

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi ile Şanlıurfa İstasyonunun Kuraklık Analizi

Veysel Gümü, Ahmet Başak, Nazife Oruç

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

e-posta: gumus@harran.edu.tr, ahmedbasak@harran.edu.tr, nazifeoruc@harran.edu.tr

Geliş Tarihi: 25.07.2016

Kabul Tarihi: 01.09.2016

Özet

Yerel ya da bölgesel olarak meydana gelmesi muhtemel bir olgu olan kuraklık; belli bir zaman aralığında yağışın eksikliği olarak tanımlanabilir. Kuraklık en yaygın doğal afetlerdir. Kuraklığın tahmin edilmesi, oluşturabileceği sosyoekonomik, tarımsal ve çevresel olumsuzlukların büyük bir kısmını azaltabilir. Bu çalışmada Türkiye'nin güneydoğusunda bulunan Şanlıurfa istasyonuna ait 78 yıllık (1937-2014) yağış verileri kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Kuraklığın belirlenmesinde Standart Yağış İndeksi (SYİ) metodu kullanılmıştır. Aylık yağış verileri kullanılarak 1, 3, 6 ve 12 aylık SYİ değerleri ile Şanlıurfa istasyonundaki kurak ve yağışlı dönemlerin şiddeti, büyüklüğü ve dağılımı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, ele alınan istasyonda 1986-2014 (29 yıl) arasındaki aşırı kurak geçen ay sayısının, 1937-1985 (49 yıl) yılları arasındaki kurak geçen ay sayısından daha fazla olduğu görülmüştür. Şanlıurfa istasyonu için; tüm zaman ölçeklerine göre en büyük SYİ değerlerinin Ekim-Aralık 1972 dönemleri arasında meydana geldiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kuraklık; Kuraklık analizi; Şanlıurfa; Standartlaştırılmış Yağış İndeksi

Drought Analysis of Şanlıurfa Station with Standard Precipitation Index (SPI)

Abstract

Drought is a natural local or regional phenomenon, its basic cause being the lack of precipitation over a time period. The prediction of the drought, most widespread natural disasters, on the base of meteorological precipitation data, a large portion of pose socio-economic, agricultural and environmental adversities of drought can be reduced. In this study, drought analysis is carried out by using 78 years (1937-2014) rainfall data of Şanlıurfa meteorological station in the southeast of the Turkey. Standardized Precipitation Index (SPI) method is used in determining the drought. The severity, the size and the distribution according to the station of the drought and wet period were determined for 1, 3, 6 and 12 month time scales by using monthly rainfall data. As a result, extreme drought month in the period of 1986-2014 (29-years) are observed more according to the period of 1937-1985 (49-years). The highest SPI values are determined in the October-December 1972 period for the all time scales.

Keywords: Drought, Drought analysis, Şanlıurfa, Standard Precipitation index

1. Giriş

Şiddeti ne olursa olsun insan toplumları ve ekosistemler için en ciddi sorunlardan olan kuraklık, iklim değişikliklerine paralel olarak son yıllarda daha da önemli hale gelmiştir. Kuraklık kademeli bir olgudur, kısa süreli oluşabileceği gibi şiddetli bir şekilde yıllarca da sürebilir. Yetersiz yağış, yüksek su tüketimi ve su kaynaklarının plansız kullanımı gibi faktörlerinden bir veya daha fazlasının meydana gelmesi durumunda oluşabilen kuraklığın, sosyoekonomik, tarım ve çevre koşulları üzerinde yıkıcı etkileri olabilir. Etkisi sel ve fırtına gibi aniden

görülmemesine rağmen, kuraklık doğal afetlerin en zararlı türlerinden biridir.

Genellikle kuraklık; tarımsal, hidrolojik ve meteorolojik kuraklık olarak sınıflandırılmaktadır. Bunlardan meteorolojik kuraklıklar uzun bir zaman içinde yağışın belirgin şekilde normal değerlerin altına düşmesi olarak tanımlanır ve kaçınılması mümkün olmayan kuraklık çeşididir. Yağışın en önemli parametre olarak kabul edildiği meteorolojik kuraklıklarda, kuraklık algısı farklı iklim özelliklerine sahip bölgelerde önemli farklılıklar göstermektedir. Kuraklık davranışının yersel ve zamansal araştırmaları, kuraklık indeksleri olarak

isimlendirilen dolaylı tahmin metotları yoluyla, kuraklığın zararlarını önlemek için yapılan planların uygulamasında yardımcı olabilmektedir [1]. Kuraklık, uzun yıllardır birçok araştırmacı tarafından ciddi anlamda araştırılan önemli bir doğa olayıdır. Ancak bu tür olayların çalışılabilmesinde karşılaşılan zorluklar altında yatan gerçek, kuraklığın ne zaman başlayacağı, ne kadar süreceği, şiddetinin ne olacağı ve etkisi altına alacağı bölge büyüklüğü konusunda kesin bir bilgiye ulaşılamamıştır. Bugüne kadar araştırmacılar tarafından çok sayıda kuraklık indeksi öne sürülmüştür. Bunlardan bazıları; Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI) [2], Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) [3], Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) [4]'dir.

