



Hakemli Makale
Reviewed Article

Türkiye’de klimatolojik kuraklık olasılıklarının dağılışı

Distribution of climatological drought probabilities in Turkey

Abdullah AKBAŞ^a

a) Ardahan Üniversitesi, İnsani Bilimler ve Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü.

Geliş/Received: 26.12.2013
Kabul /Accepted: 05.06.2014

Sorumlu yazar/Corresponding author
(A.AKBAŞ) abdullah.akbas88@gmail.com

ÖZ

Bu çalışmada, Türkiye’de bulunan 96 meteoroloji istasyonunun 1929-2009 yılları arası sıcaklık ve yağış verileri ile ABD’deki ORNL DAAC’nin faydalı su içeriği verilerini (available water holding capacities -AWHC) kullanarak, Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI) elde edilmiştir. Daha sonra indisin kuraklık sınıfları, NOAA’nın kuraklık sınıflarına göre yedi sınıfa ayrılıp olasılıkları elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmayla, Türkiye’deki kuraklıkların klimatolojik olasılıklarının mekânsal dağılımlarını belirleyip karşılaştırmak amaçlanmıştır. Elde edilen desenlere göre özellikle aşırı (ekstrem) kurak ve nemli olasılıklarının dağılışı benzerdir. Aynı zamanda, aşırı nemli ve kurak olasılığının düşük olduğu alanlar, normal sınıfı olasılığının yüksek olduğu alanlara karşılık gelir. Kuraklık olasılık sınıfları içinde meydana gelme olasılığının veya frekansının en yüksek olduğu sınıf normaldir.

Anahtar Kelimeler: Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi(PDSI), Klimatolojik olasılık, Kuraklık olasılıkları

ABSTRACT

In this study, Palmer Drought Severity Index (PDSI) obtained by using the temperature and precipitation data from 96 meteorological stations in Turkey and the data soil water-holding capacity (AWHC) of DAAC in the U.S. ORNL data. PDSI classes converted to seven drought sub-classes as NOAA classification, and then drought probabilities were obtained. Aim of this study is detect and compare spatial distributions of climatological drought probabilities over Turkey. According to obtained patterns, distribution of extreme drought and wet probabilities show that similar patterns. On the other hand, area of high probabilities of the normal class response to low probability of extremes drought and wet areas. The class with the highest occurrence frequency or probability is normal in drought probability classes.

Keywords: Palmer Drought Severity Index (PDSI), Climatological probability, Drought probabilities

GİRİŞ

Kuraklık, beklenenden veya normalden daha az yağış eksikliği olması nedeniyle meydana gelen, hemen hemen tüm iklim bölgelerinde görülen ve yavaş gelişen doğal bir afettir. Kuraklığın bu doğasından dolayı başlangıcını ve bitişini belirlemek oldukça karmaşıktır. Kuraklık şiddetini belirlemede ayrıca zordur. Bu durum sadece süre, şiddet ve belirli kurak dönemin coğrafi kapsamına bağlı değil, aynı zamanda insan faaliyetlerinin ve bitki örtüsünün su kaynaklarına olan taleplerine de bağlıdır. Geniş kapsamlı etkileri ile birlikte düşünüldüğünde kuraklığın toplum, ekonomi ve çevre üzerindeki etkilerini belirlemek ve ölçmek imkânsız olmasa da zordur. Bundan ötürü kuraklığın önemi sosyal bağlamından kopuk olmamalıdır. Kuraklık, bir mevsimde veya yıllık bir dönemde gerçekleşirken, toplum üzerindeki etkisini uzun yıllar boyunca sürdürebilir. Aynı bölgede meydana gelen kuraklıklar, özdeş yoğunluğa, süreye ve mekânsal karakteristiğe sahip olsa bile muhtemelen farklı

etkileri olacaktır (Wilhite ve Hayes, 1985; Wilhite ve Buchanan-Smith, 2005; Türkeş ve Tatlı, 2011).

Kuraklık indisleri kuraklığın şiddetini ve meydana gelme riski potansiyelini, zamansal ve mekânsal nedenlerle çalışmayı belirlemek için kullanılır ve bunlardan birçoğu sıcaklık, yağış, akış, toprak nemi, yeraltı su seviyesi gibi çeşitli meteorolojik ve hidrolojik değişkene dayanır. Birçok indis ilgilene bölgelerdeki kuraklığın zamansal değişkenliği ile büyüklüğünü belirlemek için geliştirilmiştir. İndislerin çoğunun geçerliliği yalnızca belli uygulamalarda ve belli bölgelerde geçerlidir. Bir bölge için kullanılan indis bir başka bölge için kullanılamayabilir çünkü kuraklıkla sonuçlanan meteorolojik koşullar oldukça değişkendir. Örneğin, meteorolojik kuraklığın şiddetini ölçmek için geliştirilen indisler tarımsal hidrolojik ve diğer uygulamalar için yetersizdir (Heim, 2002; Steinman, 2005; Tatlı ve Türkeş, 2011).

