

Farklı Zaman Ölçeklerinde Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Kullanılarak Alanya İlçesinin Kuraklık Değerlendirmesi

Erhan ŞENER^{1*}, Şehnaz ŞENER²

¹Uzaktan Algılama Arş. ve Uyg. Merkezi / Süleyman Demirel Üniversitesi, TÜRKİYE

²Jeoloji Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, TÜRKİYE

*(erhansener@sdu.edu.tr)

Özet – Ülkemizde özellikle son yıllarda etkilerini daha da arttıran kuraklık, en önemli meteorolojik tabanlı afetlerin başında gelmektedir. İklim değişikliğinden nispeten en çok etkilenmesi öngörülen bölgelerden birisi olan Akdeniz bölgesinde önümüzdeki yıllarda kuraklık şiddeti ile sürelerinin artması da kaçınılmazdır. Bu kapsamda kuraklığa yönelik uyum stratejilerinin geliştirilmesi amacıyla öncelikle mevcut kuraklıkların hassas bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Bununla birlikte gelecekte yaşanması muhtemel kuraklıkların öngörülebilmesi amacıyla Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli tarafından hazırlanan IPCC altıncı değerlendirme raporunda (AR6) bulunan CMIP6 iklim modellerine ait projeksiyon verileri yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında Alanya ilçesine geçmişten günümüze meteorolojik kuraklık değerlendirme yapılmıştır. Buna göre çalışma alanında en uzun kuraklık periyotlarının 3 ay zaman ölçeğine göre yapılan analizlerde 344 gün süre ile Kasım 1972’den, 12 aylık zaman ölçeğine göre yapılan analizlerde 2101 gün süre ile Aralık 2002’den ve 24 ay zaman ölçeğine göre yapılan analizlerde ise 1978 gün süre ile Aralık 2003’den itibaren yaşandığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte en uzun yağışlı dönemlerin 3 ay zaman ölçeğine göre yapılan analizlerde 335 gün süre ile Kasım 1983’den itibaren, 12 ay zaman ölçeğine göre yapılan analizlerde 1004 gün süre ile Şubat 2011’den itibaren ve 24 ay zaman ölçeğine göre yapılan analizlerde ise 1737 gün süre ile Mayıs 2009’dan itibaren yaşandığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler – Standartlaştırılmış Yağış İndeksi, Kuraklık Analizi, CBS, Alanya

I. GİRİŞ

Günümüzde, iklim değişikliği ve artan nüfus nedeniyle su kaynaklarına olan talep hızla artmaktadır. Bu durum, kuraklık riskini de beraberinde getirmekte ve özellikle tarım, enerji üretimi ve içme suyu kaynakları açısından büyük sorunlar yaratmaktadır. Bu nedenle, kuraklık izleme ve erken uyarı sistemleri geliştirmek, su kaynaklarını sürdürülebilir şekilde yönetmek için önemlidir.

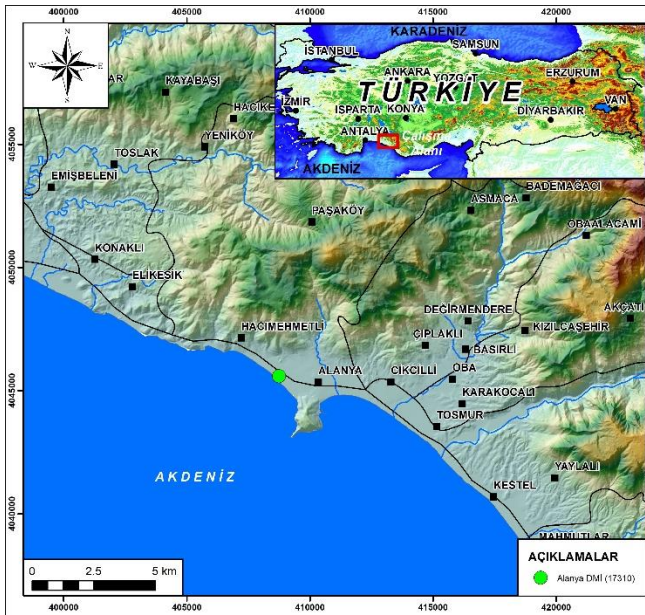
Kuraklık genel olarak yağışın, uzun bir dönem boyunca ölçülen ortalama yağış değerlerinin altına düşmesi olarak tanımlanmaktadır. Kuraklık

genellikle ilk etapta meteorolojik kuraklık ile başlayan kuraklık süreci, meteorolojik kuraklığın süresi ve şiddetinin artmasına bağlı olarak hidrolojik ve tarımsal kuraklıkla sonuçlanabilir. Meteorolojik kuraklığı izlemek için kullanılan en yaygın olarak yöntemlerin başında standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) yöntemi gelmektedir. SPI, belirli bir zaman dilimindeki yağış miktarını uzun vadeli ortalama yağış miktarına göre standartlaştırır ve kuraklık şiddetini belirlemek için bir skor kullanır. SPI'nin avantajı, farklı zaman dilimleri ve bölgeler arasında karşılaştırılabilir olmasıdır.

