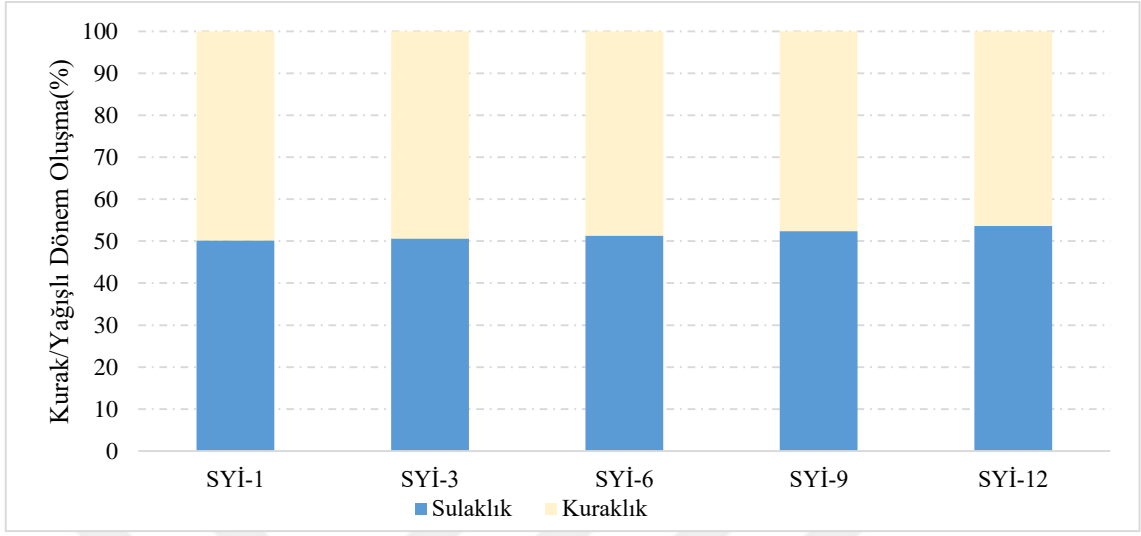
İspir İstasyon	Kuraklık				Sulaklık				
	Süre (Ay)	Eksiklik Toplamı	Kuraklık Şiddeti	Yüzde (%)	Süre (Ay)	Fazlalık Toplamı	Sulaklık Şiddeti	Yüzde (%)	
SYİ-1	Hafif	192	-82,06	-0,43	32,18	213	103,39	0,49	40,21
	Orta	60	-74,51	-1,24	29,22	56	69,91	1,25	27,19
	Şiddetli	57	-98,45	-1,73	38,60	35	58,74	1,68	22,84
	Aşırı	0	0,00	0,00	0,00	11	25,08	2,28	9,75
SYİ-3	Hafif	209	-101,69	-0,49	41,24	212	95,64	0,45	37,84
	Orta	55	-68,39	-1,24	27,73	61	73,91	1,21	29,25
	Şiddetli	29	-49,27	-1,70	19,98	33	56,95	1,73	22,54
	Aşırı	12	-27,25	-2,27	11,05	11	26,21	2,38	10,37
SYİ-6	Hafif	232	-101,51	-0,44	45,52	220	100,28	0,46	42,70
	Orta	48	-59,54	-1,24	26,70	52	62,67	1,21	26,68
	Şiddetli	22	-38,85	-1,77	17,42	21	35,07	1,67	14,93
	Aşırı	9	-23,08	-2,56	10,35	15	36,84	2,46	15,69
SYİ-9	Hafif	241	-105,65	-0,44	52,76	229	89,71	0,39	40,76
	Orta	41	-48,99	-1,19	24,46	49	60,01	1,22	27,26
	Şiddetli	11	-18,89	-1,72	9,43	19	32,42	1,71	14,73
	Aşırı	11	-26,73	-2,43	13,35	15	37,96	2,53	17,25
SYİ-12	Hafif	278	-108,61	-0,39	60,81	227	96,48	0,43	46,81
	Orta	22	-26,26	-1,19	14,70	27	32,87	1,22	15,95
	Şiddetli	14	-24,63	-1,76	13,79	21	37,16	1,77	18,03
	Aşırı		-19,11	-2,39	10,70	16	39,62	2,48	19,22

Şekil 43'te İspir istasyonu için ele alınan beş farklı dönem için kurak ve yağışlı durumların meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. Buna göre, SYİ-1'den (50,21%) SYİ-12' ye (53,58%)' ye kadar yağışlı dönem gittikçe artış göstermektedir. Kurak dönem ise yağışlı dönemin tam ters SYİ-1'den (49,79%) SYİ-12' ye (46,42%) doğru gittikçe azalış göstermektedir.

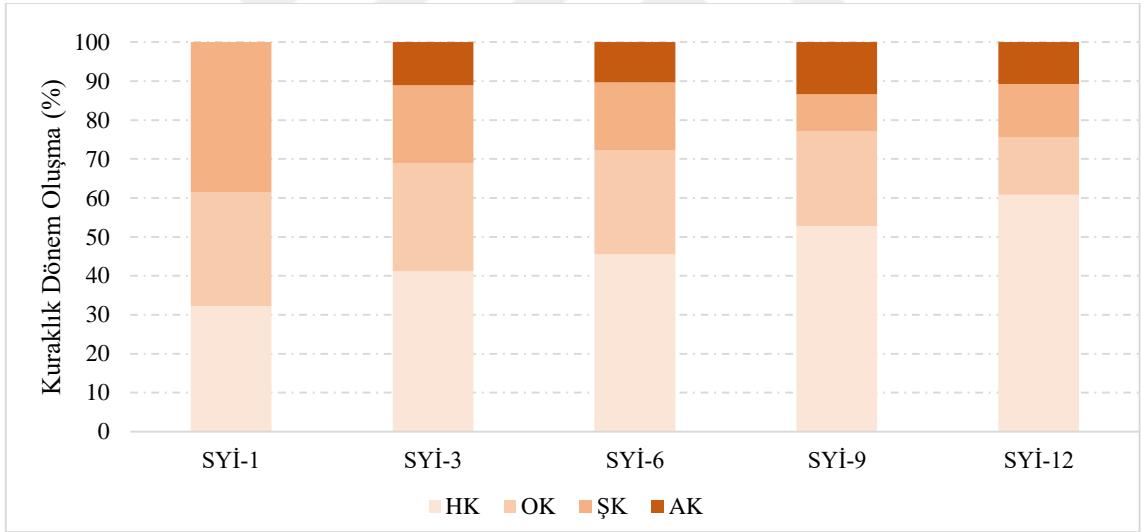
İspir istasyonu için kurak dönemlerin dört farklı sınıflandırmaya göre oluşma yüzdeleri Şekil 44'te verilmiştir. Buna göre, HK durumun SYİ-1'den (32,18%) SYİ-12'ye (60,81%) artış göstermektedir. OK durumu incelendiğinde SYİ-1' den SYİ-12' ye kadar doğrusal olarak (29,2%- 14,2%) arasında azalış gözlemlenmiştir. ÇK ise SYİ-1 (38,60%), SYİ-3 (19,98%), SYİ-6 (17,43%), SYİ-9 (9,43%) ve SYİ-12(13,79%) olup, AK durumun oluşma yüzdesi ise SYİ-1 de sıfır diğer dönemlerde genel olarak %11 civarında gözlemlenmektedir.

