

Palmer Kuraklık İndisi'ne Göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki Kurak Dönemler ve Kuraklık Şiddeti

Drought periods and severity over the Konya Sub-region of the Central Anatolia Region according to the Palmer Drought Index

Murat Türkeş^{1*}, A. Serap Akgündüz², Zerrin Demirörs²

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Çanakkale

² Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Araştırma Şube Müdürlüğü, Ankara

Öz: Çalışma, İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'nde yer alan Konya, Karaman, Aksaray ve Karapınar istasyonlarındaki egemen kurak dönemlerin, kuraklıkların başlangıç ve bitişleri ile şiddetlerinin Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI) kullanılarak belirlenmesine yöneliktir. PDSI, yağış, buharlaşma-terleme ve toprak su tutma kapasitesini (tarla kapasitesi) girdi olarak kullanır. Buharlaşma-terleme tutarı, aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış değerlerinden yararlanarak Thornthwaite yöntemi ile hesaplandı. Bu çerçevede, önce, istasyon kayıtlarının başlangıcından 2006 yılına kadarki PDSI değerleri, aylık toplam yağış, toprak su tutma kapasitesi ve hesaplanan evapotranspirasyon değerleri kullanılarak hesaplandı. Aylık PDSI ve Nem Anomali İndisi zaman dizilerinin incelenmesi yoluyla ulaşılan başlıca sonuçlar şunlardır: (i) Dört istasyon için belirlenen ortak kurak dönemlerde yağışlarda gerçekleşen azalmalar, % 30 ile % 80 arasında değişir. Yağıştaki azalmalar, özellikle kış ve sonbahar mevsimlerinde daha belirgindir. (ii) Hem kullanılabilir su tutarı (P-PE) hem de PDSI zaman dizilerinin Mann-Kendall sıra ilişki katsayısı çözümlemesine göre, dizilerde istatistiksel açıdan anlamlı herhangi bir eğilim bulunmamasına karşın, genel bir azalma eğiliminin varlığı (daha kurak koşullara doğru bir gidiş) belirgindir. (iii) 1972-1974 ve 1999-2001 kuraklıkları oldukça şiddetli yaşanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, Palmer Kuraklık Şiddet İndisi, Mann-Kendall sınaması. Konya Bölümü.

Abstract: The study aims to determine major drought periods, their starting and ending times and severity at Konya, Karaman, Aksaray and Karapınar stations over the Konya sub-region of the Central Anatolia Region, using the Palmer Drought Severity Index (PDSI). The PDSI is based on precipitation, evapotranspiration and available water capacity of the soil (field capacity). Amount of the evapotranspiration was computed by the Thornthwaite's method making use of monthly mean temperature and precipitation totals. In this frame, first, monthly PDSI values were calculated by using monthly precipitation and calculated evapotranspiration totals and available water capacity of the soil for the period from beginning of the station records to 2006. Major results reached by examining monthly PDSI and Moisture Anomaly Index time-series are as follows: (i) Decreases in the precipitation amounts in the common periods determined for four stations vary between 30% and 80%. Decreases of the precipitation during these periods are more evident particularly in winter and autumn seasons. (ii) According to the analysis of the Mann-Kendall rank correlation coefficient performed for both usable water amount (P-PE) and the PDSI time-series, although there is no any statistically significant trend in these series, a general decreasing trend (i.e. a run towards the drier conditions) is evident. (iii) The drought events of 1972-1974 and 1999-2001 were considerable severe.

Keywords: Drought, Palmer Drought Severity Index, Mann-Kendall test, Konya sub-region.

* İletişim yazarı: M.Türkeş, e-posta: murat.turkes@comu.edu.tr

1. Giriş

Kuraklık olaylarını incelemek ve izlemek için, çeşitli yaklaşım ve yöntemler önerilmiştir. Bunlardan, Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI) (Palmer, 1965) ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) (McKee vd., 1993), kuraklıkları belirleme, değerlendirme ve izlemede, bir ülkenin ya da bölgenin kuraklık yönetimi ve kuraklıkla savaşım yeteneklerinin ve olanaklarının gelişmesinde etkili olan yöntemler arasında kabul edilir (örneğin, Sonmez vd., 2005; Türkeş ve Tatlı, 2008, 2009). Türkiye'de kurak bölgeler, kuraklık olayları ve yağış değişimlerine ilişkin geleneksel klimatolojik çalışmaların yapılmaya başlama tarihi ise, çoğunlukla 1950'li yılların başına kadar uzanır (örneğin, Erinç, 1949, 1950, 1959, 1965; Erinç ve Tümertekin, 1955; Tümertekin, 1955, 1956, vb.).

Türkiye'de yaz kuraklıkları, egemen fiziki coğrafya denetçileri nedeniyle, alansal ve zamansal olarak değişkenlik göstermekle birlikte, subtropikal büyük Akdeniz ikliminin doğal bir özelliği olarak, ülkenin Karadeniz yağış bölgesi, kuzey Marmara ve Kuzeydoğu Anadolu bölümleri dışında kalan yerlerinde her yıl oluşur (Türkeş, 1996, 1998, 2007b). Tüm bölgelerde ve mevsimlerde oluşabilen kuraklık olayları (meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik) ise, 1970'lerin başından beri Türkiye'de giderek daha sık ve şiddetli oluşabilmektedir (örneğin, Türkeş, 1998, 1999, 2003, 2008; Türkeş ve Erlat, 2005).

Kuraklık gelişme süresi ve şiddetine göre, etkisini sosyoekonomik alanlarda göstermektedir. Türkiye'de tarım sektörü, kuraklıktan etkilenen sektörlerin başında gelir. Bu nedenle, tarıma dayalı ekonominin sürdürüldüğü ülkemizde kuraklığın farklı değişkenler ve yöntemler kullanılarak izlenmesi gereklidir. Kuraklığın birçok tanımı olmasına karşın, evrensel bir tanımı yoktur. Bu çalışmada, kuraklık, uzun süreli nem eksikliği ya da yağış yetersizliği ile karakterize edilen meteorolojik kuraklık olarak incelenmiştir. Bununla birlikte, tarımsal ve hidrolojik kuraklık olarak bir ayrım da yapılabilir. Tarımsal kuraklık, toprak nemi azaldığı zaman ortaya çıkan ve ürün kaybına neden olan kuraklık çeşididir. Hidrolojik kuraklık ise, belirli bir bölgede ya da yörede belirli bir dönem için hidrolojik sistem ve haznelerde biriken su tutarının gerekli olan su tutarından daha az olduğu zaman ortaya çıkar.

Kuraklık olaylarını inceleme yöntemlerinin en belirleyici ve önemli ögesi olan yağışın canlılar tarafından kullanılabilir olması, klimatolojik olarak yeraltı su kaynaklarını beslemesi ve bitkilerin kök sistemleri ile belirli bir düzeyde tutulması, yağışın ortalama değeri kadar alansal dağılımına, mevsimsel değişkenliğine ve çeşidine de yakından bağlıdır. Türkiye genelinde, yağış tutarı alan ve zaman boyutunda Türkiye'nin fiziki coğrafya denetçileri ve ülkeyi etkileyen geniş ölçekli ve bölgesel basınç ve rüzgar sistemleri ile hava kütlelerine bağlı olarak büyük değişkenlik gösterir (örneğin, Tatlı, vd. 2004; Türkeş, 1990, 1996, 1998; Türkeş ve Erlat, 2003, 2005, 2006; Türkeş vd., 2009).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarını tanıttıcı bilgiler.