Kuraklık, günümüzde dünya çapında ekonominin genel olarak tüm sektörlerini ve çevresel faktörleri etkileyen büyük bir doğal tehlike olarak kabul edilmektedir. Kuraklığa bağlı olarak, yağışlardan başlayarak yeraltı suyu beslenimi ile akarsu akışlarına bağlı olarak yüzeysel sularının depolanmasıyla devam eden hidrolojik döngünün hemen hemen tüm aşamaları etkilenmektedir [1]. Genel olarak, kuraklıklar incelenen parametreler ile karakterize edilir ve başlıca meteorolojik (potansiyel buharlaşma-terleme, yağış), hidrolojik (yeraltı suyu beslenimi veya akarsu akışı) ve tarımsal (toprak nemi) kuraklık olarak sınıflandırılmaktadır ([2] - [3]).

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Alanya ilçesine ait meteorolojik kuraklık değerlendirmesinin yapılabilmesi amacıyla 17310 numaralı Alanya Devlet Meteoroloji istasyonunda 1952-2019 yılları arasında ölçülen aylık yağış verileri kullanılmıştır (Şekil 1). Kullanımı diğer meteorolojik kuraklık yöntemlerine göre nispeten daha kolay ve sadece yağış verilerini değerlendirmesi nedeniyle bu çalışmada Standartlaştırılmış Yağış İndeksi yönteminden yararlanılmıştır. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi kullanılarak 3, 12 ve 24 ay zaman ölçeklerine göre yapılan kuraklık analizlerinde yağışlı ve kurak dönemlerin yanısıra kurak periyotların süreleri ile birlikte şiddetleri ve genlikleri de belirlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası

Literatürde en çok kullanılan kuraklık analiz yöntemlerinin başında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi gelmektedir [4]. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi genel olarak 1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık zaman ölçekleri kullanılarak hesaplanabilmektedir. Kısa süreli zaman ölçeklerinde yapılan analizler genellikle tarımsal su ihtiyacı için önemli çıktılar verirken uzun süreli zaman ölçeklerinde yapılan analizler ise genellikle su kaynaklarının uzun süreli yönetimi ile birlikte yeraltı suyu hakkında çok önemli veriler içermektedir [5].

Standartlaştırılmış Yağış İndeksinde öncelikle yağış verilerinden elde edilen olasılıksal dağılım fonksiyonları Gamma olasılık dağılım fonksiyonuna dönüştürülür ([5], [4], [6], [7]).

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

Burada, $g(x)$ Gamma Dağılımını, α : şekil parametresini ($\alpha>0$), x : yağış miktarını ($x>0$), x : yağış miktarı ($x>0$) ve β : ölçek parametresini ($\beta>0$) ifade etmektedir.

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (2)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (3)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (4)$$

Burada, n kullanılan yağış verilerinin süresini ifade etmektedir.

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (5)$$

Gamma dağılım fonksiyonunun $x=0$ için tanımsız olması ve yağış dağılım değerlerinin 0 değerlerini barındırması sebebiyle olasılıksal dağılım aşağıdaki şekilde tanımlanabilmektedir.

$$H(x) = q + (1 - q)Gx \quad (6)$$

$$q = \frac{m}{n} \quad (7)$$

Burada, q sıfırın olasılığını ve m ise yağış serisindeki sıfır verilerinin sayısını ifade etmektedir.

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ise aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır.

$$SPI = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\sigma} \quad (8)$$

Burada, SPI Standartlaştırılmış Yağış İndeksini, X_i : meteoroloji istasyonunda ölçülen ve herhangi bir zaman ölçeğinde normalleştirilen yağış miktarını, \bar{X}_i : meteoroloji istasyonunda ölçülen yağış verilerinin ortalamasını ve σ ise meteoroloji istasyonunda ölçülen yağış verilerinin standart sapmasını ifade etmektedir.