Karabulut [5], çalışmada Antakya-Kahramanmaraş bölgesinde toplam 5 istasyona ait 1975-2010 yılları arasındaki yağış verilerini SYİ yöntemi ile değerlendirerek kuraklık analizi yapmıştır. Çalışması sonucunda kuraklık frekansının son 10 yılda arttığını bildirmiştir. Liu, et al. [6], Çin'in Nanjing bölgesine ait 1946-2000 yılları arasındaki yağış verilerini kullanarak 3, 6, 12 ve 24 aylık periyotlar için kuraklığı SYİ yöntemi ile belirlemişlerdir. Di Lena, et al. [7], Orta İtalya

bölgesinde bulunan 69 istasyona ait 1951-2009 yılları arasındaki aylık yağış verilerini kullanarak, SYİ metoduyla 3, 6, 12 ve 24 aylık zaman periyotlarında bölgenin kuraklık analizini ve elde edilen SYİ değerlerinin gidişini Mann-Kendall testi ile belirlemişlerdir. Elde edilen SYİ değerlerinin eğiliminin çoğu istasyonda azalan yönde olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca, birçok araştırmacı tarafından farklı kuraklık indeksleri kullanılarak kuraklığın belirlenmesi için yapılmış çalışmalar bulunmaktadır [8-20].

Bu çalışmada 17270 numaralı Şanlıurfa istasyonuna ait aylık toplam yağış değerleri kullanılarak SYİ yöntemi ile 1, 3, 6 ve 12 aylık kuraklık indis değerleri hesaplanmıştır. 1937-2014 yılları arasındaki veriler kullanılarak yapılan kuraklık analizi ile kuraklık indis değerlerinin zamansal değişimleri irdelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada Türkiye'nin güney doğusunda yer alan ve 17270 numaralı Şanlıurfa istasyonu ele alınmıştır. (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanı

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan, Şanlıurfa istasyonuna ait 78 yıllık (1937-2014) aylık yağış değerleri, bölgenin kuraklık analizinin hesabında

kullanılmıştır. 17270 numaralı Şanlıurfa istasyonunun uzun yıllar ortalama yıllık yağış toplamı 459.9 mm/m²'dir. Aylık bazda ise en düşük uzun

yıllar ortalama toplam yağış değeri 0.59 mm/m² ile Temmuz ayında, en yüksek yağış ise 89.8 mm/m² ile Ocak ayında meydana gelmektedir.

2.2. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ)

Kuraklığın belirlenmesinde genellikle yağışı değerlendirmek için Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) [4] kullanılmaktadır. Yağış toplamlarına gamma olasılık yoğunluk fonksiyonunu uydurmayı içeren SYİ metodu Denklem 1’de verildiği gibi aylık yağışlar ve uzun dönemli yağış ortalamaları arasındaki farkın standart sapmaya bölünmesi ile normalize edilerek elde edilmektedir.

$$SYİ = \frac{x_{ij} - x_{im}}{\sigma} \quad (1)$$

Burada; x_{ij} , i . yağış istasyonundaki j . gözlemdeki aylık yağışı, x_{im} , uzun dönemli yağış ortalamasını ve σ standart sapmayı ifade etmektedir.

SYİ değerinin; sıfırın altına düştüğü dönemler kuraklığın olduğu dönemler olarak kabul edilirken, pozitif değere yükseldiği dönemler kuraklığın bittiği, yani yağışlı dönemler olarak değerlendirilir. SYİ değerleri sürekli olarak negatif ise bu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. SYİ metodunda aylık yağış veri setleri en az 30 yıllık kesintisiz dönem için düzenlenir ve SYİ yöntemi ile kuraklık şiddeti Tablo 1’de gösterilen kategorilere göre sınıflandırılabilir [4, 21].

