

Standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) yöntemi ile Antalya ili kuraklık analizi

Nazmi DİNÇ^{1*} Köksal AYDİNŞAKİR¹ Mesut IŞIK¹ Dursun BÜYÜKTAŞ²

¹ Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

² Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya

Alınış Tarihi: 23 Haziran 2016 Kabul Tarihi: 15 Kasım 2016

Öz

Ülkemizde ve dünyada küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkan kuraklık, belli bir dönem içerisinde yağış miktarlarının uzun yıllık ortalama değerlerin altına düşmesiyle yeryüzü üzerinde yaşayan tüm canlıları olumsuz etkilemektedir. Kuraklığın şiddetini, alansal ve zamansal özelliklerini tanımlamak için birçok kuraklık indeksi geliştirilmiştir. Bu çalışmada kuraklığın şiddetini belirlemede kullanılan yöntemlerden biri olan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) yöntemi ile Antalya ili sınırları içerisinde bulunan Alanya, Antalya, Demre, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Korkuteli ve Manavgat meteoroloji istasyonlarına ait 1970-2014 yılları arasındaki uzun süreli yağış verileri kullanılarak meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Uzun süreli yağış değerlerinin SPI yönteminin sınıflandırma değerlerine göre 3-, 6-, 12- ve 24- aylık dönemlerde incelendiğinde, SPI değerlerinde bir azalma olmadığı, SPI değerleri eğiliminin normale yakın kurak (0.99 ~ -0.99) arasında yer aldığı hesaplanmıştır. Mevsimsel olarak değerlendirilme yapıldığında çalışma bölgesinde kuraklığın yaz aylarında görülebildiği gibi kış aylarında da görüldüğü belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kuraklık, Standartlaştırılmış yağış indeksi, İklim, Yağış

Drought analysis of Antalya province by standardized precipitation index (SPI)

Abstract

Drought is occurring as a result of global warming in our country and as well as over the world and defined as the precipitation deficit in a certain time period which is lower than that of the normal. It affects negatively all of the living being. Many drought indices have been developed to define the severity and characteristics of drought over time and space. In this study, drought characteristics have been evaluated by using the Standardized Precipitation Index (SPI) in meteorological stations located in Alanya, Antalya, Demre, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Korkuteli and

* Sorumlu yazar (Corresponding author): nazmidinc42@hotmail.com

Manavgat having long term data (1974-2014). According to 3-, 6-, 12- and 24-months time scales, the trend in SPI values are not decreasing and the SPI values were found to be between 0.99 (normal) and -0.99 (drought close to normal). It is concluded that drought can occur in summer as well as in winter.

Keywords: Drought, Standardized precipitation index, Climate, Precipitation

1. Giriş

Kuraklık, yağışların normal düzeylerinin altına düşmesi sonucu arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi ve hidrolojik dengenin bozulmasına neden olan doğal olay olarak tanımlanır (WMO, 1977). Kuraklığı meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık şeklinde sınıflandırmak mümkündür. Meteorolojik kuraklık, yağış miktarında uzun yıllar ortalamalarına göre meydana gelen azalmadır. Tarımsal kuraklıkta ise, bitkinin kök bölgesinde bulunan, kullanılabilir suyun miktarı esas alınmaktadır. Bitkilerin su ihtiyacını karşılayacak miktardaki suyun toprakta bulunmadığı süreler tarımsal açıdan kurak olarak belirtilmektedir. Yağış, bitki su tüketimi ve toprak özellikleri tarımsal kuraklık için ana faktörler olarak sayılabilir. Hidrolojik kuraklık ise, uzun süreli yağış azlığından dolayı yüzey ve yeraltı su kaynaklarında meydana gelen azalmayı ifade eder. Meteorolojik kuraklık sona erdikten uzun süre sonra dahi hidrolojik kuraklık varlığını sürdürebilir.

Kuraklık, önemli ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri olan doğal bir olaydır. Kuraklık olayı, başlangıç ve bitiminin belirlenmesinin güçlüğü nedeniyle diğer doğal afetlerden farklıdır. Yavaş yavaş kuvvetini artırır ve olay sona erdikten yıllar sonra bile etkisini devam ettirebilir. Kuraklığın etkileri genellikle ilk olarak tarımda görülür ve yavaş yavaş diğer sektörlerle yayılır. Kuraklık, iklimsel ve bölgesel özellikler, toprak yapısı, nüfus artışı, doğal çevrenin bozulması gibi pek çok etmene bağlı olup havzadan havzaya ve bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir. Kuraklığın diğer doğal afetlerden farkı, etkisinin uzun zamanda ve yavaş hissedilmesidir. Bu nedenle kuraklık, önceden tanımlanması ve bilinmesi gereken bir olgudur. Ancak, nerede ve ne zaman olacağına kesin olarak bilinmesi günümüz bilgi birikimi ile olası değildir.

Belirli bir zaman periyodunda, yağışın normal değerlerin altına düşmesi meteorolojik kuraklık olarak tanımlanmaktadır. Meteorolojik kuraklığın süresine göre, tarım alanlarının sulanmasında önemli sorunların yaşanması mühendislik açısından ise, barajlarda yeterli miktarda su

toplanamaması, içme suyu kaynaklarının yetersiz kalması, çevrenin ve sosyal yapının olumsuz yönde etkilenmesi gibi bir takım sorunlar ortaya çıkabilmektedir (Tonkaz ve Çetin, 2005). Bu nedenle, farklı zaman periyotlarında kuraklığın araştırılması gerekmektedir. Bu amaçla çeşitli kuraklık indeksleri kullanılmaktadır. Kuraklık olaylarını incelemek için çeşitli yaklaşım ve yöntemler önerilmiştir. Bunlardan en çok bilinenleri, Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (Palmer, 1965) ve Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (McKee vd., 1993) yaklaşımlarıdır.

McKee vd. (1993) tarafından geliştirilen Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) yalnızca yağış değerlerine bağlı, kolay hesaplanabilen, sadece olasılıkla ilgili ve devam eden dönemde yağış eksikliğini hesaplayan bir yöntemdir. Yağış; alanda ve zamanda büyük değişiklikler gösterdiğinden, birçok sistem için suyun varlığını etkileyen ana faktör durumundadır. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI), kuraklığın izlenmesinde diğer yöntemlere göre daha yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Şaylan vd., 2003). Araştırmacılar, söz konusu indeksleri kullanarak, yağış verisi kayıtlarından dünyanın herhangi bir yerinde belirli bir zaman ölçeğinde kurak veya sulak/yağışlı olaylardaki artışları veya azalışları belirleyebilmektedirler. SPI, yağış eksikliğini farklı zaman dilimlerindeki değişkenliğini dikkate aldığından kuraklığın izlenmesinde tercih edilmiş ve geniş kullanım alanı bulmuştur.