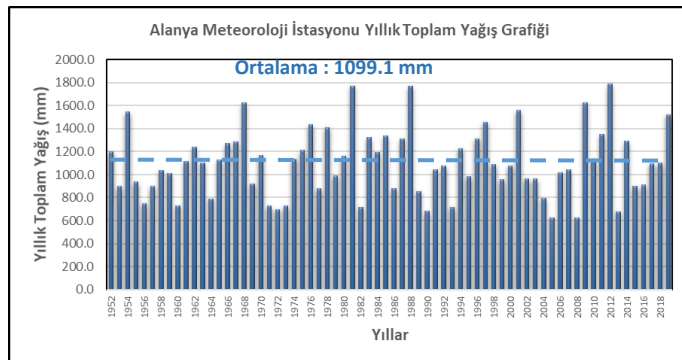
Standartlaştırılmış Yağış İndeksi kullanılarak elde edilen indeks değerleri aşağıdaki tabloda sınıf aralıkları kullanılarak değerlendirilir.

Tablo 1. Standartlaştırılmış yağış indeksi yönteminde kullanılan kuraklık sınıflaması [4].

Kuraklık veveya Nemlilik Sınıfları	Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYI)
Aşırı yağışlı	2 ve üzeri
Çok yağışlı	1.5 – 1.99
Orta yağışlı	1 – 1.49
Normale yakın nemli	0.5 – 0.99
Normal	-0.499 – 0.499
Normale yakın kurak	-0.5 – -0.99
Orta düzeyde kurak	-1 – -1.49
Şiddetli kurak	-1.5 – -1.99
Aşırı kurak	-2 ve altı

III. BULGULAR

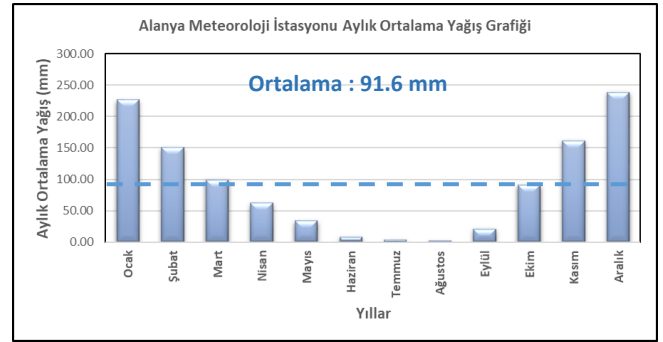
Alanya meteoroloji istasyonunda kuraklık analizlerinin yapılabilmesi amacıyla 1952 yılından 2019 yılına kadar arasında ölçülmüş olan aylık ortalama yağış (mm) verileri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda 68 yıllık süre boyunca ölçülen yağış değerlerine göre ortalama yıllık yağış miktarı 1099.1 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



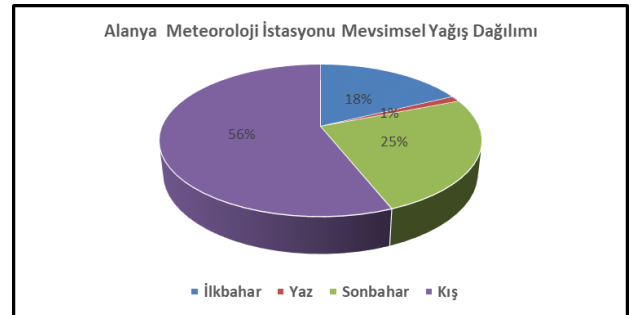
Şekil 2. Alanya Meteoroloji İstasyonunda ölçülen yağış değerlerinin yıllık dağılımı

Buna göre 2002-2010 ve 2015-2018 yılları arasında ölçülen yağış değerlerinin genel olarak ortalama yağış değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Meteoroloji istasyonunda 68 yıllık süre zarfında ölçülen aylık yağış değerlerine göre aylık ortalama yağış miktarı ise 91.6 mm olarak belirlenmiştir. Buna göre söz konusu meteoroloji istasyonunda Temmuz ve Ağustos aylarında en düşük yağış verileri ölçülürken Ocak ve Aralık ayları ise en fazla yağışın ölçüldüğü aylar olmuştur (Şekil 3). Yağış değerlerinin mevsimsel değişimine göre ise toplam yağış miktarının %56'sı kış aylarında, %18'i ilkbahar aylarında, %25'i sonbahar aylarında ve yaklaşık %1'i ise yaz aylarında gerçekleşmektedir (Şekil 4).