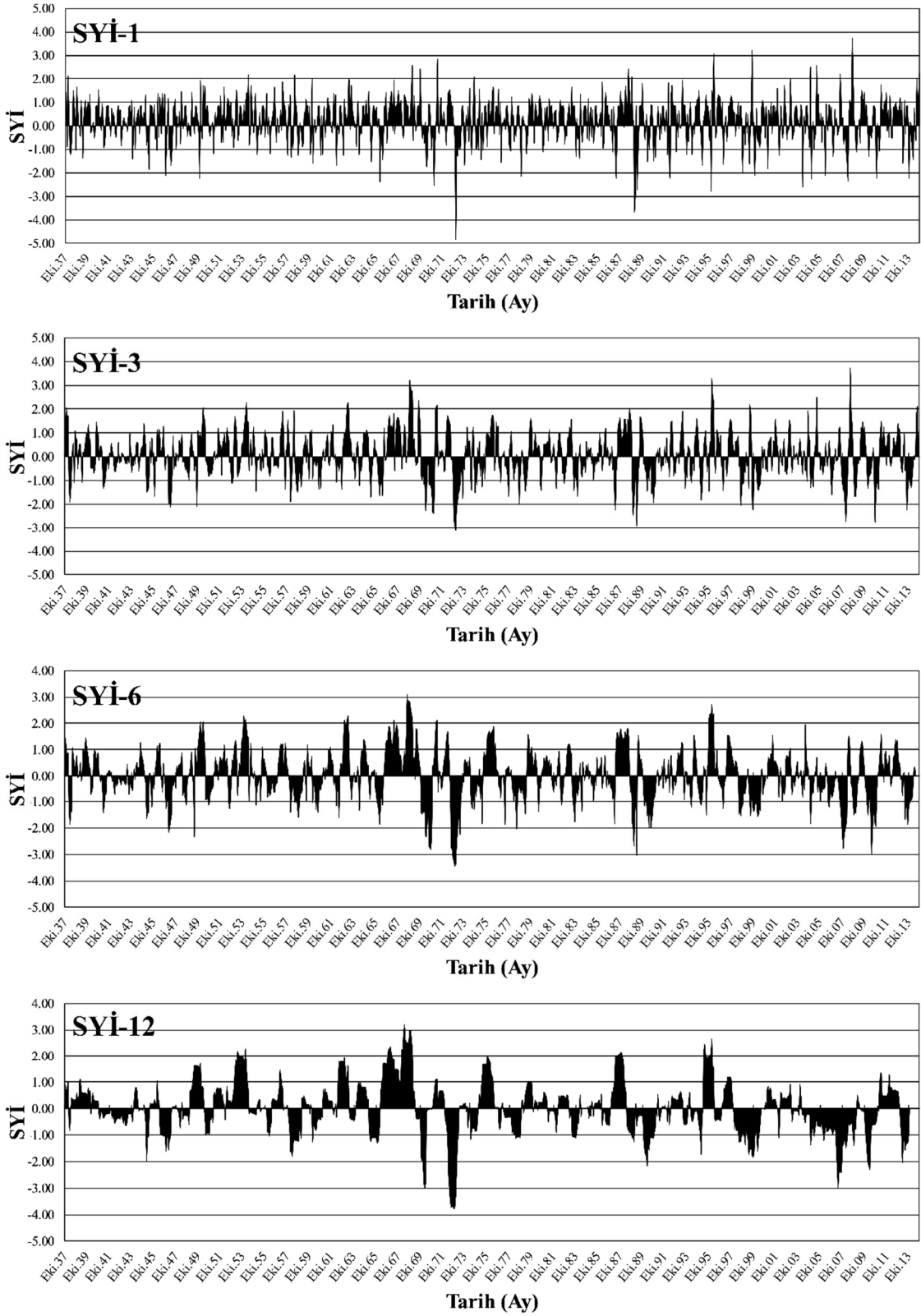
Tablo 2. SYİ Değerlerinin Sınıflandırılması [4, 21]

SYİ Değerleri	Kuraklık Sınıflandırılması
$2.0 > SYİ$	Aşırı yağışlı (AY)
$1.5 < SYİ \leq 2.0$	Çok yağışlı (ÇY)
$1.0 < SYİ \leq 1.5$	Orta yağışlı (OY)
$0 < SYİ \leq 1.0$	Hafif Yağışlı (HY)
$-1.0 < SYİ \leq 0$	Hafif Kurak (HK)
$-1.5 < SYİ \leq -1.0$	Orta kurak (OK)
$-2.0 < SYİ \leq -1.5$	Çok kurak (ÇK)
$-2.0 \leq SYİ$	Aşırı kurak (AK)

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kuraklık Analizi

Kuraklık analizi için, Türkiye’nin güney doğusunda yer alan 17270 numaralı Şanlıurfa meteoroloji istasyonunda 1937-2014 yılları arasında kesintisiz olarak ölçülmüş aylık yağış verileri kullanılmıştır. MATLAB yazılımı ile hazırlanmış bir program kullanılarak yağış verileri gamma dağılımına uydurulmuş ve sonrasında SYİ değerleri hesaplanmıştır. Aylık ve yıllık toplam yağışlar kullanılarak elde edilen seri SYİ değerlerinin zamansal dağılımı Şekil 2’de verilmiştir. Uzun dönemli yağış verilerine bağlı olarak hesaplanan SYİ’lerin değerlendirilmesinde kuraklığın geçmişten günümüze değişiminin daha iyi incelenebilmesi açısından 1937-1985 ve 1986-2014 yılları arası iki farklı dönem olarak ele alınmıştır.