İspir istasyonu için yağışlı dönemlerin dört farklı sınıflandırmaya göre oluşma yüzdeleri Şekil 45'te verilmiştir. Yağışlı dönemlerde de kurak dönemlere benzer bir şekilde SYİ-12 hariç HY dönem oluşma yüzdesi %40 civarında meydana gelmiştir. SYİ-12'de ise %46,81 civarında meydana gelmiştir. OY oluşma yüzdesi en düşük SYİ-12'de %16 olmuş, diğer periyotlarda ise

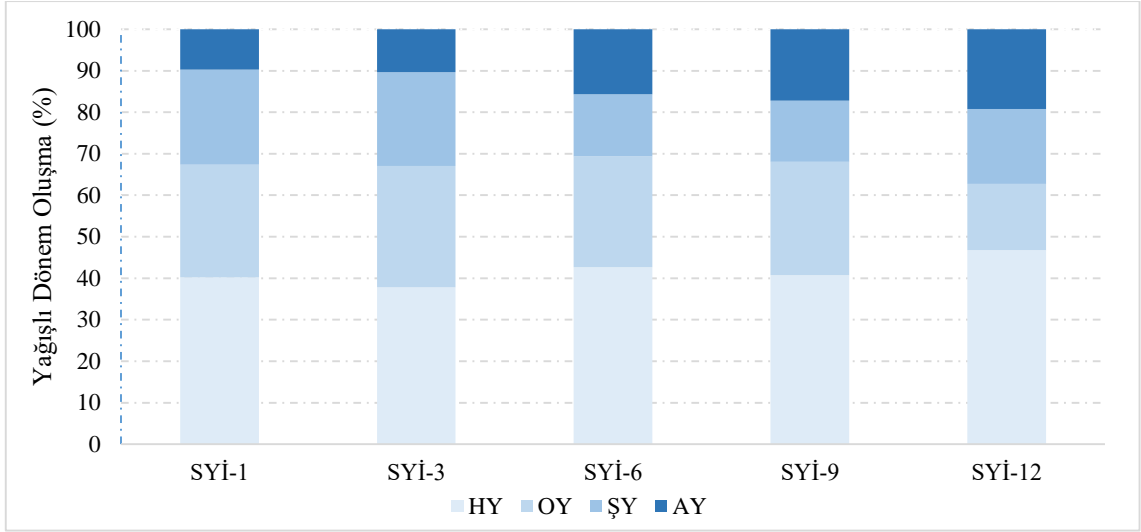
%27 olarak meydana gelmiştir. ÇY dönem oluşma yüzdesi ise SYİ-1 ve SYİ-3'te %22,6 ve SYİ-6 ve SYİ-9'de yaklaşık %14,75 olarak bulunmuştur. SYİ-12'de ise %18 olup, AY oluşma yüzdesi ise SYİ-1'den SYİ-12 ye doğrusal olarak %3 ile %10 arasında değişiklik göstermiştir.



Şekil 43. İspir istasyonu SYİ' ye göre kuraklık ve yağışlı dönemlerin dağılımı



Şekil 44. İspir istasyonu SYİ' ye göre kurak dönemlerin oluşma yüzdeleri



Şekil 45. İspir istasyonu SYİ' ye göre yağışlı dönemlerin oluşma yüzdeleri

Mann Kendall testi

Gidiş analizi sonuçlarının incelenmesi için, standart normal dağılım tablosundan $\alpha=0,05$ (%5) anlamlılık düzeyi için $z_{\alpha/2} = z_{0,025}$ değeri 1,96 ve $\alpha=0,1$ (%10) anlamlılık düzeyi için $z_{\alpha/2} = 1,63$ olarak gösterilmiştir. Bu değerleri (-1,96~1,96) ve (-1,63~1,63) güven aralığının içinde ise $\alpha=0,05$ ve $\alpha=0,1$ anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezi “ H_0 : Gidiş olmadığı” kabul olup alternatif hipotezi reddedilmektedir. Aksi takdirde “ H_0 : Gidiş olmadığı” reddedilir yani önemli gidiş olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla Dolayısıyla grafiksel sonuçları ekler 1’de sayısal ise Tablo 10’da SYİ değerlerine ait ve * ve ** simgeleriyle gösterilen z değerleri sırasıyla $\alpha=0,1$ ve $\alpha=0,05$ anlamlı trendlerin olduğunu göstermektedir. Z değerlerinin negatif olması SYİ serisinde azalan yönde trendi pozitif ise artan yönde trendi vermektedir.