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi kullanılarak dünyada ve ülkemizde birçok araştırma yapılmıştır. Edwards (1997), Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan 1221 istasyonu SPI yöntemi ile kuraklık ve nemlilik yönünden analiz etmiştir. Patel vd. (2007) Hindistan'da; Li vd. (2008) Güney Amazon'da; Fathabadi vd., (2009) İran'da; Chen vd. (2009) Tayvan'da; Kim vd., (2009) Güney Kore'de; Santos vd. (2011) Portekiz'de ve Zhang vd. (2012) Çin'de yaptıkları çalışmalarında uzun yıllar aylık yağış serilerini kullanarak SPI'yi 3-, 6-, 9-, 12- ve 24- aylık zaman periyotlarında hesaplayarak zamansal ve konumsal kuraklık riskini belirlemek üzere kuraklık indeksini değerlendirmişlerdir.

Ülkemizde SPI'yi hesaplamak ve değerlendirme yapmak üzere birçok araştırma yapılmıştır. Kömüşçü vd. (2003), ülkemizdeki 102 istasyona ait uzun süreli yağış verilerini kullanarak kuraklık oluşumlarını analiz etmiş, 1951-2001 yılları arasında meydana gelen kuraklığın şiddet ve süre bakımından yurdumuzun hangi bölgelerinde etkili olduğunu belirlemiştir. Pamuk vd. (2004), Ege bölgesinde standart yağış indeksi ile kuraklığı belirlemek için bölge istasyonlarının 1971-2001 dönemindeki yağış değerlerini kullanmışlardır. Kuraklığı 3-, 6-, 12-, 24- ve 48- aylık dönemler

için incelemişlerdir ve kuraklığın devamlı ve düzenli olarak takip edilmesi gerektiğine vurgu yapmışlardır. Yeğnidemir (2005), kuraklığın sıklıkla görüldüğü İç Anadolu bölgesinde standart yağış indeksi ile kuraklık analizi yapmıştır. Çalışmada, bölgedeki 28 istasyonun 1953-2008 yılları arasındaki aylık yağış değerlerini kullanmıştır. Her bir istasyonun 1-, 3-, 6-, 12-, 24- ve 48- ay süreli standart yağış indekslerini bulmuştur. Deniz (2009), Türkiye’de bulunan 96 istasyonun 1929-2006 dönemine ait yağış verilerini standart yağış indeksi ile incelemiştir. Fidan (2011), Doğu Akdeniz Bölgesinde bulunan 58 meteoroloji istasyonundan elde ettiği yağış verilerini kullanarak standart yağış indeksi yöntemiyle bölgenin kuraklık değerlerini bulmuş ve Markov zincirleriyle kuraklık modellemesi yapmıştır. Atmaca (2011), Konya ilinde bulunan istasyonları kullanarak yürüttüğü kuraklık çalışmasında kayıt uzunluğu 10-84 yıl arasında değişen 44 yağış gözlem istasyonundan elde ettiği aylık toplam yağışları kullanarak standart yağış indeksi yöntemiyle kuraklık analizi yapmıştır. Kıymaz vd. (2011), Kırşehir ve Seyfe Gölü için yaptıkları kuraklık analizinde 1975-2008 yılları arasında hafif, orta, şiddetli, çok şiddetli ve olağanüstü düzeylerde kuraklık yaşandığını, ikinci dönem hafif kuraklık değerleri tüm kurak dönemlerde (3-, 6-, 12- ve 24- aylık) birinci döneme göre kıyasla artarak çeşitli şiddetlerde kendini gösterdiğini belirlemişlerdir.

Antalya ili tarımsal üretim açısından ülkemizin en önemli üretim alanlarının başında gelmektedir. Yağışta meydana gelebilecek azalma ve buna bağlı tarımsal üretimde kullanılacak sulama suyunda oluşabilecek düşüş, tarımsal üretimi olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle Antalya ilinin kuraklık analizinin yapılması tarımsal üretim ve kuraklık eylem planlarına hazırlık faaliyetleri açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada; Alanya, Antalya, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Korkuteli ve Finike Meteoroloji ölçüm istasyonlarına ait 45 yıllık, Demre meteorolojik ölçüm istasyonuna ait 34 yıllık yağış değerleri kullanılarak Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) yöntemi ile 3-, 6-, 12- ve 24- aylık dönemler için meteorolojik kuraklık analizi yapılmış ve değerlendirilmelerde bulunulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma yeri

Antalya ili, Anadolu’nun güneybatısında Türkiye’nin Akdeniz kıyısında 29°20’-32°35’ Doğu boylamları ile 36°07’-37°20’ Kuzey enlemleri arasında yer

almaktadır. Yüzölçümü 20 874 km² olup, Türkiye yüzölçümünün %2.6'sını kaplamaktadır. İlin büyük bir bölümü (%76'sı) Toros Dağları ile kaplıdır (Anonim, 2011).

2.2. İklim

Antalya'nın sahil ve yayla kesimi arasında iklim ve bitki örtüsü bakımından önemli bir farklılık göze çarpmaktadır. Antalya ilinin iklimi, genellikle yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olarak ifade edilen Akdeniz iklimi içerisinde değerlendirilmektedir. Yıllık ortalama yağış 881.7 mm, sıcaklık 18.1°C, ortalama nispi nem %60.6'dır (Anonim, 2011).

2.3. Arazi varlığı ve su kaynağı

Antalya'nın 2 087 426 ha'lık toplam yüz ölçümünün, %20'sini tarım alanı, %6'sını çayır-mera ve %74'ünde orman ve tarım dışı alanlar oluşturmaktadır (Anonim, 2011). Bu çalışmada Alanya, Antalya, Demre, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Korkuteli ve Manavgat Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) ölçüm istasyonlarına ait uzun yıllar aylık yağış serileri (mm) kullanılmıştır. Bu istasyonlardan Alanya, Antalya, Demre, Finike, Gazipaşa ve Manavgat sahil kesiminde, Elmalı ve Korkuteli istasyonları yayla kesiminde yer almaktadır. Araştırmada yer alan istasyonların konumları ve gözlem yılları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Meteoroloji gözlem istasyonlarına ilişkin kimi bilgiler

İstasyon	İstasyon no	Rakım (m)	Gözlem yılı	Enlem	Boylam
Alanya	17310	6	1970-2014	36°55' 07" K	31°98' 03" D
Antalya	17300	64	1970-2014	36°90' 63" K	30°79' 90" D
Demre	17970	25	1981-2014	36°24' 21" K	29°97' 90" D
Elmalı	17952	1095	1970-2014	36°73' 72" K	29°91' 21" D
Finike	17375	2	1970-2014	36°20' 24" K	30°14' 58" D
Gazipaşa	17974	21	1970-2014	36°27' 15" K	32°20' 45" D
Korkuteli	17626	1017	1970-2014	37°05' 65" K	30°19' 10" D
Manavgat	17954	38	1970-2014	36°78' 95" K	31°44' 10" D

2.4. Standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (McKee vd., 1993).

$$SPI = \frac{X_i - \bar{X}_i}{S}$$

Eşitlikte; SPI: standart yağış indeksini, X_i : gözlenen yağışı (mm), \bar{X}_i : yağış serisinin ortalamasını (mm) ve S: serinin standart sapmasını, göstermektedir. SPI değerlerinin hesaplanmasında; en az 30 yıllık sürekli periyoda sahip aylık yağış dizileri (m boyutunda) hazırlanır. Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına etkisi dikkate alınarak indekslerdeki değişimlerin gözleneceği 1-, 3-, 6-, 9-, 12-, 24- ve 48- gibi farklı zaman dilimleri belirlenir.