Geniş ölçekli bir Kuraklık Yönetimi Planı kapsamında kuraklığın belirlenmesi, değerlendirilmesi ve izlenmesinde, kuraklık indisi sınıflarının olasılıklarının hesaplanması ve bilinmesi, yönetim planının başarısı açısından çok önemlidir. Kuraklığın niteliklerini değerlendirmenin temel amacı, belirli bir yörede, havzada ya da bölgede olasılık terimleriyle oluşabilen kuraklık olaylarının süresini ve şiddetini belirlemek ve değerlendirmektir. Bu yüzden, böyle bir bilimsel değerlendirme, var olan verilere göre geçmişte o alanlarda oluşmuş olan eski kuraklık olaylarının çözümlenmesi açısından ve belirli bir geri dönüş zamanı (oluşma sıklığı) bulunan kuraklıkları tanımlamak için çok yararlıdır (Türkeş ve Tatlı, 2010).

Palmer kuraklık şiddeti indisi, kuraklık izleme ve değerlendirme açısından dünya çapında çok yaygın olarak kullanılan bir araç olmasının yanı sıra (Alley, 1984) Türkiye’de de bu konuda birçok çalışma vardır (Akbaş, 2013; Tatlı ve Türkeş, 2011; İşıldar, 2010; Vural, 2010; Türkeş vd., 2009).

Örneğin, Akbaş (2013) “Türkiye’de Palmer kuraklık indisine göre kuraklığın alansal ve zamansal değişiminin incelenmesi” adlı yayımlanmamış yüksek lisans tez çalışmasında, Türkiye’de literatüre girmiş kurak yılların, kuraklık desenlerinin dağılımlarını klimatolojik açıdan Palmer indisleri kullanılarak elde edilmesi ile bu yaklaşımın kuraklığı ne kadar temsil ettiğini incelemiştir. Çalışmanın sonucuna göre elde edilen kurak yılların ve desenlerin literatürle paralellik sergilediği görülmüş ve Palmer Kuraklık Şiddeti İndisinin Türkiye’de kuraklığın izlenmesi ve kuraklık yönetiminde yararlı bir araç olarak kullanılabileceği önerilmiştir.

Tatlı ve Türkeş (2011) çalışmasında, çeşitli kuraklık indislerine (PDSI, PHDI, Z indisi, WPDSI) Ampirik Ortogonal Fonksiyonlar (EOF) uygulamışlardır. Uygulanan fonksiyon sonucunda elde edilen desenler arasında bir farklılık olmadığını belirlemişlerdir ancak P-PET indisinin EOF uygulamasının diğerlerinden farklı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmanın sonucuna, bahsedilen indislerden (P-PET hariç) herhangi birinin diğerine üstünlüğü olmadığı sonucuna varmışlardır.

Türkeş vd. (2009) İç Anadolu Bölgesindeki Konya, Karaman, Aksaray ve Karapınar’da bulunan dört istasyondaki kuraklıkları PDSI ile incelemişlerdir. Burada PDSI kullanarak kuraklıkların başlangıç ve bitişleri ile şiddetlerini belirlemişlerdir. Sonuçlara göre istasyonlardaki belirlenen ortak kurak dönemlerde yağışlardaki gerçekleşen azalmalar %30 ile %80 arasında değişir. Yağıştaki bu azalma özellikle kış ve sonbahar mevsiminde çok daha belirgindir. Kullanılabilir su miktarı (P-PET) ile PDSI zaman serilerinin Mann-Kendall sıra ilişki katsayısı analizlerine göre ise, serilerde istatistiksel anlamda herhangi bir eğilim bulunmamasına karşın, genel bir azalma eğiliminin varlığına (daha kurak koşullara doğru bir gidiş) dikkat çekilmektedir.

Çalışmanın amacı, Türkiye’deki kuraklıkların klimatolojik olasılıklarının mekânsal dağılımlarını belirleyip karşılaştırmak ve kuraklığa eğilimli bölgeleri ortaya çıkarmaktır.