Tablo 10. Mann-Kendall Test %10 ve %5 Anlamlılık Düzey Sonuçları

Farklı Dönemler için Mann-Kendall 'ın Trend Analizinin Sonucu						
İst.	Aylar	SYİ-1	SYİ-3	SYİ-6	SYİ-9	SYİ-12
Erzurum/17688	Ocak	-1,16	-2,37**	-0,63	-0,65	0,52
	Şubat	-1,24	-1,81*	-1,08	-0,91	0,03
	Mart	0,39	-0,87	-0,11	-0,19	0,20
	Nisan	1,80*	1,46	-0,13	0,32	0,28
	Mayıs	-0,37	0,79	-0,17	0,03	-0,24
	Haziran	-0,59	-0,02	-0,09	0,12	-0,22
	Temmuz	-0,59	-0,88	0,17	-0,74	-0,26
	Ağustos	1,20	-0,91	0,28	-0,37	-0,16
	Eylül	-0,65	-0,42	0,00	-0,35	-0,14
	Ekim	0,56	-0,16	0,00	0,43	-0,58
	Kasım	-1,89*	-0,43	-0,78	0,24	-0,32
	Aralık	-0,95	-0,05	-0,57	-0,09	-0,13
Horasan/17666	Ocak	-0,31	-0,83	-0,17	-0,41	-0,38
	Şubat	-1,15	-1,21	-0,40	-0,50	-0,70
	Mart	-0,59	-0,91	-0,95	-0,86	-0,47
	Nisan	2,33**	1,20	-0,43	0,28	-0,59
	Mayıs	-1,20	-0,39	-0,05	0,18	-0,28
	Haziran	-1,02	-0,72	-0,59	-0,43	-0,40
	Temmuz	-0,37	-1,67*	-0,62	-0,80	-0,65
	Ağustos	-0,07	-1,19	-0,82	-0,76	-0,40
	Eylül	0,61	-0,22	-0,94	-1,32	-0,19
	Ekim	0,26	0,51	-1,30	-0,59	-2,89**
	Kasım	-1,07	0,00	-0,41	-0,68	-2,16**
	Aralık	-1,19	-0,45	-0,33	-0,26	-0,90
Tortum/17690	Ocak	-1,22	-1,72*	-1,20	-1,00	-0,08
	Şubat	-0,88	-2,67**	-1,51	-0,86	-0,27
	Mart	0,18	-1,24	-1,53	-0,80	-0,43
	Nisan	0,78	0,47	-1,38	-0,78	-0,20
	Mayıs	-0,26	-0,06	-0,88	-0,88	-0,43
	Haziran	-0,48	-0,23	-0,99	-1,03	-0,48
	Temmuz	0,80	-0,06	0,00	-0,61	-0,40
	Ağustos	-0,54	-0,13	-0,06	-0,58	-0,94
	Eylül	0,37	0,38	0,14	-0,55	-0,36
						-0,59
	Ekim	0,33	-0,21	-0,15	0,11	
	Kasım	-0,57	-0,02	-0,02	0,16	-0,40
Aralık	-1,84*	-0,95	-0,35	-0,44	-0,61	

Tablo 10. (Devamı)

Hıms/17740	Ocak	-0,39	-0,34	0,48	0,00	0,05
	Şubat	-0,76	0,82	0,54	0,39	0,21
	Mart	-0,48	-0,15	1,00	0,48	0,65
	Nisan	0,83	1,19	0,40	0,99	0,39
	Mayıs	0,10	0,53	0,58	0,77	0,39
	Haziran	-2,50**	0,33	-0,06	0,95	0,48
	Temmuz	0,95	-0,02	0,62	0,28	0,77
	Ağustos	-0,01	-0,22	0,72	0,28	0,70
	Eylül	0,51	0,47	0,46	0,64	1,10
	Ekim	1,04	1,18	0,70	0,90	0,51
	Kasım	-0,53	-0,01	0,27	0,45	0,39
	Aralık	0,31	1,30	1,20	0,92	0,86
İspir/17096	Ocak	-0,45	-0,30	0,32	-0,48	0,26
	Şubat	-0,80	-1,36	-0,24	-0,53	0,04
	Mart	0,06	-0,61	0,01	-0,39	0,15
	Nisan	0,70	0,58	0,00	0,17	-0,14
	Mayıs	-0,28	0,92	-0,12	0,62	0,59
	Haziran	-0,94	0,63	0,06	0,70	0,51
	Temmuz	0,16	-0,08	0,28	0,35	0,48
	Ağustos	-0,51	-0,76	0,60	-0,36	0,59
	Eylül	-0,76	-0,41	0,12	-0,06	0,91
	Ekim	0,69	0,07	0,07	0,18	0,58
	Kasım	0,63	0,69	0,18	0,71	0,12
	Aralık	-1,10	0,21	0,12	0,27	0,17

* Trend 0,1 anlamlılık düzeyde önemli

** Trend 0,05 anlamlılık düzeyde önemli

17096 numarası ile adlandırılan Erzurum istasyonunda 1966~2017 tarihleri arasında ölçülmüş ve sürekli olan aylık yağış verilerin kuraklık indeksleri 5 farklı dönem için Mann-Kendall testi ile incelendiğinde; SYİ-3 hariç diğer tüm SYİ dönemlerde 8 ay azalan ve 4 ay artan yönde trend olup, SYİ-3'te 10 ay azalan ve 2 ay artan trend gözlemlenmiş, yüzde olarak trend %31,7 artış ve %68,3 azalış göstermektedir. Fakat SYİ-1 dönemin Nisan ayında ($\alpha=0,1$) göre önemli artan yönde trend belirlenmiş, Kasım ayında ($\alpha=0,1$) göre önemli azalan yönde trend tespit edilmiştir.

Horasan istasyonunun trend durumu incelendiğinde; SYİ-6 ile SYİ-12 dönemlerde 12 ay azalış ve hiç trendde artış olmadığını belirtmiş, diğer üç dönemlerde yaklaşık olarak 9 ay azalan ve 3 ay artan yönde trend gözlemlenmiştir. Horasan istasyonunda trend %13,7 artış ve %86,3 azalış göstermektedir. SYİ-1 dönemin Nisan ayında ($\alpha=0,05$) göre önemli artan. Temmuz ayında ($\alpha=0,1$) göre önemli azalan ve SYİ-12 döneminde Ekim ve Kasım aylarında ($\alpha=0,05$) önem katsayı göre azalan yönde trend belirlenmiştir.

Tortum istasyonunun trend durumu incelendiğinde; SYİ-6 ile SYİ-9 dönemlerde 10 ay azalış ve 2 ay trendde artış belirtmiş, diğer üç dönemlerde de SYİ-1'de 7 ay azalan ve 5 ay artan yönde trend gözlemlenmiştir. SYİ-12'de hiç artış belirlenmemiştir. Genel olarak istasyonunda trend %20 artış ve %80 azalış göstermektedir. SYİ-1 dönemin aralık ayında ($\alpha=0,05$) göre önemli artan olup, SYİ-3'te Ocak ayında ($\alpha=0,1$) göre önemli azalan ve Şubat ayında ($\alpha=0,05$) önem katsayı göre azalan yönde trend belirlenmiştir.