Şekil 2. 1, 3, 6 ve 12 aylık SYİ değerlerinin dağılımı

Şekil 2'deki SYİ değerleri incelendiğinde, 1 aylık SYİ değerlerine göre, 1937-1985 yılları arasında 6 ayda aşırı kuraklık gözlenmiş, 1986-2014 yılları arasında ise 14 ayda aşırı kuraklık gözlenmiştir. 3 aylık SYİ değerlerine göre, tüm zaman aralığında 19 aşırı

kurak ay gözlenmiş ve bu aşırı kurak ayların 9 tanesi 1937-1985 yılları arasında olduğu belirlenmiştir. 6 aylık SYİ değerlerine göre, toplam 27 aşırı kurak ayın 17 si 1937-1985 yılları arasında gözlenmiş ve bunların 9 tanesi ise 1972-1973 yılları arasında

olduğu görülmüştür. 12 aylık SYİ değerleri incelendiğinde ise, toplam 23 ayın aşırı kurak olduğu belirlenmiştir ve bunların 12 tanesi 1937-1985 yılları arasında görülmüş ve bu yıllar arasında gözlenen 12 aylık kuraklık değerlerinin ise tamamının 1970-1973 yılları arasında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tüm zaman ölçeklerine göre en büyük SYİ değerlerinin Ekim-Aralık 1972 dönemleri arasında meydana geldiği görülmüştür.

1, 3, 6 ve 12 aylık SYİ değerlerine göre en uzun kurak ve yağışlı dönemler tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’e göre kurak dönemler incelendiğinde, SYİ-1 değerleri için en uzun kurak dönem Ekim 1972’de başlamış ve 9 ay sürmüş olup, SYİ-3 değerleri için Temmuz 1972’de başlayıp 16 ay sürdüğü görülmektedir. SYİ-6 değerleri için ise en uzun kurak dönem 16 ay

sürmüştür ve 1941, 1957 ve 1978 yıllarında olmak üzere üç farklı zamanda meydana gelmiştir. SYİ-12 değerlerine göre ise en uzun kurak dönem Şubat 2004-Ocak 2009 arasında meydana gelmiş ve 60 ay sürmüştür. Tablo 1’e göre yağışlı dönemler incelendiğinde ise, SYİ-1 için Şubat-1953, Temmuz-1987 ve Ocak-2012 yıllarında başlayıp 10 ay süren yağışlı bir dönem meydana gelmiştir. SYİ-3 için bu dönem 16 ay sürmüş ve Temmuz 1987’de başlamıştır. SYİ-6 için 33 ay, SYİ-12 için ise 38 ay süren yağışlı dönem ise iki zaman ölçeği için de 1966-1969 yılları arasında meydana gelmiştir.

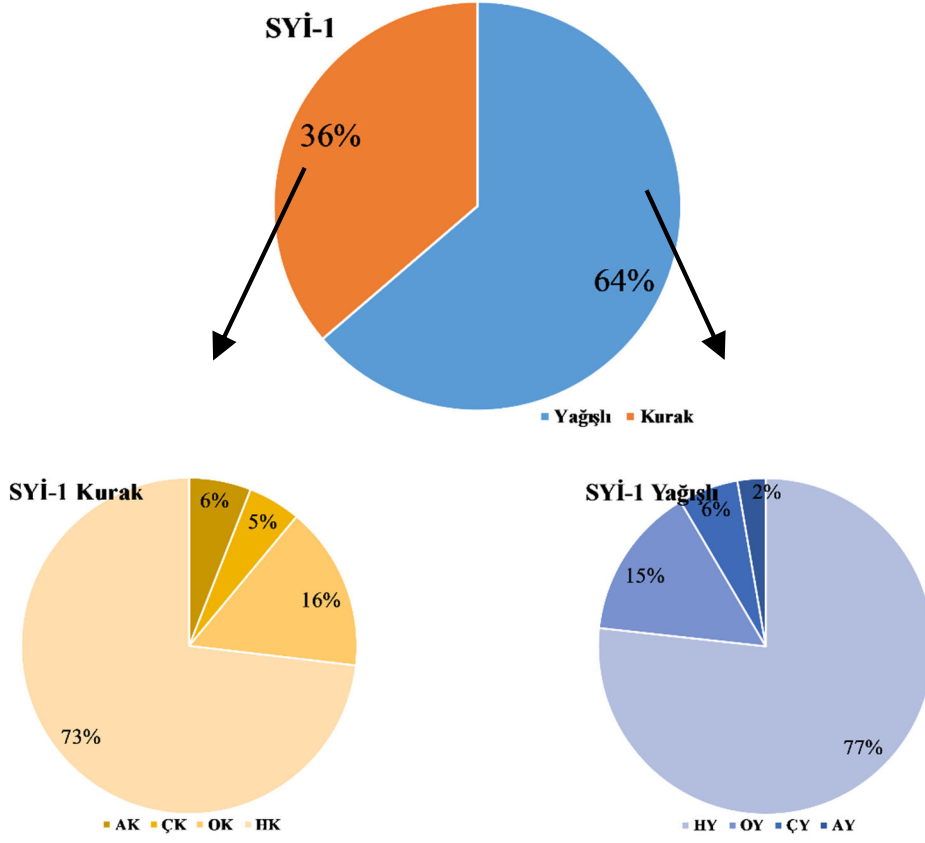
Tablo 1. 1, 3, 6 ve 12 aylık SYİ değerlerine göre en uzun kurak ve yağışlı dönemler