Şekil 3. Alanya Meteoroloji İstasyonunda ölçülen yağış değerlerinin aylık dağılımı

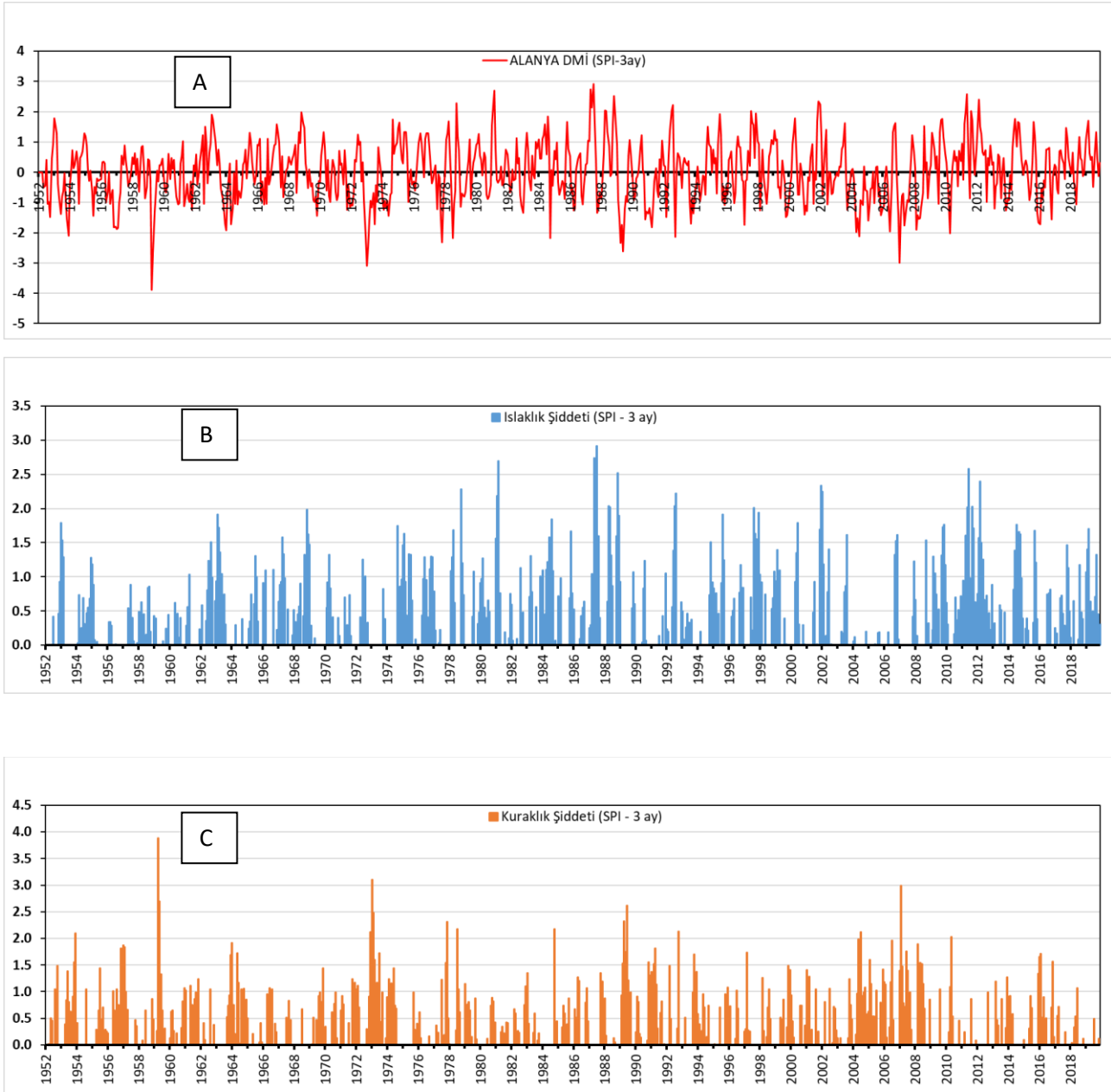


Şekil 4. Alanya Meteoroloji İstasyonunda ölçülen yağış değerlerinin mevsimsel dağılımı