İspir istasyonunun trend durumu incelendiğinde; SYİ-1 dönemde 7 ay azalış ve 5 ay trendde artış, SYİ-3 dönemde 6 ay azalış ve 6 ay trendde artış, SYİ-6 dönem için 2 ay azalış ve 10 ay trendde artış, SYİ-9 dönemde ise 7 ay azalış ve 8 ay trendde artış belirlenmiştir. Son olarak SYİ-12'de 3 ay azalış ve 9 ay trendde artış olup, %63,3 trend artış ve %36,7 azalış gözlemlenmiş, tüm indeks dönemlerde trendde önemli artış veya azalış gözlemlenmemiştir.

Hınıs istasyonunun trend durumu incelendiğinde; SYİ-9 ile SYİ-12 dönemlerde hiçbir ayında azalan yönde trend gözlemlenmemiş, tüm aylarında artan trend var, diğer üç dönemlerde de SYİ-1'de 6 ay azalan ve 6 ay artan yönde trend gözlemlenmiştir. SYİ-3'te 5 ay azalan ve 7 ay artan yönde ve SYİ-6'de 1 ay azalan ve 11 ay artan yönde trend belirlenmiştir. Genel olarak istasyonunda trend %80 artış ve %20 azalış göstermektedir. SYİ-1 dönemin Haziran ayında ($\alpha=0,05$) önem katsayı göre azalan yönde trend belirlenmiştir.

Spearman Rho test

Gidiş analizi sonuçlarının incelenmesi için, standart normal dağılım tablosundan $\alpha=0,05$ (%5) anlamlılık düzeyi için $z_{\alpha/2} = 1,96$ ve $\alpha=0,1$ (%10) anlamlılık düzeyi için $z_{\alpha/2} = 1,63$ olarak gösterilmiştir. Bu değerleri (-1,96~1,96) ve (-1,63~1,63) güven aralığının içinde ise $\alpha=0,05$ ve $\alpha=0,1$ anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezi “ H_0 : Gidiş olmadığı” kabul olup alternatif hipotezi reddedilmektedir. Aksi takdirde “ H_0 : Gidiş olmadığı” reddedilir yani önemli gidiş olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla grafiksel sonuçları ekler 2'de sayısal ise Tablo 11'de SYİ değerlerine ait * ve ** simgeleriyle gösterilen z değerleri sırasıyla $\alpha=0,1$ ve $\alpha=0,05$ anlamlı trendlerin olduğunu göstermektedir. Z değerlerinin negatif olması SYİ serisinde azalan yönde trendi pozitif ise artan yönde trendi göstermektedir.

Tablo 11. Spearman-Rho Testin %10 ve %5 Anlamlılık Düzey Sonuçları

Spearman Rho'nun Trend Analizinin farklı dönemlerin aylık sonucu						
İst.	Aylar	SYİ-1	SYİ-3	SYİ-6	SYİ-9	SYİ-12
Erzurum/17688	Ocak	-1,21	-2,39**	-0,48	-0,47	0,42
	Şubat	-1,11	-1,43	-0,74	-0,90	0,23
	Mart	0,41	-0,82	-0,19	-0,37	0,12
	Nisan	1,91*	1,29	-0,08	0,33	0,21
	Mayıs	-0,50	0,76	-0,17	0,10	-0,38
	Haziran	-0,62	0,04	-0,06	0,02	-0,25
	Temmuz	-0,36	-0,86	0,26	-0,74	-0,25
	Ağustos	0,69	-0,81	0,25	-0,32	-0,13
	Eylül	-0,81	-0,54	-0,22	-0,24	-0,14
	Ekim	0,52	-0,14	0,37	0,34	-0,62
	Kasım	1,63*	-0,27	-0,80	0,29	-0,37
	Aralık	-0,97	0,04	-0,55	-0,06	-0,17
Horasan/17666	Ocak	-0,41	-0,87	-0,22	-0,36	-0,33
	Şubat	-1,20	-1,28	-0,49	-0,60	-0,58
	Mart	-0,58	-0,95	-0,93	-0,83	-0,32
	Nisan	1,05	0,69	-0,46	0,12	-0,28
	Mayıs	-1,32	-0,31	0,03	-0,01	-0,33
	Haziran	-0,62	-0,39	-0,60	-0,57	-0,52
	Temmuz	-0,41	-1,08	-0,59	-0,91	-0,56
	Ağustos	-0,12	-0,84	-0,71	-0,63	-0,43
	Eylül	0,57	-0,15	-0,31	-0,64	-0,35
	Ekim	0,21	0,62	-0,48	-0,55	-0,81
	Kasım	-1,19	0,04	-0,33	-0,47	-0,71
	Aralık	-0,73	-0,59	-0,30	-0,26	-0,66
Horasan/17690	Ocak	-1,28	-1,75*	-1,27	-0,69	-0,14
	Şubat	-0,87	-2,62*	-1,53	-0,85	-0,35
	Mart	0,18	-1,31	1,49	-0,80	-0,50
	Nisan	0,84	0,44	-1,01	-0,68	-0,36
	Mayıs	-0,37	-0,05	-0,93	-0,96	-0,53
	Haziran	-0,37	-0,41	-0,92	-1,01	-0,54
	Temmuz	0,74	-0,01	-0,10	-0,62	-0,48
	Ağustos	-0,62	-0,18	0,03	-0,69	-0,71
	Eylül	0,11	0,32	0,09	-0,55	-0,58
	Ekim	0,26	-0,19	-0,10	-0,08	-0,75
	Kasım	-0,67	-0,01	0,06	0,04	-0,60
	Aralık	2,13**	-1,07	-0,47	-0,44	-0,74

Tablo 11. (Devamı)

Hınıs/17740	Ocak	-0,53	-0,27	0,56	0,23	0,24
	Şubat	-0,50	0,74	0,64	0,52	0,26
	Mart	-0,33	-0,06	0,78	0,52	0,49
	Nisan	0,76	0,44	0,25	0,82	0,47
	Mayıs	0,23	0,53	0,48	0,79	0,50
	Haziran	-0,97	0,52	-0,06	0,87	0,46
	Temmuz	0,84	-0,06	0,66	0,20	0,76
	Ağustos	-0,11	-0,17	0,68	0,24	0,71
	Eylül	0,52	0,46	0,45	0,47	0,99
	Ekim	0,96	1,23	0,70	0,83	0,45
	Kasım	-0,55	0,04	0,39	0,51	0,34
	Aralık	0,33	1,26	1,29	1,04	0,77
İspir/17096	Ocak	-0,42	-0,29	-0,32	-0,51	0,16
	Şubat	-0,80	-1,31	0,24	-0,59	0,04
	Mart	0,03	-0,59	-0,01	-0,43	0,17
	Nisan	0,64	0,33	0,00	0,05	-0,23
	Mayıs	-0,23	1,00	0,12	0,53	0,42
	Haziran	-0,85	0,46	-0,06	0,62	0,37
	Temmuz	0,06	-0,15	-0,28	0,31	0,34
	Ağustos	-0,60	-0,86	-0,60	-0,42	0,27
	Eylül	-0,71	-0,58	-0,12	-0,07	0,40
	Ekim	0,72	0,23	-0,07	0,11	0,42
	Kasım	0,56	0,78	-0,18	0,75	0,02
	Aralık	-1,33	0,47	-0,12	0,42	0,25