	Kurak Dönem			Yağışlı Dönem		
	Başlangıç	Bitiş	Süre	Başlangıç	Bitiş	Süre
SYİ-1	Eki.72	Haz.73	9 ay	Tem.53	Nis.54	10 ay
				Mar.88	Ara.88	
				May.12	Şub.13	
SYİ-3	Tem.72	Eki.73	16 ay	Tem.87	Eki.88	16 ay
SYİ-6	Oca.42	Nis.43	16 ay	Tem.66	Mar.69	33 ay
	Ara.57	Mar.59				
	Oca.78	Nis.79				
SYİ-12	Şub.04	Oca.09	60 ay	Mar.66	Nis.69	38 ay

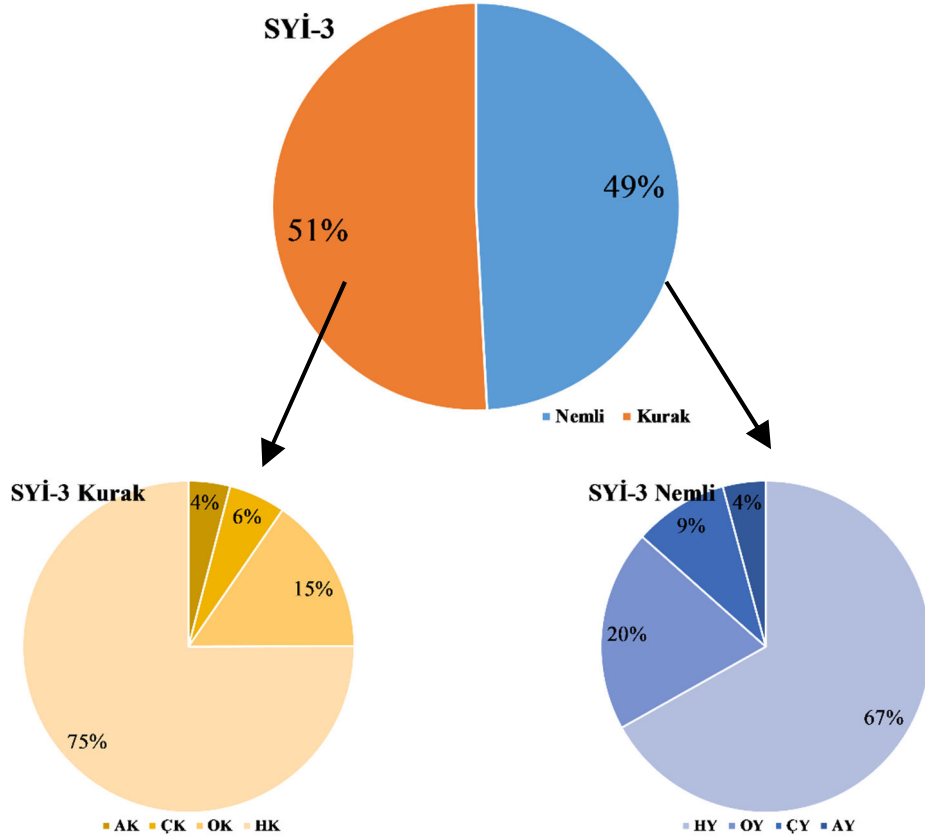
Tüm zaman ölçekleri için SYİ değerlerinin dağılımı Şekil 3-6’da verilmiştir. Şekil 3’te verilen 1 aylık SYİ değerlerinin dağılımı incelendiğinde, 1937-2014 yılları arasında Şanlıurfa istasyonunun indis değerlerinin %64 yağışlı, %36’sı ise kurak olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre, kurak kısmın %73’ü Hafif Kurak sınıflandırmasında meydana gelmiş, %6’sı ise Aşırı Kurak olarak meydana gelmiştir. Yağışlı kısmın ise %77’si Hafif yağışlı, %15’si Orta Yağışlı, %6’sı Çok Yağışlı olarak meydana gelmiş, sadece %2’lik kısmı Aşırı Yağışlı olarak sınıflandırılmıştır. 3 aylık SYİ değerlerinin dağılımı ise Şekil 4’te verilmiştir. Burada SYİ-1 değerlerine kıyasla kurak ay sayısının yağışlı ay sayısında fazla olduğu, kurak dönemin kendi içerisindeki sınıflandırılmada ise, SYİ-1 değerleriyle paralellik olduğu görülmektedir. Yağışlı dönem içerisinde aşırı yağış oluşma durumu, tüm yağışlı dönemin % 4 olarak ortaya çıkmıştır.