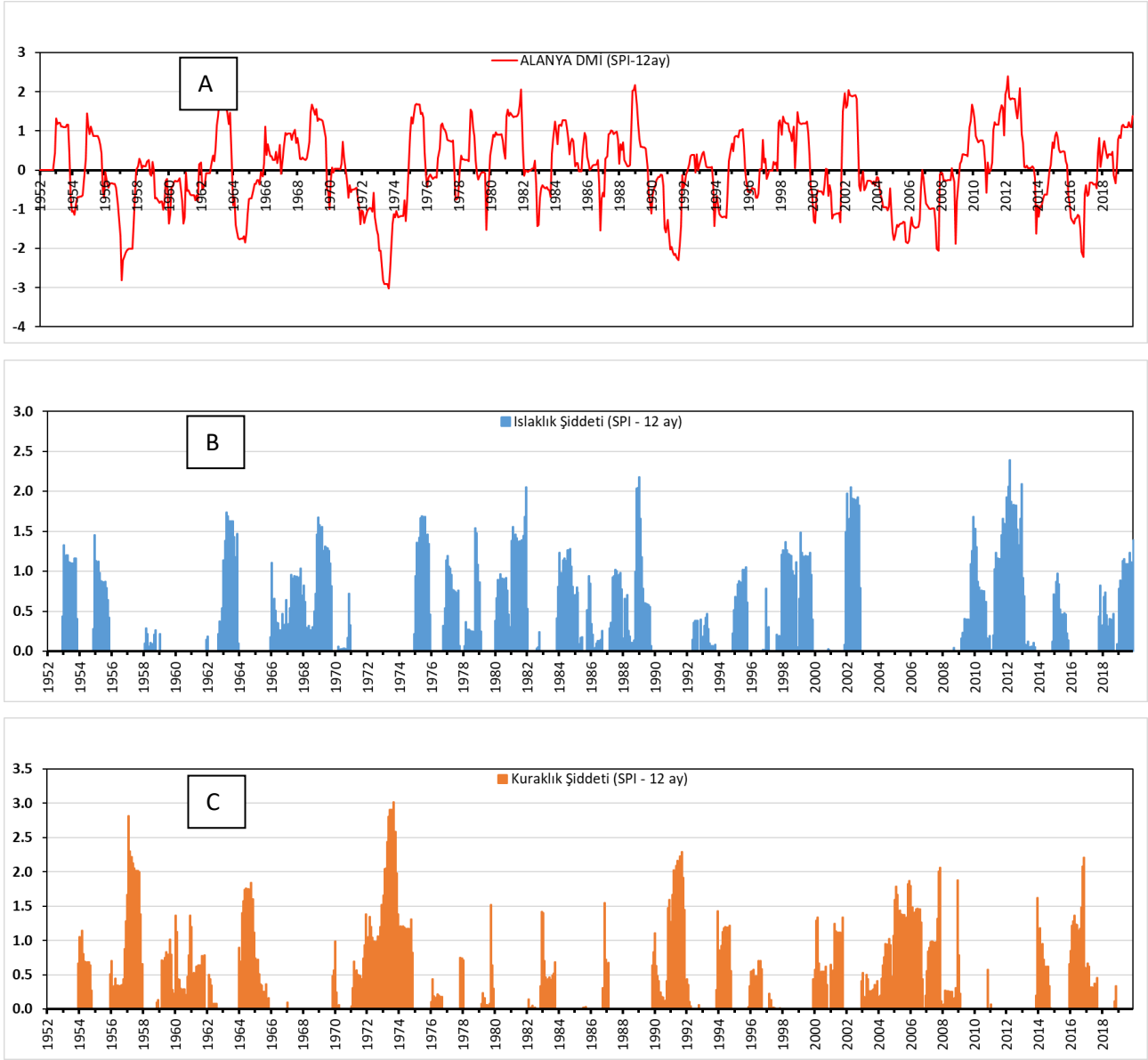
Alanya Meteoroloji İstasyonu'nda 1952-2019 yılları arasında yaklaşık 68 yıl boyunca ölçülmüş sıcaklık değerlerine göre ortalama sıcaklığın 19,5 °C olduğu belirlenmiştir. Söz konusu sıcaklık verilerine göre Alanya'da yaşanan en soğuk aylar Ocak ve Şubat ayları olurken en sıcak aylar Temmuz ve Ağustos ayları olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5 ve 6).

Alanya Meteoroloji İstasyonunda 3, 12 ve 24 ay zaman ölçeğine göre standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi kullanılarak yapılan analizler ile Alanya ilçesinin kuraklık değerlendirmesi yapılmıştır. Buna göre en uzun kurak dönemlerin 3 ay zaman ölçeğine göre yapılan analizlerde 344 gün süre ile Kasım 1972'den itibaren, 12 ay zaman ölçeğine göre yapılan analizlerde 2101 gün süre ile Aralık 2002'den itibaren ve 24 ay zaman ölçeğine göre yapılan analizlerde ise 1978 gün süre ile Aralık 2003'den itibaren yaşandığı belirlenmiştir.