* Trend 0,1 anlamlılık düzeyde önemli

** Trend 0,05 anlamlılık düzeyde önemli

17096 numarası ile adlandırılan Erzurum istasyonunda 1966~2017 tarihleri arasında ölçülmüş ve sürekli olan aylık yağış verilerin kuraklık indeksleri 5 farklı dönem için Spearman-Rho testi ile incelendiğinde; SYİ-1, SYİ-3 ve SYİ-12 dönemlerde 8 ay azalan ve 4 ay artan yönde trend olup, SYİ-6'de 10 ay azalan ve 2 ay artan ve SYİ-12 dönemde ise 7 ay azalan ve 5 ay artan trend gözlemlenmiş, yüzdesi ise trend %31,7 artış ve %68,3 azalış göstermektedir. Fakat SYİ-1 dönemin Nisan ayında ($\alpha=0,1$) göre önemli artan yönde trend belirlenmiştir. Kasım ayında ($\alpha=0,1$) göre önemli azalan yönde trend ve SYİ-3 Ocak ayında ($\alpha=0,05$) önem katsayı göre azalan yönde trend tespit edilmiştir.

Horasan istasyonunun trend durumu incelendiğinde; SYİ-6 ile SYİ-12 dönemlerde 12 ay azalış ve hiç trendde artış olmadığını belirtmiş, diğer üç dönemlerde ise SYİ-1 ve SYİ-3'te 9 ay azalan ve 3 ay artan ve SYİ-9'de 11 ay azalan ve 1 ay artan yönde trend gözlemlenmiştir. Horasan istasyonunda hiçbir ayın trend değeri 1,63 ve 1,96 ulaşmadığı için önemli artan veya azalan yönde trend gözlemlenmemiştir. Yüzdesi göre hesaplanması gerekirse istasyonunda %11,7 artış ve %88,3 azalış belirlenmiştir.

Tortum istasyonunun trend durumu incelendiğinde; SYİ-3 ile SYİ-6 dönemlerde 10 ay azalış ve 2 ay trendde artış belirtmiş, diğer üç dönemlerde de SYİ-1'de 7 ay azalan ve 5 ay artan yönde trend gözlemlenmiş, SYİ-9'de 11 ve 1 ve SYİ-12'de hiç artış belirlenmemiş. Genel olarak istasyonunda trend %16,7 artış ve %83,3 azalış göstermektedir, SYİ-1 dönemin Aralık ayında ($\alpha=0,05$) göre önemli artan, SYİ-3'te Ocak ayında ($\alpha=0,1$) göre önemli azalan ve Şubat ayında ($\alpha=0,05$) önem katsayı göre azalan yönde trend belirlenmiştir.

İspir istasyonunun trend durumu incelendiğinde; SYİ-1 dönemde 7 ay azalış ve 5 ay trendde artış, SYİ-3 dönemde 6 ay azalış ve 6 ay trendde artış, SYİ-6 dönem için 9 ay azalış ve 3 ay trendde artış, SYİ-9 dönemde ise 5 ay azalış ve 7 ay trendde artış belirtmiştir. Son olarak SYİ-12'de 1 ay azalış ve 11 ay trendde artış olup, %53,3 trend artış ve %46,7 azalış gözlemlenmiş olup, tüm indeks dönemlerde trendde önemli artış veya azalış gözlemlenmemiştir.

Hınıs istasyonunun trend durumu incelendiğinde; SYİ-9 ile SYİ-12 dönemlerde hiçbir ayında azalan yönde trend gözlemlenmemiş, tüm aylarında artan trend var, diğer üç dönemlerde de SYİ-1'de 6 ay azalan ve 6 ay artan yönde trend gözlemlenmiş, SYİ-3'te 4 ay azalan ve 8 ay artan yönde ve SYİ-6'da 1 ay azalan ve 11 ay artan yönde trend belirlenmiştir. Genel olarak istasyonunda trend %81,7 artış ve %18,3 azalış göstermektedir. Hınıs istasyonunda hiçbir ayın trend değeri 1,63 ve 1,96 ulaşmadığı için önemli artan veya azalan yönde trend gözlemlenmemiştir.

Şen Eğim test

Şen eğim metodu, hesaplanan eğimin sıfırdan farklı oluşunu istatistiksel olarak belirlenmesine izin verir. Üst ve alt güven Aralıkları sıra korelasyonunda belirlenerek güven aralığı ve bu sıra limitlerine denk gelen eğim değerleri tespit edilir. Genel olarak normal dağılım için iki yönlü Z istatistiği kullanılıp, %90 veya %95 güven Aralıkları için hesaplama yapılmaktadır. Örneğin iki yönlü %95 güven aralığında Z ($Z_{1-0,5/2} = Z_{0,975}$) değeri 1,96, %90 güven aralığında Z değeri Z ($Z_{1-0,10/2} = Z_{0,95}$) 1,63'tir.