Şekil 5’teki 6 aylık SYİ değerlerinin dağılımı incelendiğinde, kurak ve yağışlı geçen zamanlar sırasıyla %49 ve %51 ile birbirine oldukça yakın olmuştur. Kurak dönemin %69’u Hafif Kurak, %18’i Orta Kurak, %7’si ise Çok Kurak sınıflandırmasında meydana gelmiş, %6’sı ise Aşırı Kurak olarak meydana gelmiştir. Yağışlı kısmın ise %71’i Hafif yağışlı, %15’si Orta Yağışlı, %9’sı Çok Yağışlı, %5’lik kısmı ise Aşırı Yağışlı olarak meydana gelmiştir.

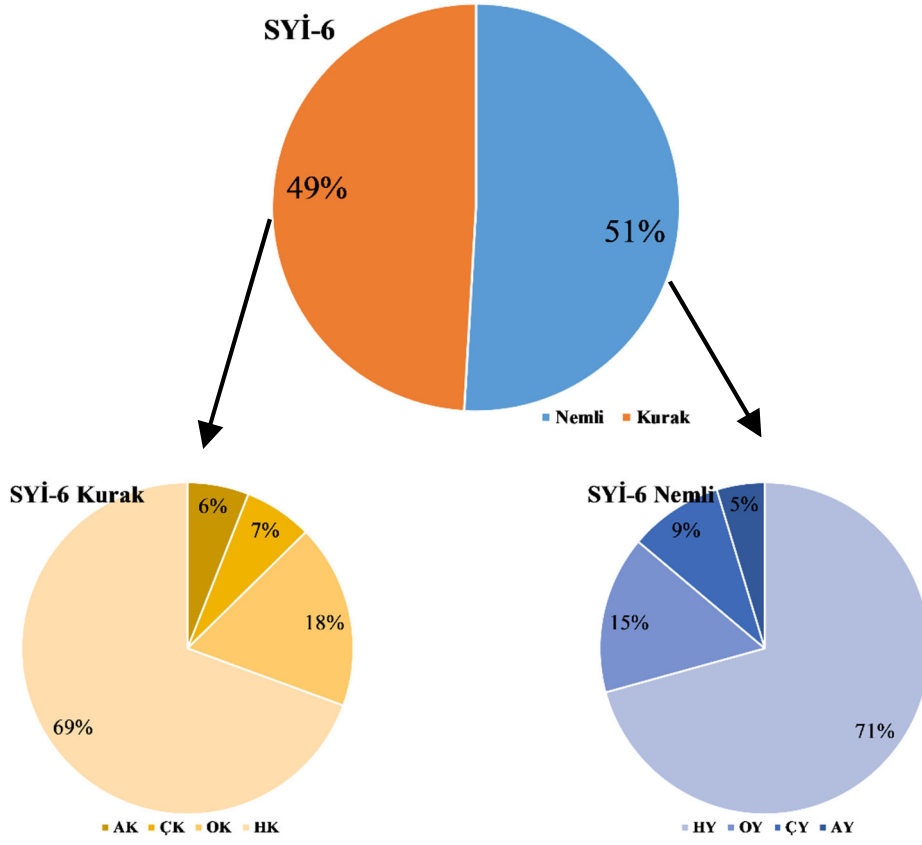
SYİ-12 değerlerine göre ise, 1937-2014 yılları arasındaki dönemin %51’i kurak, %49’u yağışlı olarak sınıflandırılmıştır. Kurak dönemde ise %73 Hafif Kurak, %17 Orta Kurak olarak, Çok Kurak ve Aşırı Kurak ise toplamda %10 olarak meydana gelmiştir. Yağışlı dönemde ise Hafif Yağışlı %73, Orta Yağışlı %10, Çok Yağışlı %10, Aşırı Yağışlı ise %7 olarak oluşmuştur.