Ayrıca Alanya'da en uzun yağışlı dönemlerin 3 aylık zaman ölçeğinde yapılan analizlerde 335 gün ile Kasım 1983'den itibaren, 12 aylık zaman ölçeğinde yapılan analizlerde 1004 gün ile Şubat 2011'den itibaren ve 24 aylık zaman ölçeğinde yapılan analizlerde ise 1737 gün ile Mayıs 2009'dan itibaren yaşandığı tespit edilmiştir (Şekil 5, 6 ve 7).



Şekil 5. Alanya Meteoroloji İstasyonunda 3 aylık zaman ölçeğindeki SPI kuraklık indeksleri (A), ıslaklık (B) ve kuraklık şiddetleri (C)



Şekil 6. Alanya Meteoroloji İstasyonunda 12 aylık zaman ölçeğindeki SPI kuraklık indeksleri (A), ıslaklık (B) ve kuraklık şiddetleri (C)

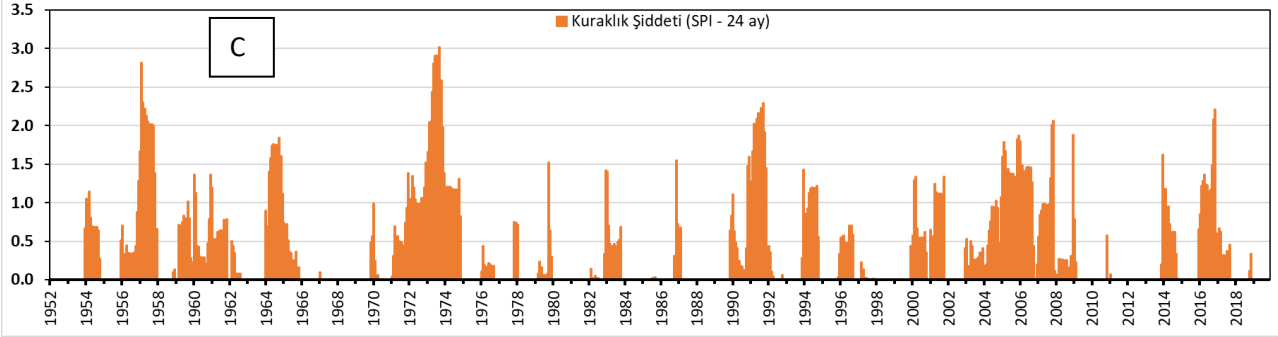
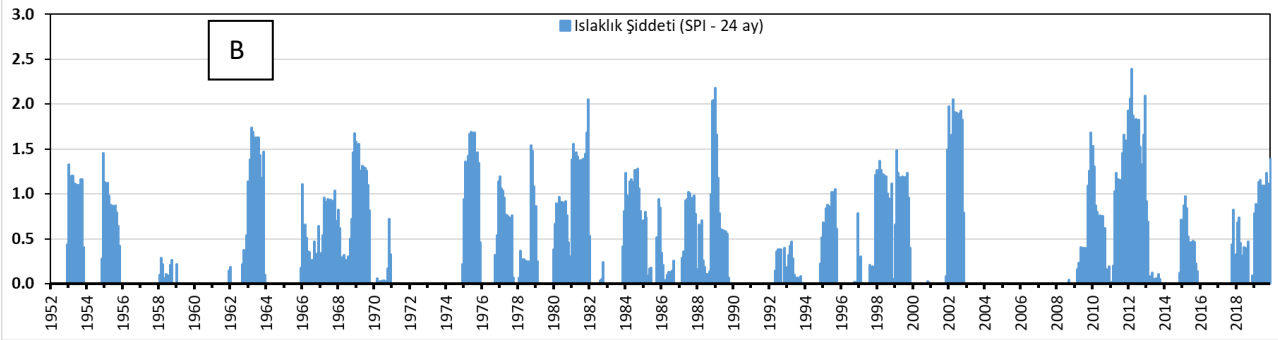
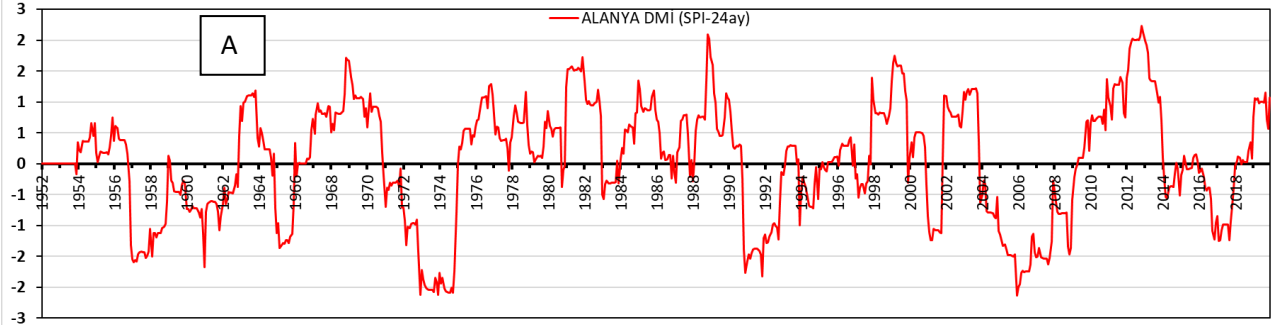
Alanya Meteoroloji İstasyonunda 3 ay zaman ölçeğine göre standartlaştırılmış yağış indeksi kullanılarak yapılan kuraklık analizlerine göre en şiddetli kuraklıkların sırasıyla -3.88 ile 1959 yılının Nisan ayında, -3.097 ile 1973 yılı Ocak ayında ve -2.986 ile 2007 yılı Şubat ayında yaşandığı belirlenmiştir.