Tablo 12. Şen Test Sonuçları

		Eğimin Analizinin farklı dönemlerin aylık sonucu				
İst.	Aylar	SYİ-1	SYİ-3	SYİ-6	SYİ-9	SYİ-12
Erzurum/17688	Ocak	-0,119	-0,011	-0,007	-0,227	-0,023
	Şubat	-0,106	-0,010	-0,006	-0,130	-0,013
	Mart	0,035	0,003	-0,001	-0,066	-0,006
	Nisan	0,173	0,015	-0,001	0,131	0,016
	Mayıs	-0,036	-0,003	-0,001	0,076	0,008
	Haziran	-0,036	-0,005	-0,001	-0,002	0,000
	Temmuz	-0,057	-0,004	0,001	-0,085	-0,009
	Ağustos	-0,041	0,007	0,003	-0,088	-0,009
	Eylül	0,072	-0,006	-0,002	-0,041	-0,006
	Ekim	-0,054	0,005	-0,002	-0,015	-0,001
	Kasım	-0,150	-0,013	-0,007	-0,029	-0,003
	Aralık	-0,082	-0,009	-0,004	-0,005	-0,001
Horasan/17666	Ocak	-0,002	-0,006	-0,002	-0,003	-0,003
	Şubat	-0,007	-0,007	-0,003	-0,004	-0,005
	Mart	-0,004	-0,005	-0,006	-0,006	-0,004
	Nisan	0,008	0,007	-0,003	0,002	-0,004
	Mayıs	-0,010	-0,003	0,000	0,002	-0,002
	Haziran	-0,006	-0,003	-0,006	-0,003	-0,003
	Temmuz	-0,003	-0,009	-0,008	-0,007	-0,005
	Ağustos	0,000	-0,008	-0,011	-0,005	-0,003
	Eylül	0,005	-0,001	-0,003	-0,005	-0,002
	Ekim	0,002	0,004	-0,005	-0,005	-0,006
	Kasım	-0,011	0,000	-0,004	-0,005	-0,004
	Aralık	-0,008	-0,005	-0,003	-0,002	0,005
Tortum/17690	Ocak	-0,010	-0,013	-0,009	-0,008	0,000
	Şubat	-0,007	-0,017	-0,011	-0,007	-0,001
	Mart	0,001	-0,007	-0,010	-0,005	-0,002
	Nisan	0,005	0,005	-0,006	-0,005	-0,001
	Mayıs	-0,003	-0,001	-0,006	-0,005	-0,003
	Haziran	-0,005	-0,001	-0,006	-0,006	-0,002
	Temmuz	0,009	0,001	0,000	-0,006	-0,002
	Ağustos	-0,004	-0,001	-0,001	-0,005	-0,007
	Eylül	0,004	0,004	0,001	-0,006	-0,003
	Ekim	0,002	-0,001	-0,002	0,001	-0,004
	Kasım	-0,007	0,000	0,000	-0,001	-0,004
	Aralık	-0,019	-0,008	-0,002	-0,004	-0,006

Tablo 12. (Devamı)

Hınıs/17740	Ocak	-0,003	0,000	0,004	0,000	0,004
	Şubat	-0,006	0,006	0,003	0,003	0,001
	Mart	-0,002	-0,001	0,006	0,003	0,004
	Nisan	0,003	0,005	0,005	0,006	0,003
	Mayıs	0,001	0,003	0,005	0,007	0,004
	Haziran	-0,006	0,001	-0,001	0,008	0,004
	Temmuz	0,004	0,000	0,005	0,003	0,004
	Ağustos	0,000	-0,001	0,003	0,002	0,006
	Eylül	0,003	0,002	0,003	0,005	0,009
	Ekim	0,007	0,007	0,004	0,008	0,005
	Kasım	-0,003	0,000	0,002	0,004	0,004
	Aralık	0,002	0,008	0,008	0,005	0,006
İspir/17096	Ocak	-0,005	-0,004	-0,002	-0,005	0,002
	Şubat	-0,009	-0,014	-0,003	-0,004	0,000
	Mart	0,001	-0,004	0,001	-0,003	0,001
	Nisan	0,004	0,004	0,000	0,001	-0,002
	Mayıs	-0,002	0,007	-0,001	0,006	0,005
	Haziran	-0,008	0,003	0,000	0,006	0,004
	Temmuz	0,001	0,000	0,002	0,003	0,003
	Ağustos	-0,005	-0,005	0,003	-0,002	0,004
	Eylül	-0,006	-0,003	0,000	-0,001	0,005
	Ekim	0,007	0,001	0,000	0,001	0,004
	Kasım	0,008	0,007	0,002	0,004	0,001
	Aralık	-0,014	0,003	0,001	0,003	0,001

Trendin eğimini tahmin etmek için Şen'in eğim tekniği uygulanmıştır. Sonuçları 5 istasyon için Tablo 12'de verilmektedir. Her biri ayrı ayrı incelendiğinde: Erzurum istasyonu diğer istasyonlara göre tüm dönemlerdeki zaman ölçeği için -0,2270 ile 0,7110 arasında değişen en yüksek eğimi vermektedir. Tortum istasyonu incelendiğinde SYİ-1 ile SYİ-3 dönemlerde diğer üç dönemlere göre eğimde artış gözlemlenmektedir. Genelde -0,0190 ile 0,0090 arasında değişen eğim gözlemlenmiştir. İspir, Hınıs ve Horasan istasyonlarda ise tüm zaman dilimlerinde eğimde yaklaşık olarak -0,2270 ile 0,7110 arasında değişen ve ortalaması -0,01 belirlenmiştir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışmamda Fırat Havzasındaki bulunan Erzurum ilinde 5 yağış istasyonu için kuraklık ve trend analizi yapılmıştır. Çalışma kapsamında materyal olarak 1966-2017 yılları arasını kapsayan 5 adet meteoroloji gözlem istasyonundan alınan yağış verileri kullanılmıştır. Erzurum ilinde meteorolojik kuraklık indeksleri ve testleri aracılığıyla kuraklık trendlerinin ve şiddetlerinin zamansal ve mekânsal değişimi incelenmiş aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Erzurum ilinde 5 istasyonun zaman periyotlarında yağış verilerine Normal, Lognormal, genelleştirilmiş ekstrem değer, Gamma, Lojistik, Gumbel, Weibull ve Üstel uygunluk dağılımları uygulanarak 0,05 anlamlılık seviyesinde Anderson-Darling (AD), Kolmogorov-Smirnov (KS) ve Ki-kare (χ^2) uyum iyiliği testleri yapılarak en uygun dağılım elde edilmiştir. Seçilen istasyonların yağış serilerinin en iyi GED dağılımı ile temsil edildiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada kuraklık analizinde ve kuraklığın izlenmesinde kullanılan standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi ile Fırat havzasında bulunan Erzurum ilinde seçilen uzun süreli yağış gözlemlerine sahip 5 adet meteoroloji gözlem istasyonu verileri kullanılarak çalışma alanı için kuraklığın alansal ve zamansal dağılımları analiz edilmiştir. Sonuçta tüm istasyonlarda yaklaşık 1980 ile 1984 ve 2010 ile 2015 arasında kuraklık tespit edilmiştir.