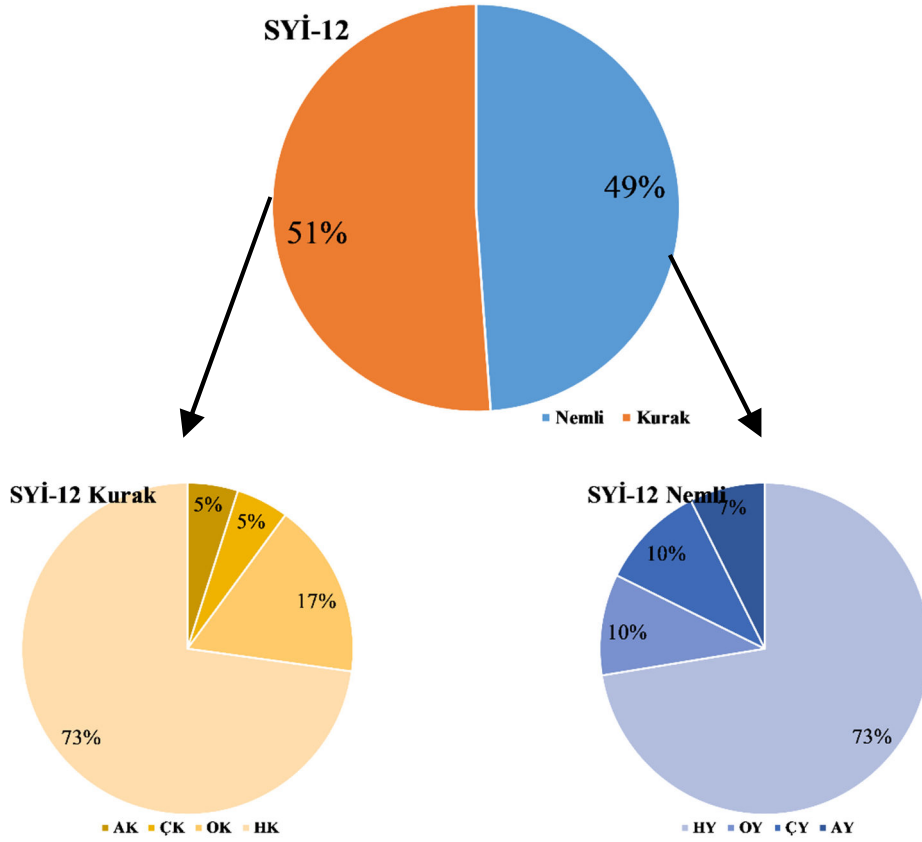
Şekil 3. Şanlıurfa istasyonu için Aylık SYİ değerlerinin dağılımı



Şekil 4. Şanlıurfa istasyonu için 3 aylık SYİ değerlerinin dağılımı



Şekil 5. Şanlıurfa istasyonu için 6 aylık SYİ değerlerinin dağılımı



Şekil 6. Şanlıurfa istasyonu için 12 aylık SYİ değerlerinin dağılımı

4. Sonuçlar

Türkiye'nin Güneydoğusunda yer alan 17270 numaralı Şanlıurfa istasyonuna ait yağış değerleri MATLAB programı aracılığıyla gamma dağılımına uydurulup, standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) yöntemi ile normalize edilerek kuraklık analizi yapılmıştır. 1, 3, 6 ve 12 aylık seri yağış verileri kullanılarak elde edilen SYİ değerlerinin zamansal değişimi 1937-1985 ve 1986-2014 yılları olmak üzere iki farklı dönem için incelenmiştir. Buna göre, 1937-1985 yılları arasında gözlenen aşırı kurak ay sayısı SYİ-1, SYİ-3, SYİ-6 ve SYİ-12 için sırasıyla 6, 9, 17 ve 12 iken 1986-2014 yılları arasında gözlenen aşırı kurak ay sayısı ise SYİ-1, SYİ-3, SYİ-6 ve SYİ-12 için sırasıyla 14, 10, 10 ve 12 olmuştur. Bu değerlere göre, 1986-2014 yılları arasında meydana gelen aşırı kurak ay sayısının 1937-1985 yılları arasında meydana gelen aşırı kurak ay sayısından oldukça fazla olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, 1937-2014 yılları arasında en kurak dönemin 1972-1973 yılları arasında olduğu görülmektedir.

Şanlıurfa istasyonu için hesaplanan SYİ değerlerinin dağılımına göre ise SYİ-1 için kurak dönemin yağışlı dönemden daha az olduğu, diğer zaman periyotları için ise kurak ve yağışlı dönemlerin birbirine oldukça yakın olduğu anlaşılmaktadır. Meydana gelen kuraklıklar incelendiğinde ise tüm zaman periyotları için Hafif Kurak dönemin %69-75, Orta Kurak dönemin %15-18, Çok Kurak dönemin %5-7, Aşırı Kurak dönemin ise %4-7 aralığında olduğu görülmüştür. Aşırı yağışlı dönemin ise %2-7 aralığında olduğu belirlenmiş ve en yüksek değer olan %7 değerinin ise 12 aylık SYİ değeri olan SYİ-12'de tespit edilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda; özellikle son 30 yıllık dönemde, kuraklığın görülme frekansının arttığı ve aşırı kuraklık görülen ay sayısının, önceki dönemlere göre oldukça fazla olduğu görülmektedir. Bu veriler ışığında mevcut su kaynaklarının etkin kullanımı ve su kaynaklarının etkin planlanması amacıyla, uygun politikalar üretilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca tarım ekonomisi açısından stratejik öneme sahip bölgede daha fazla gözlem istasyon ile ve uzun süreli veriler kullanılarak yağışın ve kuraklığın trendinin belirlenmesi uygulayıcılara rehber olabilecektir.