Alanya Meteoroloji İstasyonunda 12 ay zaman ölçeğine göre standartlaştırılmış yağış indeksi

kullanılarak yapılan kuraklık analizlerine göre en şiddetli kuraklıkların sırasıyla -3.022 ile 1973 yılının Eylül ayında, -2.912 ile 1973 yılı Ocak ayında ve -2.911 ile 1973 yılının Ağustos ayında yaşandığı belirlenmiştir.

Alanya Meteoroloji İstasyonunda 24 aylık zaman ölçeğinde standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi kullanılarak yapılan kuraklık analizlerine göre en şiddetli kuraklıkların sırasıyla -2.079 ile 1973

yılı'nın Eylül ayında, -2.018 ile 1973 yılı Ocak ayında ve -2.014 ile 1973 yılı Ağustos ayında yaşandığı belirlenmiştir.



Şekil 7. Alanya Meteoroloji İstasyonunda 24 aylık zaman ölçeğindeki SPI kuraklık indeksleri (A), ıslaklık (B) ve kuraklık şiddetleri (C)

Alanya Meteoroloji İstasyonunda 3 aylık zaman ölçeğinde standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi kullanılarak yapılan kuraklık analizlerine göre en şiddetli yağışlı periyotların sırasıyla 2.918 ile 1987 yılının Temmuz ayında, 2.736 ile 1987 yılı Mayıs ayında ve 2.691 ile 1981 yılının Mart ayında yaşandığı belirlenmiştir.

Alanya Meteoroloji İstasyonunda 12 aylık zaman ölçeğinde standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi kullanılarak yapılan kuraklık analizlerine göre en

şiddetli yağışlı periyotların sırasıyla 2.3914 ile 2012 yılının Mart ayında, 2.1812 ile 1989 yılının Ocak ayında ve 2.0912 ile 2012 yılının Aralık ayında yaşandığı belirlenmiştir.

Alanya Meteoroloji İstasyonunda 24 aylık zaman ölçeğinde standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi kullanılarak yapılan kuraklık analizlerine göre en şiddetli yağışlı periyotların sırasıyla 2.3914 ile 2012 yılının Mart ayında, 2.1812 ile 1989 yılının Ocak ayında ve 2.0912 ile 2012 yılının Aralık ayında yaşandığı belirlenmiştir.

IV. TARTIŞMA

Bu çalışmada Alanya Meteoroloji istasyonunda 1952-2019 yılları arasında ölçülen 68 yıla ait aylık yağış verileri kullanılarak meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi yönteminden yararlanılarak 3, 12 ve 24 ay zaman ölçeklerine göre yapılan analizler ile geçmişten günümüze Alanya'da yaşanan kuraklıkların süreleri ve şiddetleri belirlenmiştir. Ayrıca kurak periyotların yanı sıra yağışlı periyotların da süre ve şiddetleri belirlenmiştir. Kuraklık sürecinin ilk aşaması olarak nitelendirilen meteorolojik kuraklıktan sonra tarımsal ve hidrolojik kuraklık analizleri büyük önem arz etmektedir.