Mann-Kendall (MK) ve Spearman Rho testleri yardımıyla 0,1 ile 0,05 anlamlılık seviyesinde kuraklık trendleri incelenmiştir. Yapılan aylık trend analizleri sonucunda, SYİ değerlerine göre iki (MK) ve (Spearman~Rho) trend test sonucunda Ocak, Şubat, Kasım ve Aralık aylarında %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde önemli azalan trendler belirlenmiştir. Nisan ayında ise iki (MK) ve (Spearman~Rho) testte %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde önemli artan trendler gözlemlenmiştir.

Araştırmacılar, çalışma alanındaki su kaynakları ve tarım açısından önemli olan kuraklığın mekansal analizinin yanı sıra kuraklıktan etkilenen bölgelerin belirlenmesini ve hidrolojik kuraklığın zaman içinde takip edilmesini önermektedir. ve uygun teknik ve sosyal önlemler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Alamgir, M, Khan, N, Shahid, S, Yaseen, Z, M, Dewan, A, Hassan, Q, Rasheed, B., 2020. Evaluating severity~area~frequency (SAF) of seasonal droughts in Bangladesh under climate change scenarios, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 34 (2020), 447~464.
- Alami, M. M. Tayfur, G., 2018. Meteorological Drought Analysis by Different Methods in Helmand River Basin, Afghanistan. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 8(2), 738~744.
- Alghazali, N. O. S. Alawadi, D. A. H., 2014. Fitting Statistical Distributions Of Monthly Rainfall For Some Iraqi Stations. *Civil and Environmental Research*, 6 (6), 40~45.
- Ali, R. O. Abubaker, S, R., 2019. Trend analysis using mann -kendall, sen's slope estimator test and innovative trend analysis method in Yangtze river basin (china). *International Journal of Engineering & Technology*, 8 (2), 110~119.
- Ali, S, M, Khalid, B, Akhter, A, Islam, A, Adnan, S., 2020. Analyzing the occurrence of floods and droughts in connection with climate change in Punjab province, Pakistan, *Natural Hazards*, 103 (2020), 2533~2559.
- All Bhulyan, M. Jayarsurlya, N. Rahmat, S. N., 2012. Trend Analysis Of Droughts Using Standarised Precipitation Index (SPI) In Victoria, Australia. *School of Civil, Environmental and Chemical Engineering, RMIT University, Melbourne, Australia*, 4~8.
- Atmaca, D., 2011. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntem ile Konya ili Bölgesel Kuraklık Analizi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi osman Paşa Üniversitesi.
- Büyükkaracığan, N. Kâhya, E., 2009. Konya Havzası Akarsuları Yıllık Pik Akım Serilerinin Taşkın Frekans Analizi. *Journal of Technical Online*, 8(3), 246~261.
- Cai, G, Chen, S, Liu, L, Sun, H, Chen, C, Gui, D, Yan, D., 2020. Using multiple indexes to analyze temporal and spatial patterns of precipitation and drought in Xinjiang, China, *Theoretical and Applied Climatology*, 142(2020), 177~190.
- Çavuş, Y., 2019. Critical Drought Severity-Duration-Frequency Curves Based On Precipitation Deficit. MS Thesis, Graduate School Of Science Engineering And Technology, Istanbul Technical University.
- Çeribaşı, G., 2015. Karadeniz ve Sakarya Havzalarında Yağış-Akış Askıda Katı Madde Verilerinin Trend Analizi ile İncelenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi.
- Diker, G. E., 2016. Akım Gözlem İstasyonu Bulunmayan Akarsu Havzalarında Düşük Akım Tahmini İçin Model Geliştirilmesi: Türkiye’de Bir Uygulama. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Doğan, S., 2013. Konya Kapalı Havzası Kuraklık Karakterizasyonunun Zamansal konumsal Analizi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi.
- Emek, M. F., 2014. Doğu Anadolu Bölgesi Yıllık ve Aylık Toplam Yağışların Trend Analizi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi.
- Fidan, I. H., 2011. Doğu Akdeniz Bölgesinde Standardize Yağış İndeksi (SYİ) ile Kuraklık Analizi ve Markov Zinciri Yöntemini Kullanarak Kurak Olma Olasılıklarının Belirlenmesi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi.

- Frank J. Massey, Jr., 1951. The Kolmogorov-Smirnov Test For Goodness of Fit, *Journal Of The American Statistical Association*, 253(46), 68~78.
- Gocic, M. Trajkovic, S., 2012. Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change* 100 (2013), 172~182.
- Ijaz, A. Tang, D. Wang, T. F. Wang, M. Wagan, B., 2014. Precipitation Trends Over Time Using Mann-Kendall And Spearman's Rho Tests In Swat River Basin, Pakistan. *College Ofwater Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China.*
- James H. Stagge, Lena M. Tallaksen, L. Gudmundsson, A. F. Van Loon, And Kerstin, S., 2015. Candidate Distributions For Climatological Drought Indices (SPI And SPEI). *Institute For Atmospheric And Climate Science, Department Of Geosciences, University Of Oslo, Norway, ETH Zurich, Switzerland, 4032~4039.*
- Junqueira, R. Marcelo R. Carlos R. Marcelo, V. Marcos V. G. Amorim, S., 2020. Using multiple indexes to analyze temporal and spatial patterns of precipitation and drought in Xinjiang, China, *Theoretical and Applied Climatology*, 141(2020), 465~481.
- Katipoğlu, O. M. Acar, R., 2021. Standartlaştırılmış yağış indeksi hesabında kullanılan dağılım fonksiyonu etkisinin ve kuraklık karakteristiklerinin araştırılması. *GÜFBED/GUSTIJ* (2021) 11 (3): 828-844.
- Katipoğlu, O. M., 2019. Fırat Havzasındaki Meteorolojik ve Hidrolojik Kuraklıkların Analizi. *Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Atatürk Üniversitesi.*
- Komuscu, A. U., 1999. Using The Spi To Analyze Spatial And Temporal Patterns Of Drought In Turkey. *National Drought Mitigation Center*, 11(1), 7~13.
- Maccioni, P. Kossida, M. Brocca, L. And Moramarco, T., 2014. Assessment Of The Drought Hazard In The Tiber River Basin In Central Italy And A Comparison Of New And Commonly Used Meteorological Indicators, *Italya*, 2~4.
- McKee, T. B. Doesken, N. J. and Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Paper presented at the Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology.
- Mishra, A. Desai, V. R., 2005. Spatial And Temporal Drought Analysis In The Kansabati River Basin, India. *Intl. J. River Basin Management*, 3(1), 31~41.
- Mohamed, T. M. Ibrahim, A., 2019. Fitting Probability Distributions of Annual Rainfall in Sudan. *SUST Journal of Engineering and Computer Sciences (JECS)*, 17(2), 35~38.
- Mondal, A. Kundu, S. Mukhopadhyay, A., 2012. Rainfall Trend Analysis By Mann-Kendall Test: A Case Study Of North-Eastern Part Of Cuttack District, Orissa. *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, 2(1), 70~78.
- Omar M. A. Mahmood Agha, S. Bağçacı, Ç. Şarлак, N., 2017. Homogeneity Analysis Of Precipitation Series In North Iraq. *IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics (IOSR-JAGG)*, 3(5), 57-63.
- Oseni, B. Azeez And Femi J. Ayoola., 2013. Fitting The Statistical Distribution For Daily Rainfall In Ibadan, Based On Chi-Square And Kolmogorov-Smirnov Goodness~Of~Fit Tests. *West African Journal of Industrial and Academic Research*, 7 (1), 94~99.
- Öğuztürk, G., 2010. Kızılırmak Havzasında SYİ ile Kuraklık Analizi ve YSA Yöntemi ile Kuraklık Tahmini. *Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi.*