İstasyon	İstasyon			İstasyon Yüksekliği (m)	Kayıt Dönemi	
	Numarası	Boylam	Enlem		Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)
Konya	17244	32°29'	37°52'	1031	1930-2006	1930-2006
Karaman	17246	33°13'	37°11'	1025	1960-2006	1960-2006
Aksaray	17192	34°05'	38°23'	965	1964-2006	1964-2006
Karapınar	17902	33°33'	37°43'	1004	1964-2006	1964-2006

Palmer Kuraklık Şiddet İndisi'nin uygulanması, meteorolojik açıdan şiddetli kurak koşulların değerlendirilmesi için genel bir gösterge sağlamasının yanı sıra kuraklık şiddetinin niceliği ve alansal dağılımı hakkında da bilgi vermektedir. PDSI yönteminin bazı sınırları ya da tartışılan yönleri bulunmasına karşın (Alley, 1984; Karl, 1986), ABD ve Kanada'da kabul gören geniş uygulamalarla,

yararlı bir kuraklık belirleme, değerlendirme ve izleme yaklaşımı olduğu ortaya konulmuştur. Genel olarak subtropikal büyük Akdeniz iklim kuşağında yer alan Türkiye’de, çölleşme süreçlerinden etkilenen alanlardan biri olan İç Anadolu Bölgesinin güney bölümü, aynı zamanda kuraklık olaylarına karşı da eğilimlidir. Bu yüzden bu makalede, bir başlangıç çalışması niteliğinde ya da bir ön çalışma kapsamında olmak üzere, İç Anadolu Bölgesi’nin Konya Bölümü’nde yer alan Konya, Karaman, Aksaray ve Karapınar istasyonlarındaki kuraklaşmanın (daha kurak koşullara gidış eğiliminin), egemen kurak dönemlerin, kuraklık olaylarının başlangıç ve bitişleri ile şiddetlerinin *PDSI* yöntemiyle belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çizelge 2. İstasyonların uzun süreli aylık ve yıllık ortalama toplam yağış değerleri (mm).

İstasyon	Aylar												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Konya	36.6	29.2	28.5	33.0	42.7	24.1	6.9	5.0	10.8	29.5	32.7	41.2	320.2
Karaman	41.4	35.4	37.1	37.7	36.9	21.3	4.9	4.6	6.8	27.3	32.7	45.0	331.1
Aksaray	35.9	32.7	38.8	50.5	40.3	24.0	6.1	4.0	7.9	24.9	32.6	43.2	340.9
Karapınar	29.3	26.6	27.3	37.1	38.0	24.8	4.1	2.3	8.1	22.2	27.2	36.9	283.9

2. Veri ve Yöntem

Çalışmada, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nün Konya, Karaman, Aksaray ve Karapınar meteoroloji istasyonlarında kuruluşlarından beri kaydedilen, aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık dizileri kullanıldı (Çizelge 1). Konya istasyonu 77 yıllık (1930-2006), Karaman istasyonu 47 yıllık (1960-2006), Aksaray ve Karapınar istasyonları ise 43 yıllık (1964-2006) veri setine sahiptir. Çalışmada kullanılan istasyonların uzun süreli ortalama aylık toplam yağış tutarları, Çizelge 2’de verildi.

2.1 Palmer Kuraklık Şiddet İndisi

Palmer yöntemi, uzun süreli yağış azlığı ve buna bağlı toprak nem eksikliği ile nitelenen meteorolojik kuraklıkları belirlemek, nitelemek ve izlemek için geliştirilmiştir (Palmer, 1965). Bu makalede, Palmer kuraklık şiddet indisinin hesaplanması ve temel eşitlikler, ağırlıklı olarak Daleizos vd. (1991) ve Palmer (1965)’e göre açıklandı.

Palmer yönteminin hesaplama süreci, su dengesi ile başlar. Su dengesi, genel olarak aylık toplam yağış (P) ve aylık ortalama sıcaklık (T) verilerine dayanır. Çalışmada, tarla kapasitesindeki su içeriği (topraktaki su varlığı) bilinen 4 istasyon için hesaplama yapılmıştır.

Hesaplama sürecinde toprak tabakası düşey olarak iki bölüme ayrılır. Tarla kapasitesindeki kullanılabilir suyun yaklaşık 25 mm’sinin üst katmanda tutulduğu kabul edilir. Toprağın alt katmanındaki kullanılabilir su tutarı, bitki köklerinin etkin kök derinliğine ve toprak özelliklerine bağlıdır. Çalışmada gerek duyulan potansiyel evapotranspirasyon (PE) değerleri, Thornthwaite yöntemi kullanılarak hesaplandı (Thornthwaite, 1948). Bunun için önce, Thornthwaite yaklaşımı ile istasyonların aylık ısı indisi (heat index, I) aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$I = (12 / XN) \cdot \sum_{n=1}^{12} \left[(I) / 5 \right]^{1.514} \quad (1)$$

Burada, $T(I)$, aylık ortalama sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$); XN , dengenin oluştuğu ay sayısını gösterir.

Ampirik olarak elde edilen (A) değişkeni, aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$A = \left(\frac{6.75}{10^7} \right) \cdot I^3 - \left(\frac{7.71}{10^5} \right) \cdot I^2 + \left(\frac{1.79}{10^2} \right) \cdot I + 0.49 \quad (2)$$

Düzeltilmemiş potansiyel evapotranspirasyon (UPE), $T(I)$ 'nin, ısı indisinin (I) ve A 'nın bir fonksiyonu olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$UPE(I) = 16 \cdot \left(\frac{10 \cdot T(I)}{I} \right)^A \quad (3)$$

$T(I) \geq 26.5$ °C olduğu zaman, $PE(I)$ aşağıdaki yaklaşım ile hesaplanır:

$$PE = -415.85 + (32.24 \cdot T(I)) - (0.43 \cdot T(I)^2) \quad (4)$$

Bulunan UPE değeri için ya hesaplama yoluyla ya da Thornthwaite'in gün ve ay uzunluklarına göre değişimi içeren düzeltme tablosu (Thornthwaite, 1948) kullanılarak, düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon (APE) değeri elde edilir. Toprakten evapotranspirasyon ile nem kaybı, APE aylık toplam yağıştan (P) büyükse olur.

Üst toprak tabakasında nem kaybı (L_s) ya da $(PE-P)$ ve alt tabakadan nem kaybı (L_u), aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$L_s = S'_s \text{ veya } (PE - P) \quad (5)$$

Hangisi daha küçükse ve $L_u \leq S'_u$ ise,

$$L_u = (PE - P - L_s) \cdot \frac{S'_u}{AWC} \quad (6)$$

Burada, S'_s , başlangıçta yüzey tabakadaki kullanılabilir su tutarı; PE , o aya ait potansiyel evapotranspirasyon; P , aynı aya ait aylık toplam yağış tutarı; S'_u , ayın başlangıcında alt toprak tabakasında depolanan kullanılabilir su tutarı ve AWC , her iki tabakadaki toplam kullanılabilir su tutarıdır.

Palmer yaklaşımında, su dengesi için hesaplanmış birkaç parametreye gereksinim vardır. Bunlar; potansiyel yeniden dolun (PR); potansiyel kayıp (PL) ve potansiyel yüzey akışıdır (PRO). Potansiyel yeniden dolun, toprağı tarla kapasitesine getirmek için istenen su tutarıdır ve denklem (7) ile hesaplanır:

$$PR = AWC - S' \quad (7)$$

Burada, S' , ayın başlangıcında toprağın her iki tabakasında da bulunan kullanılabilir su tutarıdır. Potansiyel kayıp (PL), hiç yağış olmadığında topraktan kaybedilebilecek olan su tutarıdır ve denklem (8) temel alınarak hesaplanır:

$$PL = PL_s + PL_u \quad (8)$$

$PL_s = PE$ ya da S'_s olduğu yerde, hangisi daha küçükse,

$$PL_u = (PE - PL_s) \cdot \frac{S'_u}{AWC} \quad (9)$$

Palmer (1965), potansiyel yüzey akışını topraktaki kullanılabilir su tutarının bir fonksiyonu olarak tanımlamıştır. Bu fonksiyon basit olarak şöyle yazılabilir:

$$PRO = AWC - PR = S' \quad (10)$$

Buraya kadar elde edilen dört hesaplanmış potansiyel değeri (PE , PR , PL ve PRO), iklimsel analizin yapılması için gerekli olan dört katsayıyı hesaplamak için kullanılır. Bunlar:

Evapotranspirasyon katsayısı için, α ,

$$\alpha_j = \overline{ET} / \overline{PE} \quad (11)$$

Yeniden dolun katsayısı için, β ,

$$\beta_j = \overline{R}_j / \overline{PR} \quad (12)$$

Yüzey akışı katsayısı için, γ ,

$$\gamma_j = \overline{RO} / \overline{PRO} = \overline{RO} / S' \quad (13)$$

Kaybedilen nem katsayısı için, δ ,

$$\delta_j = \bar{L} / \bar{PL}_j, j=1,2, \dots, 12, \quad (14)$$

Ortalamlar, herhangi bir j ayı için ortalama değerleri kullanarak hesaplanan katsayıları belirtir. Katsayılar 12 ay için ayrı ayrı hesaplanır. Katsayılar, her ay için gerçek yağış (P) ve CAFEC (iklimsel olarak uygun koşullar için) yağışı (\hat{P}) arasındaki farkı (d) hesaplamak için kullanılır.

$$d = P - \hat{P} \quad (15)$$

ya da,

$$d = P - [\alpha_j \cdot PE + (\beta_j \cdot PR) + (\gamma_j \cdot PRO) - (\delta_j \cdot PL)] \quad (16)$$

şeklinde yazılır. Burada, d , normale göre nemlilik anomalisi olarak alınır.