VERİ ve YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan gözlem verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün (MGM) 96 adet klimatoloji ve meteoroloji istasyonunun verileri kullanılarak Türkeş (1996, 1998) ve Türkeş ve ark. (2002) ile Türkeş ve Sümer (2004) tarafından hazırlanmış olan sırasıyla Türkiye yağış ve hava sıcaklığı veri setlerinin 2009 yılına kadar güncelleştirilen, 1929-2009 dönemi aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık zaman dizileridir. Veriler Türkiye’de homojen bir şekilde dağılmıştır (Şekil 1). Faydalı Su İçeriği (available water holding capacities -AWHC) verileri ise Amerika Bileşik Devletleri’nde bulunan Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Centre (ORNL DAAC) 1-m toprak derinliği veri kümesinden elde edildi (Webb vd., 2000). AWCH değerleri 0.5- 0.5° grid-aralıklı olduklarından, gridli noktalardaki veriler söz konusu meteoroloji istasyonlarına en yakın komşu interpolasyon yöntemi ile taşınarak işlemler yapıldı.

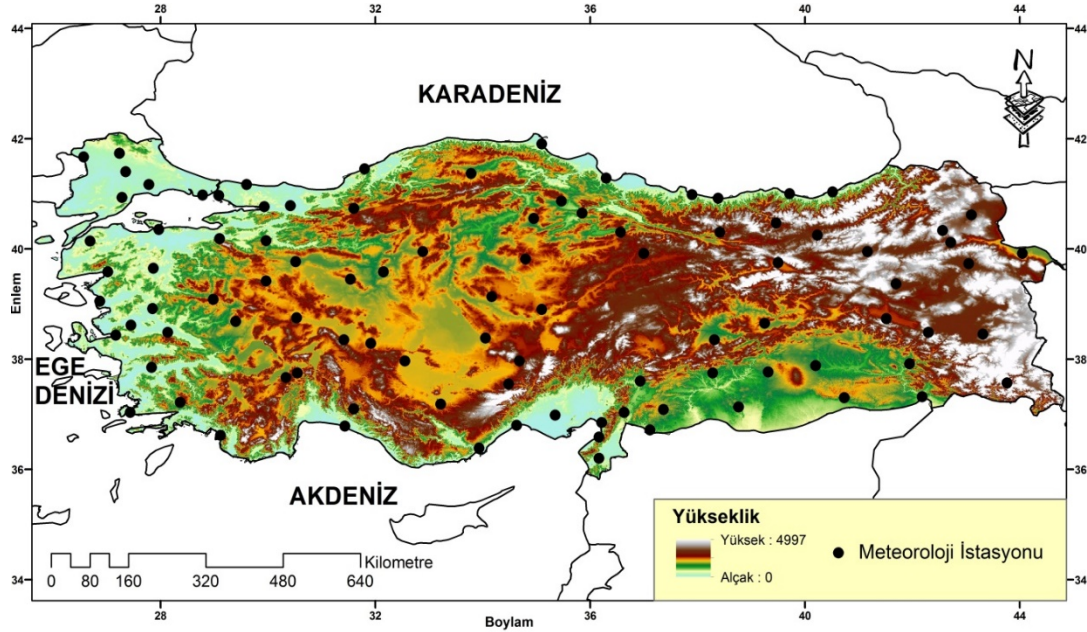
Palmer kuraklık şiddeti indisi, Palmer (1965) tarafından geliştiren, aylık veya haftalık olarak hesaplanabilen bir indistir. Bu indisin hesabında ortalama sıcaklık, toplam yağış ve *faydalı Su İçeriği* (AWCH) gözlem değerleri kullanılır. Bu indis meteorolojik kuraklığın izlenmesinde kullanıldığından, meteorolojik kuraklık indisi olarak da adlandırılır. Hesaplamalardaki potansiyel evapotranspirasyon miktarları ise Thornthwaite yöntemi ile hesaplanır. Palmer kuraklık şiddeti indisi bazı sınırlamaları ve eksikleri olmasına karşın yaygın bir şekilde kullanılan bir meteorolojik kuraklık izleme indisidir (Alley, 1984). Her ne kadar Palmer kuraklık şiddeti indisi meteorolojik bir indis olmasına karşın, algoritmasındaki parametrelerden ötürü aynı zamandan hidrolojik ve tarımsal kuraklığa da cevap vermektedir.