- Öz, A., 2020. Farklı Kuraklık İndisleri Kullanılarak Van Gölü Havzası Kuraklık Analizi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.
- Özfidaner, M., 2020. Türkiye Ölçeğinde Yağış ve Akım Kuraklık İndeksi ile Kuraklık Analizi ve Kurak Olma Olasılıklarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi.
- Özfidaner, M., 2020. Türkiye Ölçeğinde Yağış ve Akım Kuraklık İndeksi ile Kuraklık Analizi ve Kurak Olma Olasılıklarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi.
- Özkutlu, E., 2019. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) ve Normalin Yüzdesi İndeksi (PNİ) Metotları ile Şanlıurfa-Mardin İllerindeki Kuraklık Analizi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harran Üniversitesi.
- Özonur, D. Gökpınar, E. Gökpınar, F. Bayrak, H. Gül, H. H., 2013. Comparisons Of The Goodness of Fit Tests For The Geometric Distribution. Gazi University Journal of Science Gazi University, 26(3), 369~375.
- Pamuk, G. Özgürel, M. Topçuoğlu, K., 2004. Standart Yağış İndeksi (SYİ) İle Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg, 41(1), 1~6.
- Pandya, P, Kumarkhaniya, R, Parmar, R, Ajani, P., 2020. Meteorological Drought Analysis Using Standardized Precipitation Index, Curr. World Environ, 15(3) 477~486.
- Poyraz, A. M., 2018. Drought Analysis Using Cordex Simulations Over The Mediterranean Climate Regions Of Turkey. MS Thesis, Master Of Sciences In Civil Engineering Department, Middle East Technical University.
- Seiler, R. A. Hayes, M. And Bressan L., 2002. Using The Standardized Precipitation Index For Flood Risk Monitoring. International Journal Of Climatology, Int. J. Climatol, 22: 1365~1376.
- Singh, R. Mishra, S. Pandey, R. P., 2008, Study Of Indices For Drought Characterization In Kbk Districts In Orissa (India). Journal of Climate and Applied Meteorology, 23, 1100~1109.
- Subaşı, S., 2021. Gediz Nehri Alaşehir Alt Havzası Kuraklık ve Gidiş Analizleri, Y. Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa Celal Bayar Üniversitesi.
- Thenmozhi, M. Kottiswaran, S. V., 2016. Analysis Of Rainfall Trend Using Mann– Kendall Test and The Sen’s Slope Estimator In Udumalpet of Tirupur District In Tamil Nadu. International Journal of Agricultural Science and Research (IJASR), 6 (2), 131~138.
- Tosunoğlu, F., 2016. Çoruh Havza’sındaki Günlük Maksimum Yağış Serilerinin Trend Analizi. Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 7(1): 195-205, 2017.
- Traore, E. Y., 2016. Drought And Trend Analysis In Trarza Region In Mauritania. MS Thesis, Institute Of Technology, The Graduate School Of Engineering And Sciences Of İzmir.
- Turgu, E. Kömüşçü, A. Eskioğlu, O. Öz. Uğurlu, A., Standart Yağış İndeksi Metodu ile Sel Risk İzleme, Ankara, 2~4.
- Wang, Y. Zhai, J. Huang, J. Su1, B. Cao, L. Jiang, T. Fischer, T., 2017. Intensity~Area~Duration Analysis Of Droughts In China 1960~2013, China. Verlag Berlin Heidelberg, 48, 151~168.
- Wenjun Huang, w, Yang, J, Liu, Y, Yu, E., 2021. Spatiotemporal Variations of Drought in the Arid Region of Northwestern China during 1950~2012, Advances in Meteorology, (2021), 2~10.
- Wilhite. D. A., 2005. Drought and water crises: science, technology, and management issues.

- Wiltshire, S. E., 1986. Regional Flood Frequency Analysis I: Homogeneity Statistics, Hydrological Sciences Journal, 31(3), 321~333.
- Yacoub, Y. Tayfur, G., 2016. Evaluation And Assessment Of Meteorological Drought By Different Methods In Trarza Region, Mauritania. Springer Science+Business Media Dordrecht 2016.
- Yıldız, B., 2017. SYİ (Standartlaştırılmış Yağış İndeksi) Verilerinin Yardımıyla Adana Kuraklık Analizi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi.
- Yıldız, M. S., 2019. Akim Kuraklık İndeksi Yöntemi ile Fırat Havzasının Hidrolojik Kuraklık Analizi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Harran Üniversitesi.
- Yue, S. Wang, C., 2004. The Mann-Kendall Test Modified By Effective Sample Size To Detect Trend In Serially Correlated Hydrological Series. Water Resources Management, 18, 201~218.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLERİ	
Adı Soyadı	Niamatullah QADİMİ
EĞİTİM	
Lisans	Erzurum Teknik Üniversitesi
Yüksek Lisans	Atatürk Üniversitesi
YABANCI DİLLER	
Türkçe	iyi
İngilizce	iyi
Farsça	iyi