Sonraki adım, her istasyon için aylık ağırlık faktörü olan K değerini hesaplamaktır. Palmer (1965) 12 takvim ayının her biri için ampirik bir ilişki geliştirmiştir. Ağırlık faktörü K her istasyon için, aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$K'_i = 1.5 \cdot \log_{10} \left[\left(\frac{\overline{PE} + R + \overline{RO}}{\overline{P} + \overline{L}} + 2.80 \right) / \overline{D} \right] + 0.5 \quad (17)$$

Burada, \overline{D} , d mutlak değerinin uzun süreli aylık ortalaması; $\overline{P} + \overline{L}$, ortalama su varlığı ve $\overline{PE} + R + \overline{RO}$, ortalama su tüketimidir. Bu nedenle, K'_i 'nin değeri, ortalama su varlığı ve tüketimine yakından bağlıdır.

Daha sonra, Palmer (1965), K' değerini kurak ve nemli koşullar için geliştirmiştir. Yeni ağırlık faktörü K , aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$K = \frac{17.67}{\sum_{i=1}^{12} \overline{D} \cdot K'} \cdot K' \quad (18)$$

Bu noktada, nemlilik koşullarının (kurak ve nemli koşulları ve devreleri içerir) ölçümü için bir standartlaştırılmış Z indisi hesaplamak için, nem (nemlilik) anomalisi d , K değişkeni ile ağırlıklandırılır ve aylık nem anomalisi Z elde edilir:

$$Z = d \cdot K \quad (19)$$

Aylık olarak hesaplanan Z , nemli ve kurak devrelerin başlangıcını, bitişini ve şiddetini belirleyen parametrelerin hesaplanması için kullanılır. Buna göre, nemli bir devrenin (U_d = etkin kuraklık) sona erme olasılığı;

$$U_d = z - 0.15 \text{ ve } z_e = -2.691 \cdot X_{(i-1)} + 1.50 \quad (20)$$

kurak bir devrenin sona erme olasılığı (U_w = etkin nemlilik);

$$U_w = z + 0.15 \text{ ve } z_e = -2.691 \cdot X_{(i-1)} - 1.50 \quad (21)$$

yaklaşımları ile hesaplanır.

Bu değişkenler, bir kurak ve/ya da nemli dönemin sona erme olasılığını gösteren P_e 'yi tanımlamak için kullanılır.

$$P_e = \frac{100 \cdot V}{Q} \quad (22)$$

Denklem (22)'de,

$$V = \sum U_w \text{ ya da } V = \sum U_d \text{ ve} \quad (23)$$

$$Q = z_e + V_{(i-1)} \quad (24)$$

olarak verilir.

Sonuç olarak, Palmer kuraklık şiddeti aşağıdaki şekilde yazılır:

$$X_i = X_{i-1} + \frac{Z_i}{3} - 0.103 \cdot X_{i-1} \quad (25)$$

Burada X_i i 'nci ay için hesaplanan *PDSI* değeridir.

Çizelge 3. *PDSI* yaklaşımına göre, kurak ve nemli koşulların sınıflandırılması

PDSI (X) değerleri	Sınıflandırma
4.00 ve üzeri	Aşırı nemli
3.00 - 3.99	Çok nemli
2.00 - 2.99	Orta nemli
1.00 - 1.99	Hafif nemli
0.50 - 0.99	Başlangıç devresindeki nemli dönem
0.49 - -0.49	<i>Normale yakın</i>
-0.50 - -0.99	Başlangıç devresindeki kurak dönem
-1.00 - -1.99	Hafif kurak
-2.00 - -2.99	Orta kurak
-3.00 - -3.99	Çok kurak
-4.00 ve altı	Aşırı kurak

Palmer genel eşitliği (X), kurak ya da nemli devrelerin başlangıcını ve bitimini belirlemek için üç indise ayrılmıştır:

X_1 = Nemli bir dönemin başlangıcını sağlayan şiddet indisi,

X_2 = Kurak bir dönemin başlangıcını sağlayan şiddet indisi,

X_3 = Herhangi bir kurak ya da nemli dönemin başladığını belirleyen indis.

Görüldüğü gibi, X_1 değerleri daima pozitif; X_2 değerleri ise daima negatiftir. $X_1 \geq + 1.0$ olduğunda nemli devrenin etkili olmaya başladığı; $X_2 \leq - 1.0$ olduğunda ise kuraklık olayının etkili olmaya başladığı kabul edilir. X_3 , daha önce etkili olmuş ve sürmekte olan kuraklık olayının ya da nemli devrenin şiddetini belirlediği için, en geniş anlamıyla kuraklık izleme ve yönetimi etkinlik ve uygulamaları açısından daha çok bilgi içerir ve bu yüzden de daha önemlidir. Çizelge 3, *PDSI* için kullanılan sınıflandırma ölçütlerini gösterir.

2.2. Mann-Kendall Sıra İlişki Katsayısı

Bu çalışmada, Palmer kuraklık şiddet indisi dizilerindeki uzun süreli eğilimlerin, değişim noktalarının ve istatistiksel olarak anlamlı nemli ya da kurak devrelerin belirlenmesi için *Mann-Kendall (M-K) sıra ilişki katsayısı sınaması* ve *M-K sıra ilişki katsayısının ardışık çözümlemesi* uygulandı (Sneyers, 1990; Türkeş vd., 2002).

M-K $u(t)$ örneklemdeğeri, dizilerdeki uzun süreli herhangi bir eğilimin yönünü ve istatistiksel büyüklüğünü verir. *M-K* sınamasının ardışık çözümlemesinden elde edilen $u(t)$ ve $u'(t)$ değerlerinin zaman dizisi çizimlerine dayanan yorumlarda, temel bir kural olarak, $u(t)$ eğrisi eğilimin yönünü göstermek üzere, $u(t)$ ve $u'(t)$ eğrilerinin birkaç kez üst üste gelişi, dizide herhangi bir eğilimin bulunmadığını gösterirken, $u(t)$ ve $u'(t)$ eğrilerinin birbirlerini kesip ayrıldıkları nokta, kuvvetli bir eğilimin başladığı nokta ya da bir değişiklik noktası olarak kabul edilir (Türkeş 1996, 1999; Türkeş vd., 2002). Böyle bir değişiklik noktasından sonra, $u(t)$ eğrisinin normal dağılımın iki yanlı şekline

göre % 95 güven sınırlarının (burada, değeri ± 1.96 olan kritik değerin) dışında kalan bölümleri anlamlı bir artış ya da azalış dönemi olarak değerlendirilir. Bu değerlendirmede, kuraklık dizileri kullanıldığında anlamlı bir nemli ya da kurak dönem nesnel olarak tanımlanmış olur.

3. Çözümleme Sonuçları ve Yorumlanması

Örnek istasyonlar için gerçekleştirilen çalışmanın sonuçları aşağıdaki sırayla değerlendirilebilir.

3.1. Kullanılabilir Su Analizi (*P-PE*)

Aylık toplam yağışın aylık hesaplanmış evapotranspirasyondan (buharlaştırma-terleme) farkı olan (*P-PE*)'nin, klimatolojik olarak kullanılabilir su tutarının zamana bağlı değişimi Şekil 1a, 1b, 1c ve 1d'de verilmiştir. Dört istasyonda da pozitif (+) ve negatif (-) değerler arasında bir salınım bulunmasına karşın, (-) değerlerdeki ısrar ve şiddetindeki artış dikkati çekicidir. Nemlilik koşulları incelenen istasyonlarda, *P-PE* değerleri -150 mm ile 120 mm arasında değişirken, Karapınar istasyonunda (+) değer yani su varlığı en fazla 90 mm'dir. Çizelge 4, *P-PE* zaman dizileri için hesaplanan Mann-Kendall sıra ilişki katsayısı değerlerinin anlamlılık sınamalarını ($u(t)$) gösterir. Kullanılabilir su miktarının (*P-PE*) Mann-Kendall eğilim çözümlemesi sonuçlarına göre, istatistiksel açıdan anlamlı olmamasına karşın tüm istasyonlarda azalan yönde zayıf bir eğilim egemendir. Şekil 2a, 2b, 2c ve 2d incelendiğinde, azalma eğiliminin 1990'ların başında ve ortasında başladığı görülür.