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. İndeksin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indeksin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir (McKee vd., 1994). Ayrıca, SPI hesaplamasında bilgisayar programları geliştirilmiştir. SPI değerleri, SPI SL 6.exe bilgisayar programı ile kolayca hesaplanabilmektedir. Program girdisi için notepad dosyası halinde serilerin düzenlenmesi gerekir. Bunun için komut satırına sırasıyla yıl, ay ve yağış miktarı yazılır ve istenilen periyotlar için program çalıştırılır (Anonymous, 2016).

2.5. Değerlendirme

Sonuçların değerlendirilmesinde Çizelge 2’de verilen SPI yöntemine göre kuraklık şiddeti sınıfları (Tsakiris ve Vangelis, 2004) dikkate alınmıştır.

Çizelge 2. Kuraklık sınıflandırması (Tsakiris ve Vangelis, 2004)

SPI değeri	Kuraklık şiddeti
≥ 2	Çok şiddetli yağışlı
1.50 ~ 1.99	Çok yağışlı
1.00 ~ 1.49	Orta şiddetli yağışlı
0.99 ~ 0.00	Normal
0.00 ~ -0.99	Normale yakın kuraklık
-1.00 ~ -1.49	Orta şiddetli kuraklık
-1.50 ~ -1.99	Şiddetli kuraklık
≤ -2	Çok şiddetli kuraklık

3.Bulgular ve Tartışma

3.1. Uzun yıllık aylık ortalama yağışların dağılımı

Uzun yıllık aylık ortalama yağışlar Çizelge 3'de verilmiştir. Uzun yıllık aylık ortalama yağışlar incelendiğinde, temmuz, ağustos ve eylül aylarındaki yağışların sahil kesiminde 0.3 mm ile 8.8 mm arasında yayla kesiminde ise 7.4 mm ile 25.6 mm arasında değiştiği görülmektedir. Bu durum yağışların özellikle yaz aylarındaki tarımsal sulama açısından ne kadar yetersiz olduğunu göstermektedir. Uzun yıllık yağışların mevsimlik dağılımları, Çizelge 4'de verilmiştir. Yağışların mevsimlik dağılımı incelendiğinde, Antalya genelinde yağışların %54.4'ünün kış, %19.4'ünün ilkbahar, %3.4'ünün yaz ve %23.8'inin ise sonbahar mevsiminde meydana geldiği görülmektedir. Sahil kesiminde yağışların %56.8'inin kış, %17.0'ünün ilkbahar, %1.1'inin yaz ve %25.1'inin sonbahar mevsiminde ve yayla kesiminde ise yağışların %43.1'inin kış, %26.8'inin ilkbahar, %10.2'sinin yaz ve %19.8'inin sonbahar mevsiminde meydana gelmektedir.

Çizelge 3. Uzun yıllık aylık ortalama yağışlar (mm)

Aylar	Alanya	Antalya	Demre	Elmalı	Finike	Gazipaşa	Korkuteli	Manavgat
I	229.2	237.3	199.3	81.3	216.3	168.5	53.8	242.0
II	205.2	215.0	156.8	78.4	202.6	159.9	51.2	248.6
III	155.9	155.2	123.1	65.6	153.6	117.9	43.3	171.3
IV	95.6	98.3	80.2	49.1	81.4	83.5	34.7	95.1
V	69.2	59.0	38.6	35.5	46.7	47.9	40.8	51.8
VI	33.6	32.0	18.0	27.9	19.3	27.8	38.9	21.4
VII	8.5	7.7	5.8	25.6	8.8	4.0	23.9	8.3
VIII	5.1	3.1	0.3	11.2	2.3	0.5	9.1	1.6
IX	2.5	2.4	1.6	9.9	1.5	0.8	7.4	3.4
X	16.8	14.7	13.2	6.6	8.3	15.6	9.0	11.2
XI	89.5	83.3	77.9	36.3	68.0	88.5	29.4	109.3
XII	180.3	156.6	127.4	51.3	131.9	124.4	37.4	165.3

Çizelge 4. Uzun yıllık yağışların mevsimlik dağılımları (%)

İstasyon	Mevsimler			
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Alanya	54.1	18.2	1.5	26.2
Antalya	57.1	17.8	1.2	23.9
Demre	56.9	16.2	0.9	26.0
Elmalı	47.1	23.5	9.7	19.7
Finike	60.9	15.7	1.3	22.1
Gazipaşa	53.2	19.0	0.6	27.2
Korkuteli	39.1	30.2	10.7	20.0
Manavgat	58.6	14.9	1.2	25.3
Ortalama	53.4	19.4	3.4	23.8

Uzun yıllık ekstrem yağış değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Ekstrem değerlere bakıldığında uzun yıllık toplam yağışlar sahil kesiminde 842.2 mm ile 1129.3 mm arasında, yayla kesiminde ise 378.9 mm ile 478.7 mm arasında değişmektedir. Minimum yağışlar sahil kesiminde 232.3 mm ile 623.5 mm arasında, yayla kesiminde ise 188.2 mm ile 409.9 mm arasında değişmektedir. Maksimum yağışlar sahil kesiminde 761.2 mm ile 1891.8 mm arasında değişmektedir.

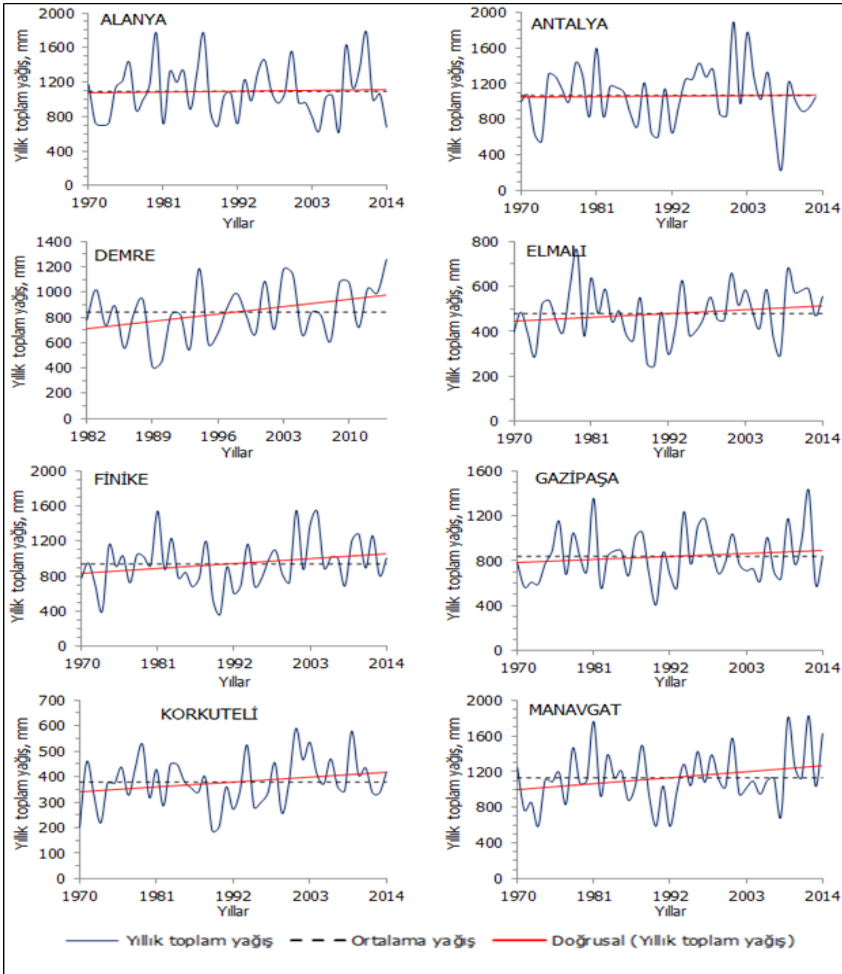
Yıllık toplam yağış miktarları istasyonların bazında Şekil 1'de verilmiştir. Yağışların dağılımı incelendiğinde Antalya ilinde yağışların uzun yıllık ortalamalara çok yakın seyrettiği hatta bazı ilçelerde ortalamanın biraz artma eğiliminde olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Uzun yıllık ekstrem ve ortalama yağışlar (mm)