Palmer Kuraklık Şiddet İndisinin hesaplanması ve temel eşitlikleri, Alley (1984) ve Tatlı ve Türkeş (2011)’den yararlanılarak verilmiştir. Palmer Kuraklık Şiddet İndisinin hesaplanmasında toprak nemi, üst bölüm veya yüzey nemi (S_s) ve alt bölüm nemi (S_u) olmak üzere ikiye ayrılarak hesaplamalara başlanır. Bu adımda, tüm toprak neminin 25 mm kısmının toprağın üst bölümünde yer aldığı kabulü vardır. Dolayısıyla, AWCH değeri, yüzey tabakada 25 mm olmak üzere, bu iki toprak tabakası arasında paylaştırılır. Toprak üstünden olan buharlaşma ve terlemeyle olan su kaybı, potansiyel buharlaşma-terleme (PET) olarak tanımlanır. Eğer PET değeri toplam yağıştan büyük ise, bu durumda $PET > P$ olduğundan,

$$L_s = \min[S_s, (PET - P)] \quad (1)$$

$$L_u = [(PET - P) - L_s]S_u/AWCH, L_u \leq S_u \quad (2)$$

olmak üzere 2 ara değişken hesaplanır. Burada P yağışı, S_s ve S_u sırasıyla toprağın üst ve alt tabakasında depolanan nem miktarlarını temsil etmektedir. Buharlaşma-terleme (ET) ile kayıp ve yeniden dolum (recharge) yüzey tabaka içinde yer aldığı kabul edilir. Dolayısıyla, bu yüzey tabakadaki maksimum nem kaybının en fazla PET ’e eşit olacağı anlamına gelir. Diğer taraftan, toprağın alt tabakasından olan nem kaybı miktarı ise başlangıçta toprakta bulunan nem içeriğine, yani başlangıçtaki AWCH miktarına çok sıkı



Şekil 1: PDSI hesaplamalarında kullanılan istasyonların Türkiye üzerindeki dağılımı.

Figure 1: PDSI used in calculation of the distribution of station over Turkey.

bağlıdır. Yani, toprak-altı tabakasının su şarjı ancak tüm AWHC değerinin kaybolmasından sonra başlamaktadır.

Diğer bir büyüklük olan yüzey akışı (runoff) ise bu iki toprak tabakasının nem miktarının *tarla kapasitesine* ulaşmasından sonra başlayabileceği varsayımına dayanır. Özetle, PDSI hesabında, nem-farkı (moisture departure) indisi olarak adlandırılan d_j ile hesaplamalara başlanır.

$$d_j = P_j - \hat{P}_j \quad (3)$$

Burada P_j , j -inci ayın toplam yağış tutarını ve \hat{P}_j ise j 'inci ayın klimatolojik koşulların oluşturduğu uygun yağış tutarını (*Climatologically Appropriate for Existing Conditions: CAFEC*) temsil etmektedir. Bu CAFEC değeri, su dengesi yaklaşımı kullanılarak, her j 'inci ay için aşağıdaki denklem ile elde edilir.

$$P_j = \alpha PET_j + \beta PR_j + \gamma PRO_j - \delta PL_j \quad (4)$$

Bu denklemde, PR potansiyel toprak nemi şarjını (potential soil moisture recharge), PRO potansiyel akışı (potential runoff) ve PL ise potansiyel topraktan nem kaybını (potential water loss from the soil) temsil etmektedir. Diğer taraftan, yılın her j 'inci ayı için α , β , γ , δ katsayıları ise aşağıda verilen ifadeler ile elde edilir.

$$\alpha_j = \frac{\overline{ET}_j}{PET_j}; \text{ eğer } \overline{PET}_j > 0, \text{ aksi } \alpha_j = 1$$

$$\beta_j = \frac{\overline{P}_j}{PR_j}; \text{ eğer } \overline{PR}_j > 0, \text{ aksi } \beta_j = 1$$

$$\gamma_j = \frac{\overline{RO}_j}{PRO_j}; \text{ eğer } \overline{PRO}_j > 0, \text{ aksi } \gamma_j = 1$$

$$\delta_j = \frac{\overline{L}_j}{PL_j}; \text{ eğer } \overline{PL}_j > 0, \text{ aksi } \delta_j = 1 \quad (5)$$

Yukarıdaki ifadelerde, üzeri çizgili olan terim ilgili değişkenin uzun-sürelili ortalamasını temsil etmektedir. PET miktarı ise Thornthwaite (1948) yaklaşımı ile elde edilir. Şöyle ki:

$$PET = dl \cdot 1.6 \cdot \left(\frac{10T_j}{I}\right)^b \quad (6)$$

Burada PET 'in birimi cm ve dl ise ilgili yerin enlem derecesinden hesaplanan gün uzunluğu düzeltme faktörüdür ($dl = 1$ için gün uzunluğu 12 saat anlamına gelir).