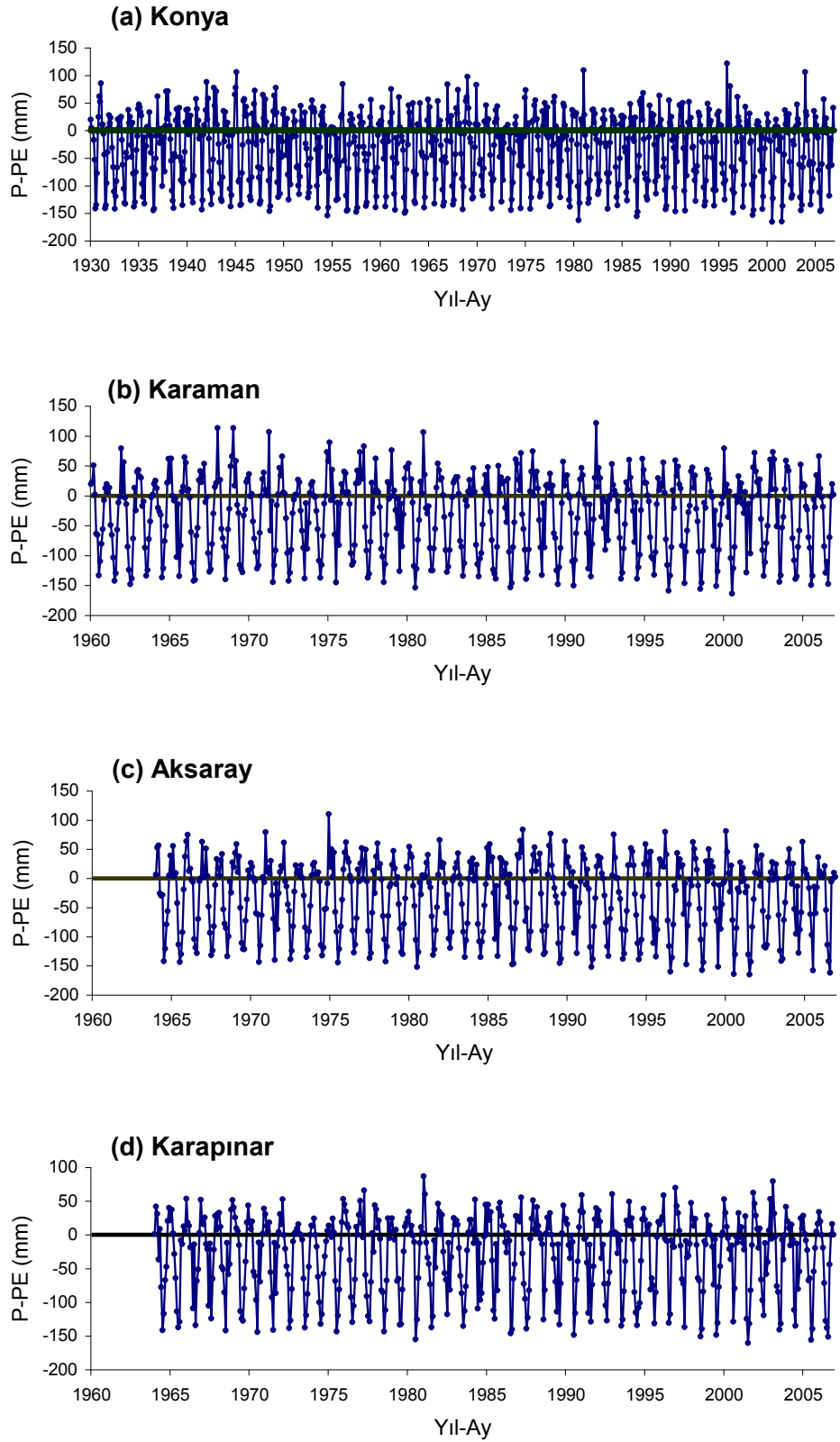
Çizelge 4. Seçilen istasyonlarda kullanılabilir su tutarı (*P-PE*) ve *PDSI* zaman dizileri için hesaplanan Mann-Kendall sınam örneklemdeğerleri ($u(t)$).

	Konya	Karaman	Aksaray	Karapınar
Dizi	$u(t)$	$u(t)$	$u(t)$	$u(t)$
<i>P-PE</i>	-0.646	-0.263	-0.646	-0.556
<i>PDSI</i>	1.399	-1.056	-1.370	-1.506

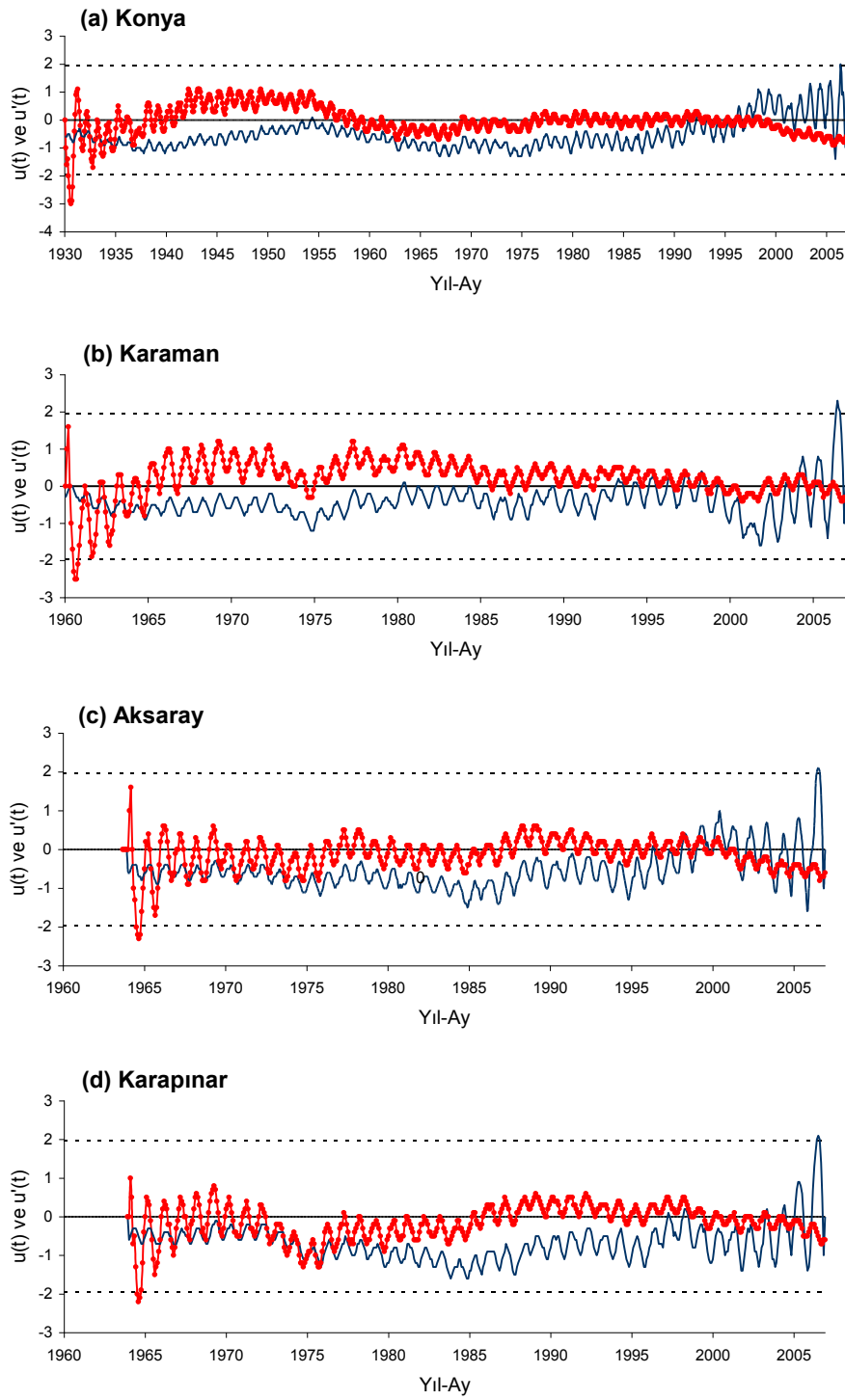
3.2. Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (*PDSI*) Analizi

Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (X)'in zamana göre değişimi, her istasyon için Şekil 3'te verilmektedir. Verileri 1930 yılından günümüze değin uzanan Konya istasyonunda, ortak kurak dönemler dışında, 1931-1937, 1953-1957 ve 1958-1963 yılları arasında da oldukça şiddetli kurak dönemlerin yaşanmış olduğu görülür (Şekil 3a). Karaman istasyonunda, genel olarak 1960-1963, 1972-1974 ve 2004-2006 yılları kurak dönem olarak görülür (Şekil 3b). Aksaray ve Karapınar istasyonlarında ise, 1972-1974, 1982-1984, 1999-2001 ve 2004-2006 yılları arasını kapsayan ortak kurak dönemler belirgindir (Şekil 3c ve 3d). 1970'lerden sonra Konya istasyonunda yaşanan kurak dönemlerde azalma olmasına karşın, kuraklık olaylarının şiddetinde artış olduğu görülür (Şekil 3a). Öte yandan, genel olarak istasyonlarda 1970'li yılların sonunda yaşanan nemli dönem dikkat çekicidir.