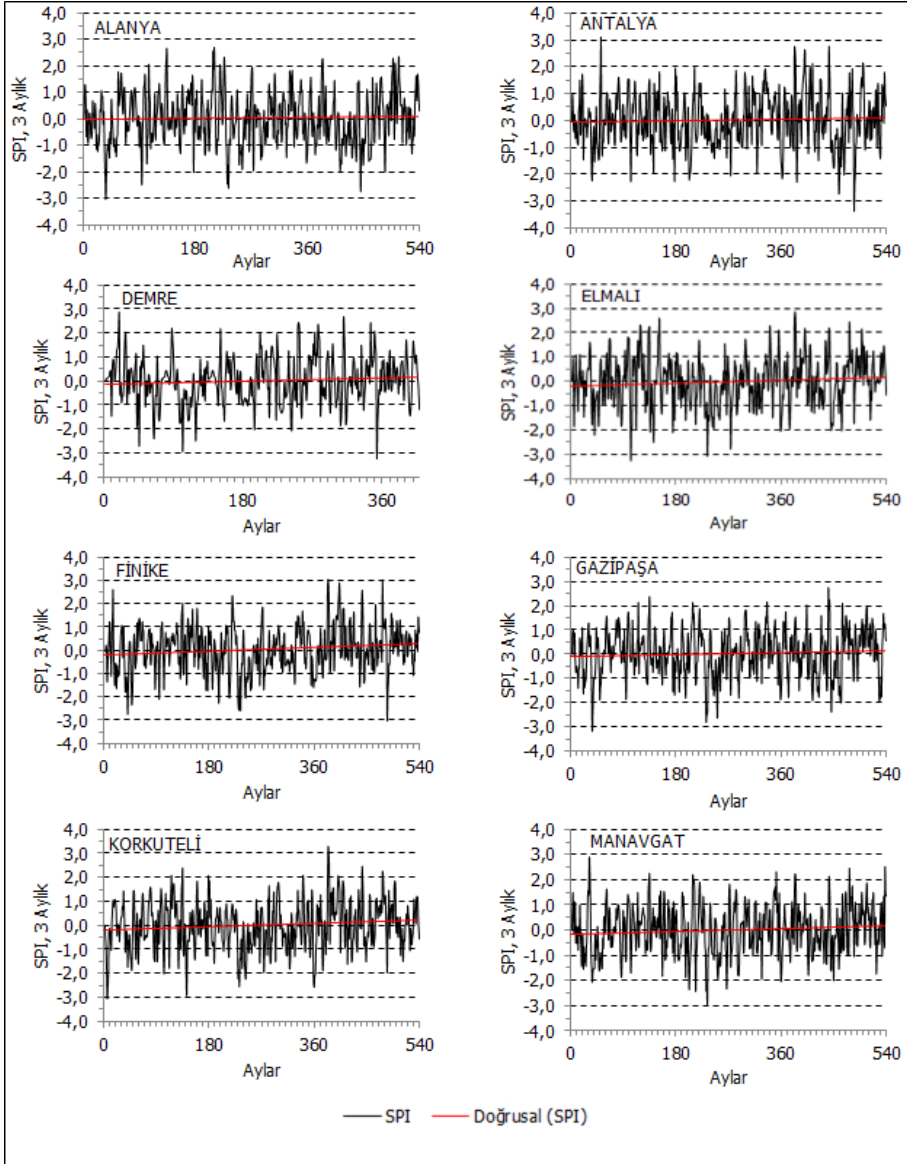
Aylar	Alanya	Antalya	Demre	Elmalı	Finike	Gazipaşa	Korkuteli	Manavgat
Minimum	623.5	232.3	409.9	245.7	362.4	408.2	188.2	585.3
	(2007)	(2008)	(1989)	(1990)	(1990)	(1990)	(1989)	(1992)
Maksimum	1785.6	1891.8	1259.0	761.2	1553.0	1431.3	589.8	1829.6
	(2011)	(2001)	(2014)	(1979)	(2001)	(2011)	(2001)	(2012)
Uzun yıllık ortalama	1091.4	1064.6	842.2	478.7	940.7	839.3	378.9	1129.3