Teşekkür

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (HÜBAK) tarafından 15107 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] F. Fiorillo and F. M. Guadagno, "Karst Spring Discharges Analysis in Relation to Drought Periods, Using the SPI," *Water Resources Management*, vol. 24, pp. 1867-1884, Jul 2010.
- [2] W. C. Palmer, *Meteorological drought* vol. 30: US Department of Commerce, Weather Bureau Washington, DC, USA, 1965.
- [3] F. N. Kogan, "Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 11, pp. 1405-1419, 1990.
- [4] T. B. McKee, N. J. Doesken, and J. Kleist, "The relationship of drought frequency and duration to time scales," in *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, 1993, pp. 179-183.
- [5] M. Karabulut, "Drought analysis in Antakya-Kahramanmaraş Graben, Turkey," *Journal of Arid Land*, vol. 7, pp. 741-754, 2015.
- [6] J. F. Liu, X. N. Zhang, and H. M. Wang, "Drought and Flood Distribution Variation Based on SPI in Nanjing, China," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 295-298, pp. 2116-2120, 2013.
- [7] B. Di Lena, L. Vergni, F. Antenucci, F. Todisco, and F. Mannocchi, "Analysis of drought in the region of Abruzzo (Central Italy) by the Standardized Precipitation Index," *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 115, pp. 41-52, 2013.
- [8] M. I. Al-Qinna, N. A. Hammouri, M. M. Obeidat, and F. Y. Ahmad, "Drought analysis in Jordan under current and future climates," *Climatic Change*, vol. 106, pp. 421-440, 2010.
- [9] D. C. Edossa, M. S. Babel, and A. Das Gupta, "Drought Analysis in the Awash River Basin, Ethiopia," *Water Resources Management*, vol. 24, pp. 1441-1460, 2009.
- [10] M. Türkes and H. Tatli, "Use of the standardized precipitation index (SPI) and a modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey," *International Journal of Climatology*, vol. 29, pp. 2270-2282, 2009.

- [11] K. Xu, D. Yang, H. Yang, Z. Li, Y. Qin, and Y. Shen, "Spatio-temporal variation of drought in China during 1961–2012: A climatic perspective," *Journal of Hydrology*, vol. 526, pp. 253-264, 2015.
- [12] S. Morid, V. Smakhtin, and M. Moghaddasi, "Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran," *International Journal of Climatology*, vol. 26, pp. 971-985, 2006.
- [13] R. Arabzadeh, M. M. Kholoosi, and J. Bazrafshan, "Regional Hydrological Drought Monitoring Using Principal Components Analysis," *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, p. 04015029, 2015.
- [14] I. Livada and V. D. Assimakopoulos, "Spatial and temporal analysis of drought in greece using the Standardized Precipitation Index (SPI)," *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 89, pp. 143-153, 2006.
- [15] M. Gocic and S. Trajkovic, "Spatiotemporal characteristics of drought in Serbia," *Journal of Hydrology*, vol. 510, pp. 110-123, 2014.
- [16] M. Gocic and S. Trajkovic, "Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980–2010," *Journal of Hydrology*, vol. 494, pp. 32-42, 2013.
- [17] S. M. Vicente-Serrano, O. Chura, J. I. López-Moreno, C. Azorin-Molina, A. Sanchez-Lorenzo, E. Aguilar, *et al.*, "Spatio-temporal variability of droughts in Bolivia: 1955-2012," *International Journal of Climatology*, vol. 35, pp. 3024-3040, 2015.
- [18] H. Tabari, J. Nikbakht, and P. Hosseinzadeh Talaee, "Hydrological Drought Assessment in Northwestern Iran Based on Streamflow Drought Index (SDI)," *Water Resources Management*, vol. 27, pp. 137-151, 2012.
- [19] F. K. Sönmez, A. L. I. Ü. Kömüscü, A. Erkan, and E. Turgu, "An Analysis of Spatial and Temporal Dimension of Drought Vulnerability in Turkey Using the Standardized Precipitation Index," *Natural Hazards*, vol. 35, pp. 243-264, 2005.
- [20] O. Yıldız, "Spatiotemporal Analysis of Historical Droughts in the Central Anatolia, Turkey," *Gazi University Journal of Science*, vol. 27, pp. 1177-1184, 2014.
- [21] L. Vermes, I. C. o. Irrigation, and Drainage, *How to Work Out a Drought Mitigation Strategy: An ICID Guide: Wirtschafts-und Verlagsgesellschaft, Gas und Wasser mbH*, 1998.