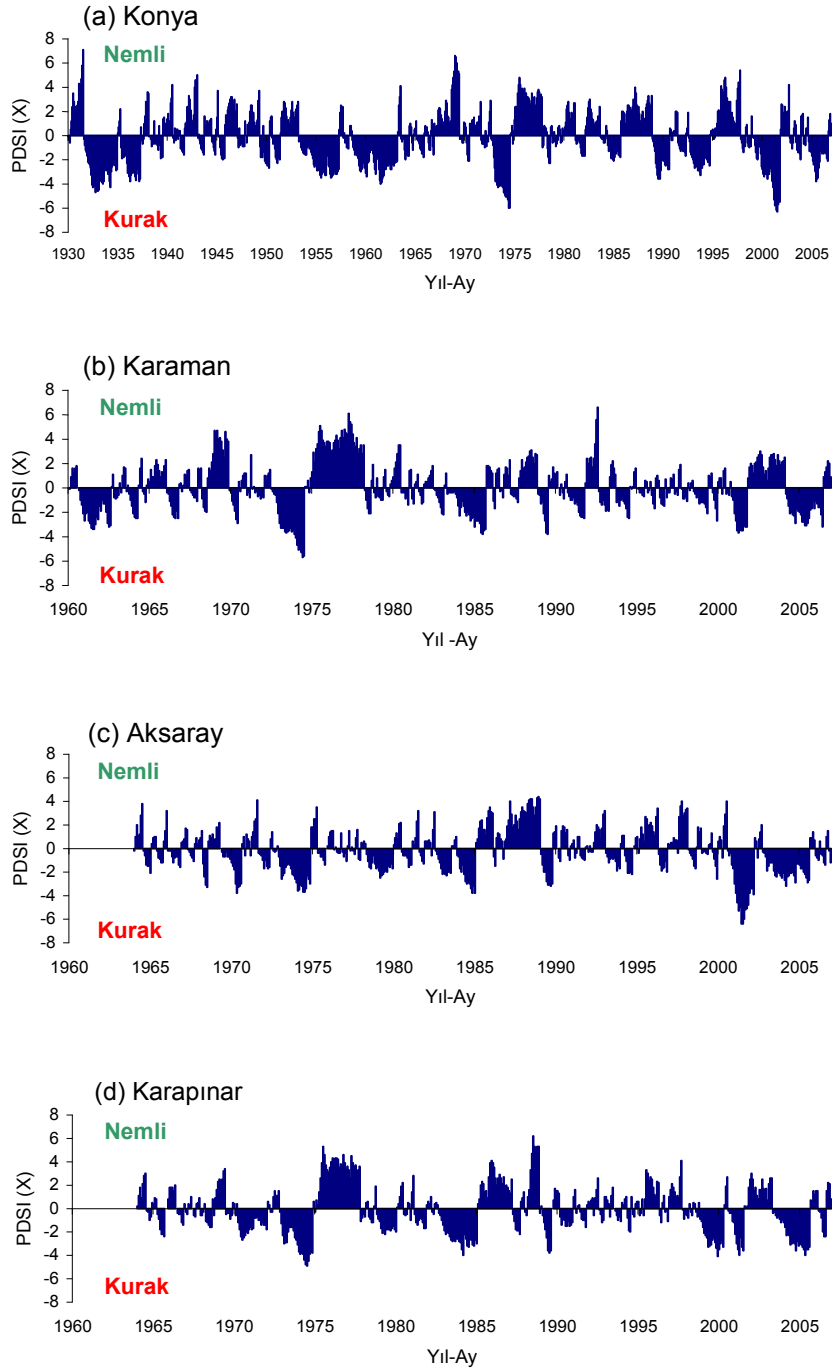
Dört istasyon için hesaplanan *PDSI* yıl-ay zaman dizilerinde istatistik açıdan anlamlı artan (nemli bir devreye gidiş) ya da azalan (kurak bir devreye gidiş) bir eğilimin olup olmadığı, Mann-Kendall sıra ilişki katsayısı sınaması ile incelendi. Mann-Kendall anlamlılık sınaması sonuçlarına göre, istatistiksel olarak anlamlı olmamasına karşın Konya istasyonunda genel bir artış eğilimi, öteki istasyonlarda genel bir azalış eğilimi egemendir (Çizelge 4). *M-K* $u(t)$ sınam örneklemdeğerine göre, uzun süreli kuraklaşma eğiliminin en kuvvetli olduğu istasyon ise Karaman'dır.



Şekil 1. Seçilmiş istasyonlarda (P-PE) kullanılabilir su tutarının (mm) zamana bağlı değişimi.



Şekil 2. Mann-Kendall ardışık analizinden elde edilen $u(t)$ (—•—) ve $u'(t)$ (—) değerlerine göre, istasyonların (P-PE) kullanılabilir su tutarı değerlerindeki eğilimler. (- - -), 0.05 anlamlılık düzeyine karşılık gelen kritik değeri (± 1.96) gösterir.

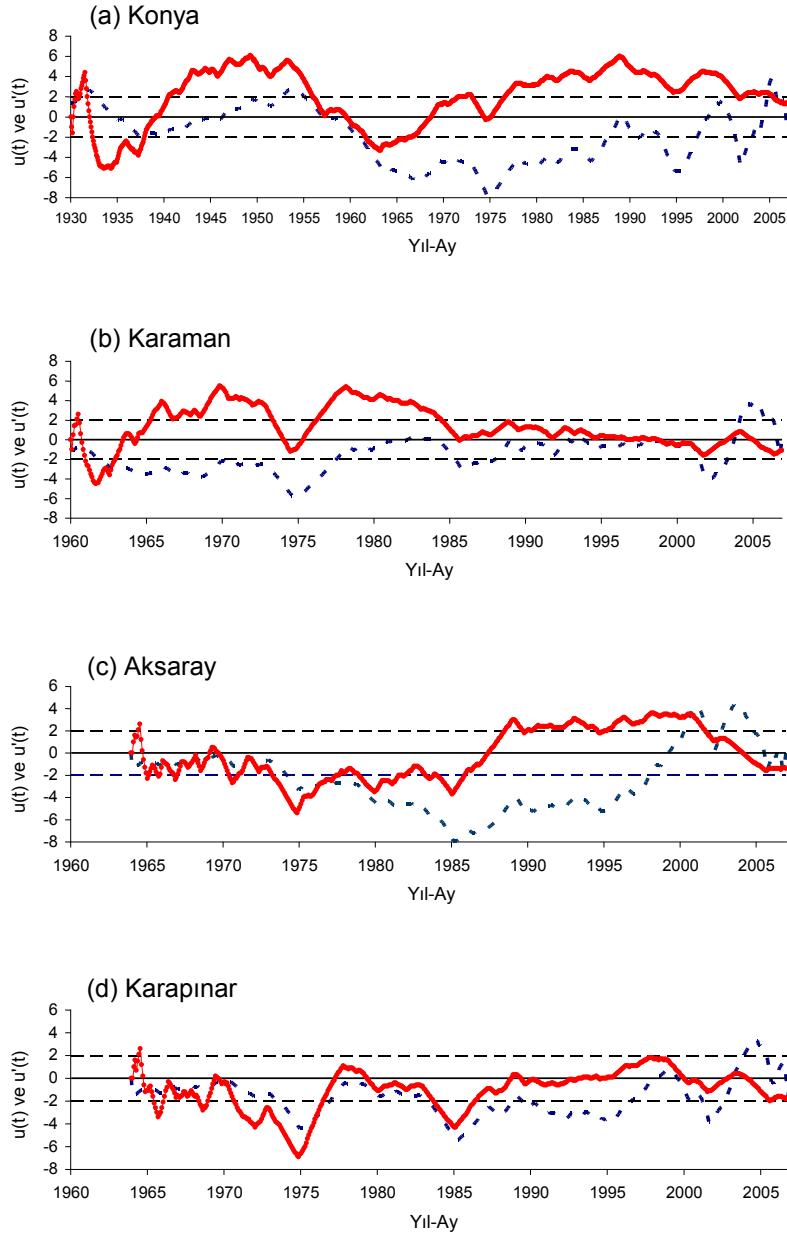


Şekil 3. Seçilmiş istasyonlarda Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (X) değerlerinin zamana bağlı değişimi.