3.2. Aylık SPI zaman serileri

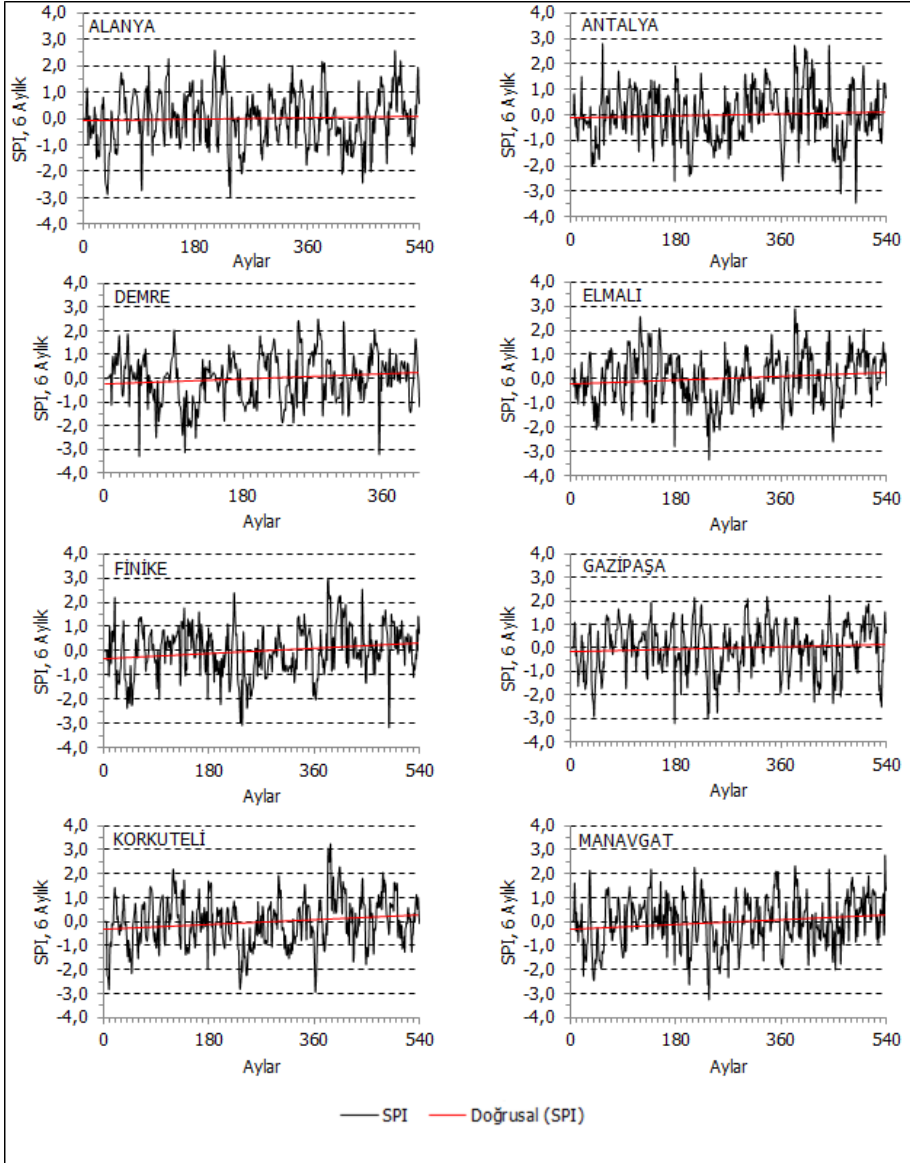
Standart hale getirilmiş sekiz istasyona ait yağış verilerinden elde edilen üç aylık, altı aylık, on iki aylık ve yirmi dört aylık SPI zaman serileri sırasıyla Şekil 2, 3, 4 ve 5'te verilmiştir. Şekil 2-5'te de görüldüğü gibi 3-, 6-, 12- ve 24- aylık SPI değerlerinde dalgalanmalar olduğu kurak ve yağışlı dönemlerin birbirini izlediği görülmektedir.