Herhangi bir bölgedeki yağışların uzun yıllar ortalama yağış değerlerinin altına düşmesi ile birlikte ortaya çıkan meteorolojik kuraklık, kuraklığın ilk aşaması olarak tanımlanmaktadır. Meteorolojik kuraklığa bağlı olarak yağışın azalması ile birlikte kısa bir zaman sürecinde yeraltına sızma miktarındaki azalma ile birlikte yeraltı suyu seviyelerinde azalma, sıcaklıklarda artış, şiddetli rüzgarlar ve buharlaşma ve terleme miktarlarında artışlar meydana gelebilir.

Meteorolojik kuraklığın süresi ve şiddetine bağlı olarak sonrasında tarımsal kuraklık gelişir. Tarımsal kuraklık ile birlikte toprak neminin azalmasına bağlı olarak bitki su stresi ve dolayısıyla da hasat verimliliğinde düşüşler gözlenmektedir. Uzun süreli tarımsal kuraklıklar gıda fiyatlarını olumsuz yönde etkileyerek kıtlık riskini artırabilmektedir.

Tarımsal kuraklıktan hemen sonra ise hidrolojik kuraklık gözlenebilir. Hidrolojik kuraklık ile birlikte yağışların azalmasına bağlı olarak genellikle akarsularda, göllerde ve barajlardaki su miktarının azalması olarak ortaya çıkmaktadır.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada Alanya ilçesinde geçmişten günümüze yaşanan kurak ve yağışlı periyotların belirlenmesi amacıyla Meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Bu kapsamda Alanya Meteoroloji istasyonunda 1952-2019 yılları arasında ölçülen aylık yağış verilerinden yararlanılarak Standartlaştırılmış Yağış İndeksi yöntemi kullanılarak 3, 12 ve 24 aylık zaman ölçeklerinde

kuraklık değerlendirmesi yapılarak 68 yıllık süre zarfında Alanya'da yaşanan kuraklıkların süreleri ve şiddetleri belirlenmiştir. Ayrıca kurak periyotların yanı sıra yağışlı periyotların da süre ve şiddetleri belirlenmiştir. Buna göre 3 aylık zaman ölçeğinde yaşanan en uzun kuraklık periyodu 344 gün süre ile Kasım 1972'den itibaren yaşanırken en şiddetli kurak periyodunun ise -3.88 ile 1959 yılının Nisan ayında yaşandığı belirlenmiştir. 12 aylık zaman ölçeğinde yaşanan en uzun kuraklık periyodu 2101 gün süre ile Aralık 2002'den itibaren yaşanırken en şiddetli kurak periyodunun ise -3.022 ile 1973 yılının Eylül ayında yaşandığı belirlenmiştir. Bununla birlikte 24 aylık zaman ölçeğinde yaşanan en uzun kuraklık periyodu 1978 gün süre ile Aralık 2003'den itibaren yaşanırken en şiddetli kurak periyodunun ise -2.079 ile 1973 yılının Eylül ayında yaşandığı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Tsakiris, G., Nalbantis, I., Vangelis, H., Verbeiren, B., Huysmans, M., Tychon, B., Jacquemin, I., Canters, F., Vanderhaegen, S., Engelen, G., Poelmans, L., De Becker, P., Batelaan, O. (2013). A system-based paradigm of drought analysis for operational management. *Water Resources Management*, 27: 5281-5297.
- [2] Gürler, Ç., 2017. Beyşehir ve Konya-Çumra-Karapınar Alt Havzalarında Standartlaştırılmış İndis Yaklaşımı ile Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi. Uzmanlık Tezi. TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Ankara.
- [3] Wilhite, D., 2000. Drought as a natural hazard, Concepts and Definitions in Drought: A Global Assessment. *Hazards and Disasters*, 1, 3-18.
- [4] McKee, T., Doesken, N., Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*. Anaheim, California: American Meteorological Society. 179-184.
- [5] Mishra A.K., Singh VP., (2011), Drought modeling - a review, *Journal of Hydrology*, 403, 157-175
- [6] Thom, H. C. S. (1966). Some methods of climatological analysis (Vol. 81, p. 53). Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization.
- [7] McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. *Ninth Conference on Applied Climatology*, Boston: American Meteorological Society, 233-236.