$PDSI$ zaman dizisi grafiklerindeki $u(t)$ ve $u'(t)$ değişimleri, uzun süreli eğilimler ile önemli değişiklik noktalarının ve dönemlerin varlığı açısından incelendiğinde, özetle şu sonuçlar elde edilir:

Konya istasyonunda 1950'lerin sonlarına doğru başlayan kurak koşulların kısa nemli devrelerle kesilmesine karşın 1970'lerin sonuna kadar sürdüğü, 1970'lerin sonundan 2000'li yıllara kadar daha nemli koşullara doğru bir gidiş olduğu (Şekil 4a); Karaman ve Karapınar istasyonlarında

1970'lerin ortalarından 2006 yılına kadar genel olarak bir kuraklaşma eğiliminin egemen olduğu (Şekil 4b ve 4d); Aksaray istasyonunda ise, 1980'lerin ortasına kadar etkili olan bir azalma eğiliminin ardından önce 2000 yılına kadar bir artış eğiliminin, 2000 yılı sonrasında yeniden belirgin bir kuraklık eğiliminin ortaya çıktığı görülür (Şekil 4c). Burada nemli dönemlerin süresi ve şiddeti de en az kurak dönemlerin süresi ve şiddeti kadar önemlidir.



Şekil 4. Mann-Kendall sıra ilişki katsayısı yönteminin ardışık analizinden elde edilen $u(t)$ (—) ve $u'(t)$ (- - -) değerlerine göre, istasyonların Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (X) değerlerindeki eğilimler. (- - -), 0.05 anlamlılık düzeyine karşılık gelen kritik değeri (± 1.96) gösterir.

3.2.1. Kurak dönemlerin belirlenmesi

Türkeş'e göre (1999, 2003, 2007a, 2007b), çölleşme süreçlerine açık (çölleşmeden etkilenebilirliği yüksek) yarıkurak bir alan olarak dikkat çeken İç Anadolu Bölgesi'nin güneyinde yer alan istasyonlarda, 1972–1974, 1982–1984, 1999–2001 ve 2004–2006 dönemleri, ortak kurak dönemler olarak saptanmıştır (Çizelge 5). Kurak dönemlerin başlangıç ve bitiş tarihleri farklı olmasına karşın, bu dönemlerde tüm istasyonlarda en az 15 ay ortak özellik gösterir.

Çizelge 5. Ortak kurak dönemlerdeki maksimum nem anomali indisi (Z) değerleri.

Dönem	Konya	Karaman	Aksaray	Karapınar
1972/74	-3.99 (1973 Şubat)	-3.22 (1974 Şubat)	-3.54 (1973 Şubat)	-3.37 (1973 Şubat)
1982/84	-2.34 (1984 Ekim)	-3.24 (1985 Haziran)	-3.15 (1984 Şubat)	-2.69 (1984 Şubat)
1999/2001	-4.85 (2001 Haziran)	-3.74 (2001 Ocak)	-5.65 (2001 Haziran)	-3.57 (2001 Ocak)
2004/06	-3.34 (2005 Haziran)	-3.67 (2006 Haziran)	-3.83 (2003 Ocak)	-3.17 (2004 Ocak)

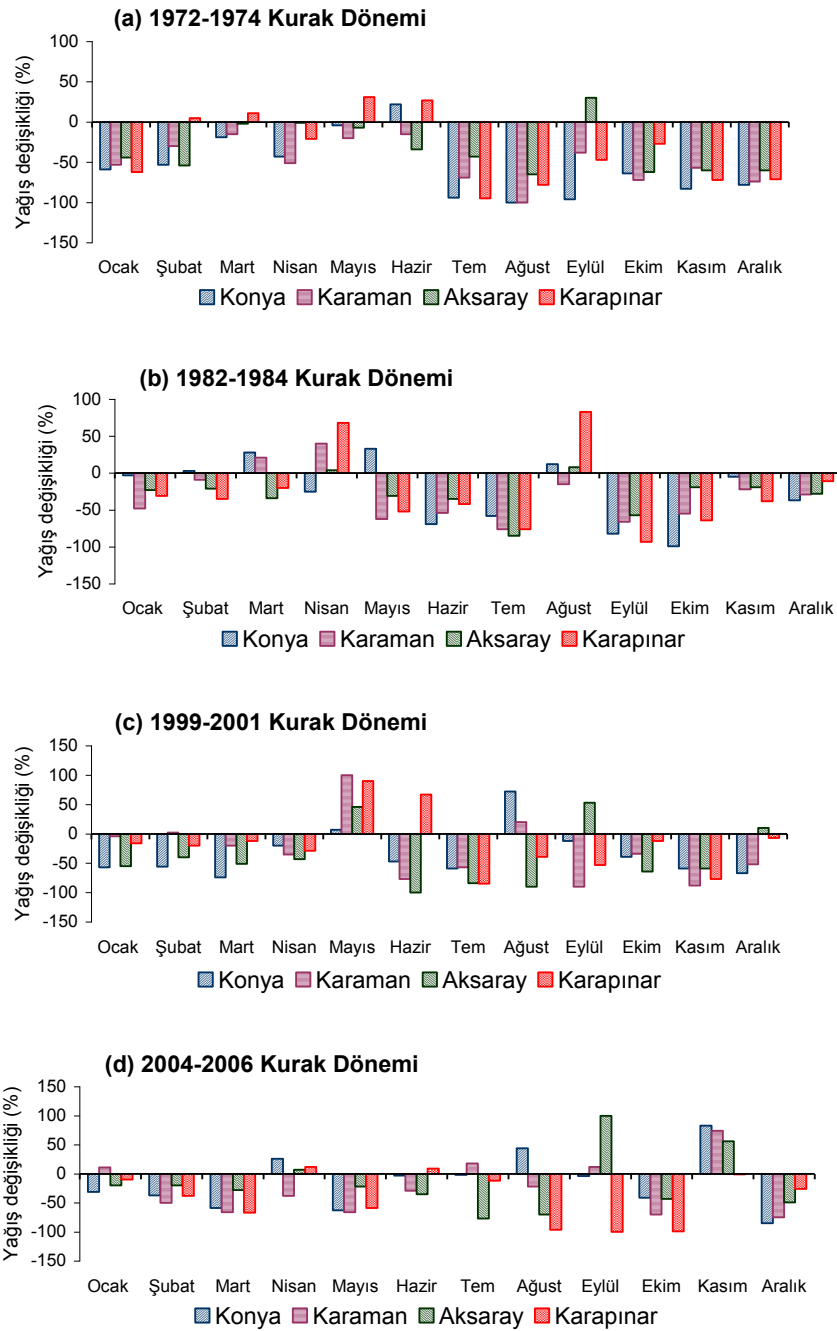
Kurak dönemlerde kaydedilen aylık toplam yağışın uzun süreli aylık ortalama toplam yağışa göre azalma oranı, kış ve ilkbaharda % 30–% 60, sonbaharda ise % 40–% 80 arasındadır (Şekil 5a, 5b, 5c ve 5d).

1972 -1974 yılları arasındaki kurak dönemde kış ve sonbahar yağışlarındaki azalma, Konya ve Karaman istasyonlarında % 60 ve % 90 dolayındadır. Aksaray ve Karapınar istasyonlarında ise yağıştaki azalma görece daha azdır. Bu istasyonlarda kış ve sonbahar yağışlarında % 50 ila % 70 arasında bir azalma görülür (Şekil 5a). 1972–1974 kurak devresinde yağışlarda % 90'lere ulaşan azalma, özellikle kış ve sonbahar aylarında olmak üzere tüm aylarda belirgin ve şiddetlidir (Şekil 5a). Genel olarak yaz mevsiminin kurak geçtiği karasal İç Anadolu Bölgesi'nin güney bölümünde toprağı ve yeraltı sularını besleyen kış ve sonbahar yağışlarındaki bu azalma çok önemlidir (Şekil 5a).