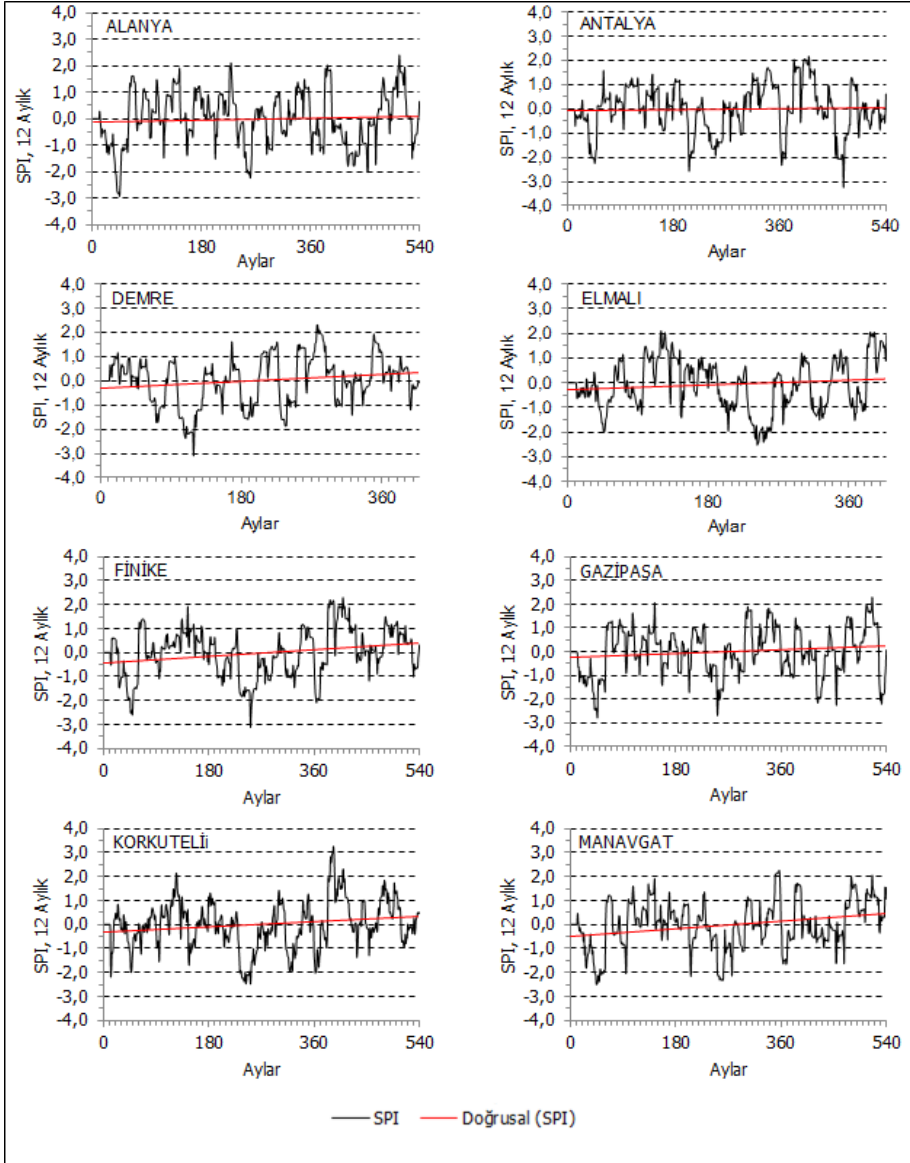
Şekil 1. Yıllık toplam yağış miktarları



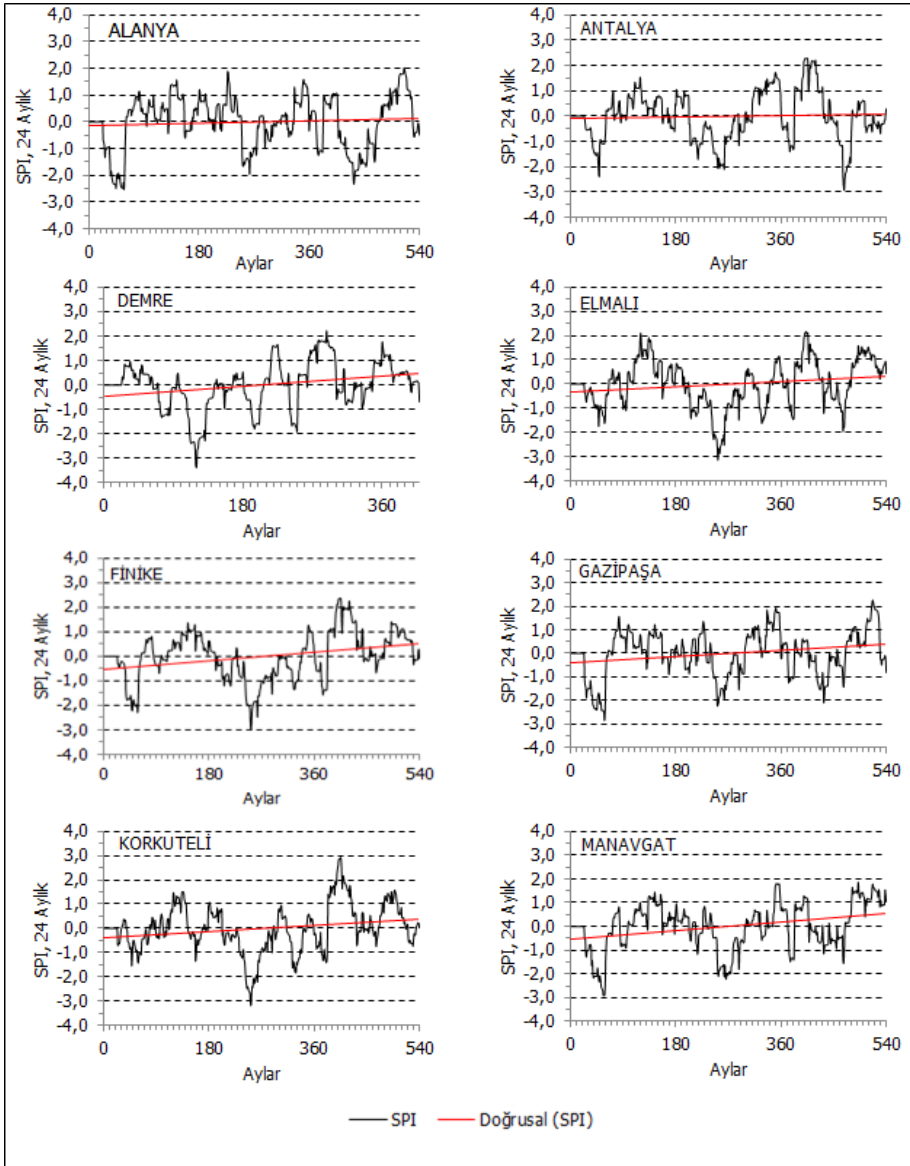
Şekil 2. Antalya ilinde yer alan istasyonlara ait 3- aylık zaman dilimi için SPI zaman serileri



Şekil 3. Antalya ilinde yer alan istasyonlara ait 6- aylık zaman dilimi için SPI zaman serileri



Şekil 4. Antalya ilinde yer alan istasyonlara ait 12- aylık zaman dilimi için SPI zaman serileri



Şekil 5. Antalya ilinde yer alan istasyonlara ait 24- aylık zaman dilimi için SPI zaman serileri

Standartlaştırılmış yağış indeksi zaman serileri incelendiğinde söz konusu sekiz istasyonda da; doğrusal eğilime göre SPI değerlerinde bir azalma olmadığı, SPI değerlerinin eğiliminin 0.99 (normal) ~ -0.99 (normale yakın kurak) arasında yer aldığı görülmektedir. Bu durum, kuraklık koşullarının 1970-2014 yılları arasında artmadığını göstermektedir. Uygulamada, kısa süreli (1-6 ay) indeks değerleri tarımsal üretimde önemlidir. Yetiştirme süresi uzun olan tek yıllık bitkiler ile çok yıllık bitkilerde kuraklık ürün verimini oldukça fazla etkileyecektir. Ardeşık bir ay süreli kuraklığın olma olasılığı %50 ve daha fazla olduğu alanlarda, üretim deseninde kuraklığa dayalı bitkilerin seçilmesi veya sulama uygulamalarının devreye sokulması kuraklığın zararlarını azaltacaktır (Fidan, 2011). İstasyonlar bazında hesaplanan SPI değerlerinin 3-, 6-, 12- ve 24- aylık yüzde dağılımları Çizelge 2'deki kuraklık sınıflandırmasına göre sınıflandırılmış ve yüzde dağılımları Çizelge 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir. Orta şiddetli kuraklık, şiddetli kuraklık ve çok şiddetli kuraklık toplamları dikkate alındığında, kuraklığın üç aylık dönemler için %14.0-%14.7, altı aylık dönemler için %15.9-%18.7, on iki aylık dönemler için %14.1-%19.4 ve yirmi dört aylık dönemler için %13.7-%19.4 arasında değiştii görülmektedir. Bu da Antalya bölgesinde orta şiddetin üzerinde bir kuraklığın görülme riskinin her zaman var olduğu gerçeğini göstermektedir.

Çizelge 3. 3- aylık SPI değerlerinin istasyonlara göre dağılımı (%)

Kuraklık sınıfı	Alanya	Antalya	Demre	Elmalı	Finike	Gazipaşa	Korkuteli	Manavgat
≥2	2.4	2.2	3.7	3.1	2.6	1.7	1.9	2.0
1.50 ~ 1.99	5.2	5.6	3.2	4.4	3.0	5.0	5.7	5.6
1.00 ~ 1.49	10.7	11.3	8.6	8.0	10.7	10.9	10.0	10.6
0.99 ~ 0.00	33.7	31.5	38.2	37.5	35.9	36.8	33.9	34.2
0.00 ~ -0.99	33.3	35.3	32.3	29.3	33.3	29.6	32.5	32.4
-1.00 ~ -1.49	9.4	8.5	6.9	9.3	7.8	7.8	8.0	8.1
-1.50 ~ -1.99	3.3	3.0	5.4	5.6	4.3	6.5	5.2	5.2
≤-2	2.0	2.6	1.7	2.8	2.4	1.7	2.8	1.9
Toplam (≤-1)	14.7	14.1	14.0	17.7	14.5	16.0	16.0	15.2

Çizelge 4. 6- aylık SPI değerlerinin istasyonlara göre dağılımı (%)

Kuraklık sınıfı	Alanya	Antalya	Demre	Elmalı	Finike	Gazipaşa	Korkuteli	Manavgat
≥ 2	1.9	2.2	2.2	2.2	2.8	0.7	1.9	2.0
1.50 ~ 1.99	6.1	4.1	4.4	4.8	2.4	4.6	5.6	4.1
1.00 ~ 1.49	10.7	11.7	9.8	9.6	11.5	12.8	8.9	11.9
0.99 ~ 0.00	35.9	33.3	40.1	36.1	36.8	39.8	35.5	35.0
0.00 ~ -0.99	27.6	31.7	24.8	29.3	30.6	23.9	30.4	29.8
-1.00 ~ -1.49	11.4	9.8	11.3	10.0	8.5	8.9	11.7	8.1
-1.50 ~ -1.99	3.3	4.4	4.7	5.4	3.9	6.3	3.0	6.1
≤ -2	3.1	2.8	2.7	2.6	3.5	3.0	3.0	3.0
Toplam (≤ -1)	17.8	17.0	18.7	18.0	15.9	18.2	17.7	17.2

Çizelge 5. 12- aylık SPI değerlerinin istasyonlara göre dağılımı (%)

Kuraklık sınıfı	Alanya	Antalya	Demre	Elmalı	Finike	Gazipaşa	Korkuteli	Manavgat
≥ 2	0.9	1.5	1.2	1.1	2.2	0.6	2.6	1.9
1.50 ~ 1.99	6.1	5.9	4.7	4.4	2.8	6.1	4.1	5.0
1.00 ~ 1.49	12.0	10.9	11.0	13.1	12.6	12.6	9.3	11.5
0.99 ~ 0.00	35.5	37.3	40.2	33.5	37.8	35.0	36.1	35.7
0.00 ~ -0.99	27.8	27.8	23.5	30.6	25.9	28.5	31.7	31.8
-1.00 ~ -1.49	11.5	6.3	9.8	9.6	8.3	8.5	8.1	4.6
-1.50 ~ -1.99	3.1	5.9	6.4	4.4	8.0	5.7	3.7	3.9
≤ -2	3.1	4.4	3.2	3.3	2.4	3.0	4.4	5.6
Toplam (≤ -1)	17.7	16.6	19.4	17.3	18.7	17.2	16.2	14.1

Çizelge 6. 24- aylık SPI değerlerinin istasyonlara göre dağılımı (%)

Kuraklık sınıfı	Alanya	Antalya	Demre	Elmalı	Finike	Gazipaşa	Korkuteli	Manavgat
≥ 2	0.4	3.1	0.2	1.5	2.8	1.1	2.2	0.0
1.50 ~ 1.99	3.3	3.1	7.6	3.1	2.2	4.3	5.7	5.4
1.00 ~ 1.49	11.5	12.4	6.9	13.0	12.5	8.9	9.3	11.3
0.99 ~ 0.00	46.9	35.5	44.3	37.1	36.5	43.0	32.4	41.8
0.00 ~ -0.99	18.5	29.5	26.0	28.5	30.4	25.7	36.7	27.3
-1.00 ~ -1.49	8.7	8.3	5.6	10.7	6.7	6.9	8.1	4.3
-1.50 ~ -1.99	6.1	4.8	4.7	2.2	5.2	5.7	1.9	4.3
≤ -2	4.6	3.3	4.7	3.9	3.7	4.4	3.7	5.6
Toplam (≤ -1)	19.4	16.4	15.0	16.8	15.6	17.0	13.7	14.2

Minimum ve maksimum SPI değerleri meydana geldiği yıllar ve aylar Çizelge 7'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde kuraklığın yaz aylarında olduğu gibi kış aylarında da olabileceği görülmektedir. En yağışlı değer 3.28 ile Aralık 2001'de Korkuteli'nde bulunmuştur. Korkuteli 2001 yılı yağış toplamı 589.8 mm ve aralık ayı yağışı 240.8 mm'dir. En kurak değer ise -3.40 ile Ağustos 2010'da Antalya'da hesaplanmıştır. Antalya 2010 yılı yağış toplamı 1013.3 mm olup ağustos ayında hiç yağış olmamıştır. Ayrıca 2010 yılında Antalya mart-eylül dönemindeki toplam yağış 8.7 mm'dir.

4. Sonuç

Bu çalışmada kuraklık analizinde ve kuraklığın izlenmesinde yeni bir yöntem olarak sunulan Standart Yağış İndeksi (SPI) yöntemi ile Antalya ilinde seçilen 8 istasyona ait uzun süreli yağış ölçümlerine sahip meteoroloji istasyonlarının verileri kullanılarak, kuraklık oluşumları 3-, 6-, 12- ve 24- aylık periyotlar için analiz edilmiştir. Söz konusu istasyonların geçmiş ve günümüz yağışlarında meydana gelen anormal ya da normal değişimler tespit edilmiştir. Bu şekilde istasyonların kuraklık ve nemlilik sonuçları kullanılarak genel bir durum değerlendirmesi yapılmıştır.

Çizelge 7. Hesaplanan en yüksek ve en düşük SPI değerleri

İst.		3- ay	6- ay	12- ay	24- ay
Alanya	Mak.	2.70 (Temmuz 1987)	2.59 (Ağustos 1987)	2.41 (Mart 2012)	2.02 (Kasım 2012)
	Min.	-3.04 (Ocak 1973)	-2.95 (Eylül 1989)	-2.93 (Eylül 1973)	-2.53 (Ekim 1974)
Antalya	Mak.	3.07 (Nisan 1974)	2.77 (Temmuz 1974)	2.18 (Ocak 2004)	2.29 (Eylül 2003)
	Min.	-3.32 (Mayıs 2010)	-3.40 (Ağustos 2010)	-3.25 (Aralık 2008)	-2.93 (Aralık 2008)
Demre	Mak.	2.79 (Ağustos 1982)	2.47 (Ocak 2004)	2.31 (Ocak 2004)	2.22 (Aralık 2004)
	Min.	-3.14 (Mayıs 2010)	-3.29 (Ekim 1984)	-3.10 (Kasım 1990)	-3.37 (Aralık 1990)
Eimalı	Mak.	2.87 (Aralık 2001)	2.90 (Aralık 2001)	2.10 (Aralık 1979)	2.17 (Temmuz 2003)
	Min.	-3.27 (Temmuz 1978)	-3.35 (Eylül 1989)	-2.52 (Mart 1990)	-3.14 (Aralık 1990)
Finike	Mak.	3.06 (Aralık 2001)	3.00 (Aralık 2001)	2.28 (Ocak 2004)	2.38 (Eylül 2003)
	Min.	-3.00 (Mayıs 2010)	-3.12 (Ağustos 2010)	-3.09 (Kasım 1990)	-3.01 (Aralık 1990)
Gazipaşa	Mak.	2.71 (Eylül 2006)	2.24 (Kasım 2006)	2.30 (Aralık 2012)	2.27 (Ocak 2013)
	Min.	-3.17 (Ocak 1973)	-3.20 (Ekim 1984)	-2.77 (Ekim 1973)	-2.86 (Ekim 1974)
Korkuteli	Mak.	3.28 (Aralık 2001)	3.25 (Nisan 2002)	3.27 (Eylül 2002)	2.93 (Eylül 2003)
	Min.	-3.04 (Haziran 1970)	-2.93 (Şubat 2000)	-2.48 (Kasım 1990)	-3.18 (Aralık 1990)
Manavgat	Mak.	2.89 (Ağustos 1972)	2.73 (Ekim 2014)	2.27 (Eylül 1999)	1.87 (Aralık 2010)
	Min.	-2.95 (Haziran 1989)	-3.18 (Eylül 1989)	-2.50 (Ağustos 1973)	-2.91 (Ağustos 1974)

Antalya genelinde yazları sıcak ve kurak kışları ılık ve yağışlı olan tipik Akdeniz iklimi görülmektedir. İl genelinde yağışların %54.4'ünün kış, %19.4'ünün ilkbahar, %3.4'ünün yaz ve %23.8'inin ise sonbahar mevsiminde meydana gelmektedir. Sahil kesiminde yağışların %56.8'inin kış, %17.0'inin ilkbahar, %1.1'inin yaz ve %25.1'inin sonbahar mevsiminde ve yayla kesiminde ise yağışların %43.1'inin kış, %26.8'inin ilkbahar, %10.2'sinin yaz ve %19.8'inin sonbahar mevsiminde meydana gelmektedir.