Yaz mevsiminde de tüm istasyonlarda % 60 ile % 90 arasında yağış azalması görülür (Şekil 5a). Ancak bu bölümün iklim özelliklerinden dolayı, bu azalma normal kabul edilebilir. Gerçekte, yaz kuraklığının etkisini azaltan kış ve sonbahar yağışlarıdır ki, bu mevsimlerde yağışlarda gerçekleşen azalma kuraklığın süresinin uzayarak şiddetinin artmasına ve olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

1982-1984 kurak döneminde sonbahar mevsiminde yağıştaki azalma Konya istasyonunda % 10 – % 85, Karaman ve Aksaray istasyonunda % 20 – % 60, Karapınar istasyonunda ise % 40 – % 90 arasındadır. Kış mevsiminde, yağıştaki azalma tüm istasyonlarda % 5 ile % 40 arasındadır (Şekil 5b).

1999–2001 yılları arasında yaşanan kurak dönemde, yağıştaki azalma oranı Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında belirgindir (Şekil 5b). Bu dönemdeki kuraklıklar hem uzun sürmüş hem de oldukça şiddetli yaşanmıştır. 1982–1984 (Şekil 5b) ve 2004–2006 (Şekil 5d) yılları arasında yaşanan kurak devreler, 1972–1974 (Şekil 5a) ve 1999–2001 (Şekil 5c) kurak devrelerine göre daha az şiddetlidir. Öte yandan, kurak dönemlerin başlangıcı ve bitışı bilinmesine karşın, kendilerinden önceki dönemde oluşan nemli ya da kurak devrelerin süresi ve şiddeti de önemlidir. Örneğin, Konya istasyonunda 1972–1974 kuraklığının öncesinde yalnız birkaç aylık nemli dönem ve sonbahar - kış mevsiminde, 1971 Eylül ile 1972 Mayıs ayları arasında ortaya çıkan zayıf bir kuraklık vardır.

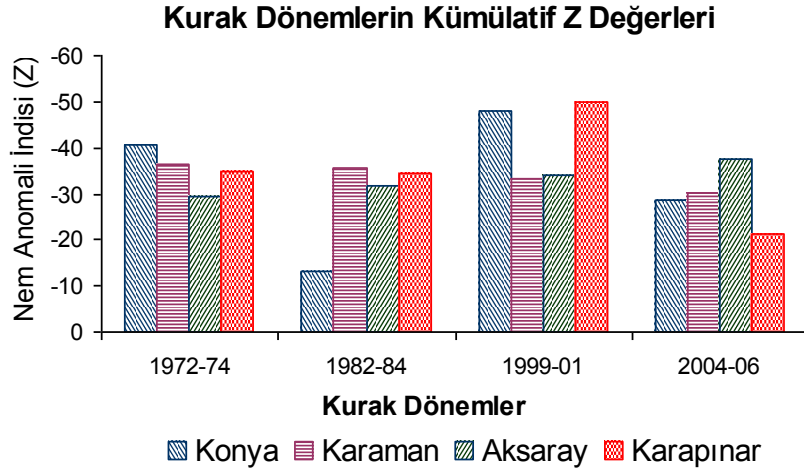


Şekil 5. Ortak kurak dönemlerde yaşanan yağış değişikliklerinin (%) istasyonlara göre dağılışı.

Ayrıca, bu çalışmada belirlenen kurak dönemler, daha önce Türkeş (örneğin, 1996, 1998, 2003, 2007b), Türkeş ve Erlat (2003, 2005) ve Türkeş vd. (2009)'nin ortaya koyduğu kurak dönemler ile iyi bir uyum gösterir.

Genel olarak Doğu Akdeniz Havzası'nın ve Türkiye'nin yıllık ve özellikle kış yağışlarında gözlenen önemli azalma eğilimleri, bu bölgede egemen olan cephesel orta enlem ve Akdeniz alçak basınçlarının sıklıklarında özellikle kışın gözlenen azalma ve yüksek basınç koşullarında gözlenen artış eğilimleri ile bağlantılı olabilir. Türkiye yağışlarındaki değişkenliğin ve değişikliklerin atmosferik nedenlerine ve bağlantılarına ilişkin yeni çalışmalara göre (örneğin, Türkeş ve Erlat, 2003,

2005, 2006), Türkiye'deki şiddetli ve geniş alanlı kış kuraklıklarının önemli bir bölümü, Kuzey Atlantik Salınımı'nın (NAO) kuvvetli (ekstrem) pozitif anomali indisi dönemlerine karşılık gelir. Kuzey Atlantik Salınımı, Azorlar bölgesi üzerindeki sıcak çekirdekli ve derin subtropikal yüksek basınç sistemi ile Grönland ve İzlanda üzerindeki soğuk çekirdekli ve derin subpolar alçak basınç sistemi arasındaki geniş ölçekli atmosferik basınç dalgalanması ya da salınımı olarak tanımlanır.



Şekil 6. Ortak kurak dönemler için hesaplanan Kümülatif Nem Anomali İndisi (Z) değerlerinin istasyonlara göre dağılışı.

Çizelge 6. Ortak kurak dönemler için hesaplanan kümülatif Z değerleri.

Dönem	Konya	Karaman	Aksaray	Karapınar
1972/74	-40.8 (20ay)	-36.2 (20 ay)	-29.6 (24 ay)	-34.9 (24 ay)
1982/84	-13.2 (16 ay)	-35.6 (28 ay)	-31.6 (27 ay)	-34.4 (26 ay)
1999/2001	-48.1 (30 ay)	-33.1 (26 ay)	-34.1 (14 ay)	-49.8 (31 ay)
2004/06	-28.8 (30 ay)	-30.2 (27ay)	-37.4 (45 ay)	-21.4 (22 ay)

3.2.2. Nem anomali indisi (Z)

Çizelge 5, kurak devrelerde hesaplanan maksimum nem anomali indisi (Z) değerlerini gösterir. Elde edilen bu sonuçlara göre, 1972–1974 ve 1999–2001 dönemleri oldukça düşük negatif nem anomali indisi (Z) değerleri üretmiştir. Bu durum, her iki dönemde de kuraklığın çok şiddetli yaşandığını gösterir. Ortak kurak dönemler için elde edilen kümülatif Z değerleri incelendiğinde ise, en şiddetli kuraklıkların 1972-1974 döneminde Konya'da; 1982-1984 döneminde Karaman'da; 1999-2001 döneminde sırasıyla Karapınar ve Konya'da; 2004-2006 döneminde ise Konya istasyonunda gerçekleştiği görülür (Şekil 6; Çizelge 6).

Bir ön çalışma olarak az sayıda istasyon verisi kullanılarak gerçekleştirilmesine karşın, bu uygulamada kuraklık olaylarının zamanlamasına, doğasına ve büyüklüğüne (örneğin, kurak dönemlerin sıklığı, başlangıç ve bitiş tarihleri ve şiddetleri, kuraklık eğilimleri vb.) ilişkin olarak elde edilen sonuçlar için yapılan değerlendirmeler, genel olarak yarıkurak iklim koşullarının egemen olduğu görece küçük bir alanda bile, yağışın ve kuraklık olaylarının değişkenliğinin çok yüksek olduğunu açıkça gösterir.

4. Sonuç

Bu makalede, klimatolojik olarak yarıkurak ve çölleşme süreçlerine açık bir alan olarak nitelendirilen İç Anadolu Bölgesi'nin güneyinde Konya Bölümü'nde yer alan, Konya, Karaman, Aksaray ve Karapınar istasyonlarındaki kurak dönemler, kuraklık olaylarının şiddeti ve süresi gibi temel kuraklık özellikleri, Palmer Kuraklık Şiddet İndisi ile bir ön çalışma olarak incelendi.

İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'nde yer alan bu 4 meteoroloji istasyonunda gerçekleşen aylık toplam yağış ile aylık buharlaşma miktarları arasındaki fark, -150 mm ile +100 mm arasında değişir. Dört istasyonda gerçekleşen yağışın buharlaşmayı karşılama tutarı ($P-PE > 0.0$) 1990'lardan sonra azalma göstermektedir. Kullanılabilir su tutarının negatif ya da pozitif değerler alması, özellikle tarımda kullanılan sulama suyunun tutarı, süresi ve sulama zamanının belirlenmesinde önemlidir. Ayrıca, Mann-Kendall sıra ilişki katsayısı sınaması, dört istasyon için hesaplanan *PDSI* yıl-ay zaman dizilerinde, istatistik açıdan anlamlı olmamasına karşın, Konya istasyonunda genel bir artış, öteki istasyonlarda ise genel bir azalış eğiliminin varlığını gösterir. Karaman, uzun süreli eğilim açısından kuraklaşmanın görece en kuvvetli olduğu istasyondur.

Ortak kurak dönemler için hesaplanan kümülatif *Z* değerlerine göre, en şiddetli kuraklıkların 1972-1974 döneminde Konya'da; 1982-1984 döneminde Karaman'da; 1999-2001 döneminde sırasıyla Karapınar ve Konya'da; 2004-2006 döneminde ise Konya istasyonunda gerçekleştiği görülür. Öte yandan, uzun süreli veriye dayalı olarak belirlenen kurak dönemlerin başlangıç ve bitişi, şiddeti ve bu dönemlerde kaydedilen aylık toplam yağışlardaki azalmalar, kuraklığın neden olduğu sosyoekonomik sorunlar ile birlikte değerlendirilmelidir. Bu nedenle, kuraklık için alınacak önlemler, kuraklığın şiddeti, alansal tutarlığı ve süresi göz önünde tutularak oluşturulmalıdır.

Genel olarak yarı kurak iklim özellikleri gösteren istasyonlarda, yağışların özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde gerçekleştiği dikkate alındığında, bu dönemlerdeki azalmaların yeraltı su kaynaklarının beslenmesi, tarımsal üretim ve yaşam kalitesi açısından da etkili olduğu dikkate alınmalıdır. Kuraklık olaylarının sonucunda ortaya çıkan, tarımsal üretimde azalma, ürün kalitesinde düşüş ve ürün çeşitliliğinin değişimi ve/ya da azalması gibi sonuçlar, göçleri de içerecek biçimde başka önemli sosyoekonomik sorunları da tetikleyebilir.

Standartlaştırılmış yağış indisi gibi (örneğin, Türkeş ve Tatlı, 2008, 2009) yöntemlerin yanı sıra, Palmer Kuraklık Şiddet İndisi'nin daha fazla sayıda istasyonun uzun süreli klimatolojik verileriyle Türkiye ölçeğinde kullanılması, ulusal düzeydeki kuraklık izleme, belirleme, değerlendirme ve öngörü çalışmalarının başarısı açısından önemlidir. Ancak, böyle bir çalışmanın coğrafi olarak tüm Türkiye'yi temsil edecek biçimde yapılmasının bazı önemli güçlükleri ve kısıtları vardır. Bunun gerçekleştirilebilmesi için, öncelikle Türkiye'yi özellikle yağış rejimi ya da iklim bölgeleri açısından iyi bir biçimde temsil edebilecek kadar çok sayıda istasyondaki ya da yakın çevresindeki tarla kapasitesindeki su içeriğinin (topraktaki kullanılabilir su varlığı) bilinmesi gerekir. Bu yüzden, bu çalışmanın ikinci aşamasında, daha çok istasyon ile daha ayrıntılı bir çözümleme yapılarak tüm Türkiye'yi içeren bir çalışmanın yapılması hedeflenmiştir.

Referanslar

- Alley, W. N. (1984) "The palmer Drought Severity Index limitations and assumptions", *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23, 1001-1009.
- Dalezios, N. R.; Papazafiriou, Z. G.; Papamichail, D. M.; Karacostas, T. S. (1991) "Drought assessment for the potential of precipitation enhancement in northern Greece". *Theoretical and Applied Climatology*, 44, 75-88.
- Erinç, S. (1949) "The climates of Turkey according to Thornthwaite's classification", *Annals, Association of American Geographers*, 39, 26-46.
- Erinç, S. (1950) "Climatic types and the variations of moisture regions in Turkey", *The Geographical Review*, 40, 224-235.
- Erinç, S. (1959) "Regional and seasonal distribution of climatic elements in Turkey and its dynamic-genetic background", *Review of the Geographical Institute of the University of İstanbul*, 5, 23-76.
- Erinç, S. (1965) Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü, 41, İstanbul.

- Erinç, S.; Tümertekin, E. (1955) "Variations in the amount of precipitation in Turkey", *Review of the Geographical Institute of the University of İstanbul*, 2, 173-176.
- Karl, T. R. (1986) "The sensitivity of the Palmer Severity Index and Palmer's Z-Index to their calibration coefficients including potential evapotranspiration", *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25, 77-86.
- McKee, T.B.; Doesken, N. J.; Kleist, J. (1993) "The relationship of drought frequency and duration of time scales", Presented at the Eighth Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Jan 17-23, Anaheim CA, 179-186.
- Palmer, W. C. (1965) *Meteorological Drought*, Weather Bureau Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C.
- Sneyers, R. (1990) *On the Statistical Analysis of Series of Observations*. WMO Technical Note 43, World Meteorological Organization, Geneva.
- Sonmez, F. K.; Komuscu, A. U.; Erkan, A.; Turgu, E. (2005) "An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index", *Natural Hazards*, 35, 243-264.
- Tatlı, H.; Dalfes, H. N.; Menteş, Ş. S. (2004) "A statistical downscaling method for monthly total precipitation over Turkey", *International Journal of Climatology*, 24, 161-180
- Thornthwaite, C. W. (1948) "An Approach toward a rational classification of climate", *Geography Review*, 38, 55-94.
- Tümertekin, E. (1955) "Time relationship between the wheat growing period and dry months in Turkey", *Review of the Geographical Institute of the University of İstanbul*, 2, 73-84.
- Tümertekin, E. (1956) "Some observations concerning dry farming in arid regions of Turkey", *Review of the Geographical Institute of the University of İstanbul*, 3, 19-30.
- Türkeş, M. (1990) *Türkiye'de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar*, Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.
- Türkeş, M. (1996) "Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey", *International Journal of Climatology*, 16, 1057-1076.
- Türkeş, M. (1998) "Influence of geopotential heights, cyclone frequency and southern oscillation on rainfall variations in Turkey", *International Journal of Climatology*, 18, 649-680.
- Türkeş, M. (1999) "Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions", *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 23, 363-380.
- Türkeş, M. (2003) "Spatial and temporal variations in precipitation and aridity index series of Turkey", In: Bolle H-J (Ed.), *Mediterranean Climate – Variability and Trends*, Regional Climate Studies. Springer Verlag, Heidelberg, 181-213.
- Türkeş, M. (2007a) "Orta Kızılırmak Bölümü güney kesiminin (Kapadokya Yöresi) iklimi ve çölleşmeden etkilenebilirliği", *Ege Coğrafya Dergisi*, 14, 75-99.
- Türkeş, M. (2007b) "Türkiye'nin kuraklığa, çölleşmeye eğilimi ve iklim değişikliği açısından değerlendirilmesi", *Pankobirlik*, 91, 38-47.
- Türkeş, M. (2008) "Gözlenen iklim değişiklikleri ve kuraklık: Nedenleri ve geleceği", *Toplum ve Hekim*, 23, 97-107.
- Türkeş, M.; Erlat, E. (2003) "Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2000", *International Journal of Climatology*, 23, 1771-1796.
- Türkeş, M.; Erlat, E. (2005) "Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic oscillation during the period 1930-2001", *Theoretical and Applied Climatology*, 81, 45-69.
- Türkeş, M.; Erlat, E. (2006) "Influences of the North Atlantic Oscillation on precipitation variability and changes in Turkey", *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics*, 29, 117-135.
- Türkeş, M.; Koç, T.; Sarış, F. (2009) "Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey", *International Journal of Climatology*, 29, 1056-1074.
- Türkeş, M.; Sümer, U. M.; Demir, İ. (2002) "Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929-1999", *International Journal of Climatology*, 22, 947-977.
- Türkeş, M.; Tatlı, H. (2008) "Aşırı kurak ve nemli koşulların belirlenmesi için yeni bir standartlaştırılmış yağış indisi (yeni-SPI): Türkiye'ye uygulanması", IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, 25-28 Mart 2008, İstanbul, 528-538.
- Türkeş, M.; Tatlı, H. (2009) "Use of the standardized precipitation index (SPI) and modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey", *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.1862.