Ekstrem değerlere bakıldığında, uzun yıllık toplam yağışlar sahil kesiminde 842.2 mm ile 1129.3 mm arasında, yayla kesiminde ise 378.9 mm ile 478.7 mm arasında değişmektedir. Minimum yağışlar sahil kesiminde 232.3 mm ile 623.5 mm arasında, yayla kesiminde ise 188.2 mm ile 409.9 mm arasında değişmektedir. Maksimum yağışlar sahil kesiminde 761.2 mm ile 1891.8 mm arasında değişmektedir. Yağışların dağılımı incelendiğinde Antalya ilinde yağışların uzun yıllık ortalamalara çok yakın seyrettiği hatta bazı ilçelerde ortalamanın biraz artma eğiliminde olduğu görülmektedir.

Gözlem süresi boyunca Alanya, Antalya, Demre, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Korkuteli ve Manavgat istasyonlarında ölçülen aylık yağışlara göre kuraklık eğilimi 0.99 (normal) ~ -0.99 (normale yakın kurak) arasında kalmıştır. Orta şiddetli kuraklık, şiddetli kuraklık ve çok şiddetli kuraklık toplamları dikkate alındığında, kuraklığın üç aylık dönemler için %14.0-%14.7, altı aylık dönemler için %15.9-%18.7, on iki aylık dönemler için %14.1-%19.4 ve yirmi dört aylık dönemler için %13.7-%19.4 arasında değiştiği görülmektedir.

Kuraklık yaz aylarında görülebildiği gibi kış aylarında da görülebilmektedir. En yağışlı değer 3.28 ile Aralık 2001'de Korkuteli'nde hesaplanmıştır. En kurak değer ise -3.40 ile Ağustos 2010'da Antalya'da hesaplanmıştır. Bulgular, Antalya yöresinde orta şiddetin üzerinde bir kuraklığın görülme riskinin her zaman var olduğu gerçeğini göstermektedir.

Son yıllarda dünyada ve ülkemizde yağış eksikliğine bağlı olarak meydana gelen kuraklık, tüm canlılar açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle, yapılan tahmin çalışmaları sonucunda elde edilen kuraklık indeks değerlerini dikkate alınarak su depolama ve taşkın koruma yapılarının uygun projelendirilmesi, mevcut su kaynaklarının etkin kullanılması ve tarımsal üretim faaliyetlerinin olası kuraklıktan etkilenme düzeyinin en aza indirgenmesi sağlanmalıdır.

Kaynaklar

Anonim, (2011). Antalya Tarım Master Planı. T.C. Antalya Valiliği İl Tarım Müdürlüğü. 703 s.

- Anonymous, (2016). Program to Calculate Standardized Precipitation Index. <http://drought.unl.edu/monitoringtools/downloadables/program.aspx>. Erişim tarihi: 2 Mart 2016.
- Atmaca, D. (2011). Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) ile Konya ilinde bölgesel kuraklık analizi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Chen, S.T., Kuo, C.C. & Yu, P.S. (2009). Historical trends and variability of meteorological droughts in Taiwan. *Hydrological Sciences Journal*, 54(3):430-441.
- Deniz, D. (2009). Türkiye'deki kuraklığın Standart Yağış İndeksi ile incelenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Edwards, D.C. (1997). Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Colorado State University, Thesis, Fort Collins, Colorado.
- Fathabadi, A., Gholami, H., Salajeghe, A., Azanivand, H., & Khosravi, H. (2009). Drought forecasting using neural network and stochastic models. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 3(2):137-146.
- Fidan, H.I. (2011). Doğu Akdeniz Bölgesinde standardize yağış indeksi (SYİ) ile kuraklık analizi ve markov zinciri yöntemini kullanarak kurak olma olasılıklarının belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Kıymaz, S., Güneş, V., & Asar, V. (2011). Standartlaştırılmış yağış indeksi ile Seyfe Gölünün kuraklık dönemlerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1):91-102.
- Kim, D.W., Byun, H.R., & Choi, K.S. (2009). Evaluation, modification, and application of the effective drought index to 200-year drought climatology of Seoul, Korea. *Journal of Hydrology*, 378(1-2):1-12.
- Kömüşçü, A.Ü., Erkan, A., & Turgu, E. (2003). Normalleştirilmiş yağış indeksi (SPI) metodu ile Türkiye'de kuraklık oluşum oranlarının bölgesel dağılımı. *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, 19-21 Mart 2003, İstanbul, s:268-275.
- Li, W., Fu, R., Juarez, R.I.N., & Fernandes, K. (2008). Observed change of the standardized precipitation index, its potential cause and implications to future climate change in the Amazon region. *Philosophical Transactions of The Royal Society B*, 363(1498):1767-1772.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *8th Conference on Applied Climatology*, 17-22 January, Anaheim, CA, pp. 179-184.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J. (1994). Drought monitoring with multiple time scales. American meteorological society. *Proceedings of 9th. Conference on Applied Climatology*, 15-20 January, Dallas, p:233-236.
- Palmer, W.C. (1965). Meteorological Drought. United States Department of Commerce, Research Paper No. 45, USA.
- Pamuk, G., Özgürel, M., & Topçuoğlu, K. (2004). Standart yağış indeksi (SYİ) ile Ege Bölgesinde kuraklık analizi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1):99-106.

- Patel, N.R., Chopra, P., & Dadhwal, V.K. (2007). Analyzing spatial patterns of meteorological drought using standardized precipitation index. *Meteorological Applications*, 14(4):329–336.
- Santos, J.F., Portela, M.M., & Pulido-Calvo, I. (2011). Regional frequency analysis of droughts in Portugal. *Water Resources Management*, 25:3537–3558.
- Şaylan, L., Şen, O., Kadioğlu, M., Koçak, K., Toros, H., Çaldağ, B., Bakanoğulları, F., Avşar, F., & Akbay, Ş. (2003). Trakya Bölgesinde kuraklığın asit yağışları ve yağış rejiminin belirlenmesi. İTÜ Araştırma Fonu Projesi Ara Raporu, İstanbul.
- Tonkaz, T., & Çetin, M. (2005). Şanlıurfa'da kuraklık şiddetinin standardize yağış indisi (SPI) ile belirlenmesi ve kuraklık gidişi analizi. *GAP IV. Tarım Kongresi*, 21-23 Eylül 2005, Şanlıurfa.
- Tsakiris, G., & Vangelis, H. (2004). Towards a drought watch system based on spatial SPI. *Water Resources Management*, 18(1):1-12.
- WMO, (1997). Extreme Agrometeorological Events, CagM-X Working Group, Genova.
- Yeğnidemir, M.K. (2005). İç Anadolu Bölgesinin standartlaştırılmış yağış indisi metodu ile kuraklık analizi. Kırıkkale Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale.
- Zhang, Q., Li, J., Singh, V.P., & Bai, Y. (2012). SPI-based evaluation of drought events in Xinjiang, China. *Natural Hazards*, 64:481-492.