Aynı denklemde, T aylık ortalama sıcaklık (birimi $^{\circ}C$) ve I ise ısı indisi (heat index) ve 12 ayın ısı indislerinin toplamı olarak aşağıdaki ifade ile elde edilir.

$$I = \sum_{j=1}^{12} \left(\frac{T_j}{5}\right)^{1.514} \quad (7)$$

Denklem 3.6'deki b sabiti ise ampirik olarak ısı indisinden elde edilir:

$$b = 6.75 \cdot 10^7 \cdot I^3 - 7.71 \cdot 10^5 \cdot I^2 + 1.79 \cdot 10^2 \cdot I + 0.49 \quad (8)$$

Potansiyel yeniden dolun, PR , toprağın yeniden *tarla kapasitesine* gelmesi için gerekli su miktarı olarak tanımlanır ve aşağıdaki ifade kullanılarak, toprak tabakalarında bulunan nem miktarı ve AWHC değerleri kullanılarak hesaplanır.

$$PR = AWCH - (S_s + S_u) \quad (9)$$

Potansiyel yağış (PRO) ise potansiyel yağıştan, potansiyel yeniden dolunun (PR) çıkartılması ile elde edilen bir büyüklüktür.

$$PRO = AWCH - PR = (S_s + S_u) \quad (10)$$

Topraktan olan potansiyel nem kaybı (PL) yağış döneminin sıfır olduğu durumda, buharlaşma-terleme için topraktan olan su miktarı kaybı olarak tanımlanır.

$$PL = PL_s + PL_u \quad (11)$$

Bu denklemdeki PL_s ve PL_u terimleri aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$PL_s = \min(PET, S_s) \quad (12)$$

$$PL_u = (PET - PL_s)S_u / AWCH, PL_u \leq S_u \quad (13)$$

Yukarıda Denklem (4) ile tanımlanan α, β, γ ve δ katsayıları yılın her 12 ayı için (veya 52 hafta için) belirlendikten sonra, Palmer Nem Anomali İndeksi (Z-İndeksi), nem sapmasından, yani d_j 'den her j 'inci ay için hesaplanır.

$$Z_j = d_j \cdot K_j \quad (14)$$

Buradaki K_j j 'inci ayın ağırlık faktörü olarak tanımlanan ampirik bir katsayıdır. Bu katsayı başlangıçta, bölgesel iklim düzeltme katsayısı olarak adlandırılan ve ampirik olarak bulunan K_i 'lerden hesaplanır. Şöyle ki:

$$K_j = \left(\frac{17.67}{\sum_i^{12} \bar{D}_i K_i} \right) \bar{K}_j \quad (15)$$

Bu ifade kullanılarak \bar{K}_j , ise aşağıda gibi deneysel olarak bulunur.

$$\bar{K}_j = 1.5 \cdot \log \left(\frac{\frac{\overline{PET}_j + \bar{R}_j + \overline{RO}_j + 2.8}{\bar{P}_j + \bar{L}_j}}{D_j} \right) + 0.5 \quad (16)$$

D_j kalibrasyon veya normal değerlerin hesaplandığı periyot boyunca elde edilen, nem sapma değerleri olan d_j 'lerin aritmetik ortalamasıdır.

Tüm yukarıda tanımlanan katsayılar ve değişkenler belirlendikten sonra, PDSI değerleri her j -inci ay için aşağıda verilen denklemle ardışık olarak elde edilir.

$$X_j = \frac{1}{3} Z_j + 0.897 X_{j-1}, X_{-1} = 0 \quad (17)$$

Bu denklemde, X sembolü PDSI'yi temsil etmektedir. Hesaplanan PDSI değerleri, Palmer (1965) tarafından önerilen kuraklık sınıflarına dönüştürülür (Tablo 1). İndislerin kuraklık sınıfları NOAA'nın kuraklık sınıflarına göre (Aşırı nemli (≥ -4), çok nemli (3 to 3.99), orta nemli (2 to 2.99), normal (1.99 to 1.99), orta kurak (-2 to -2.99), şiddetli kurak (-3 to -3.99), aşırı kurak (≤ -4)) yeniden yedi sınıfa ayrılmıştır.

Olasılıklar, her sınıftaki kuraklıkların, toplamda meydana gelen kuraklıklara oranlanmasıyla elde edilmiştir (Chow vd., 1988; Wilks, 1995)

$$P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n_a}{n} \quad (18)$$

Burada $P(A)$ bağıl olasılık, n_a istenilen olayın meydana gelme sayısı, n tüm olayların sayısıdır. Bu olasılık, frekans, rölatif (bağıl) ya da Aposteriori olasılığı olarak da adlandırılır. Böylelikle hesaplanan kurak sınıfı olasılıkların tamamının desenleri elde edilmiştir (Şekil 2).

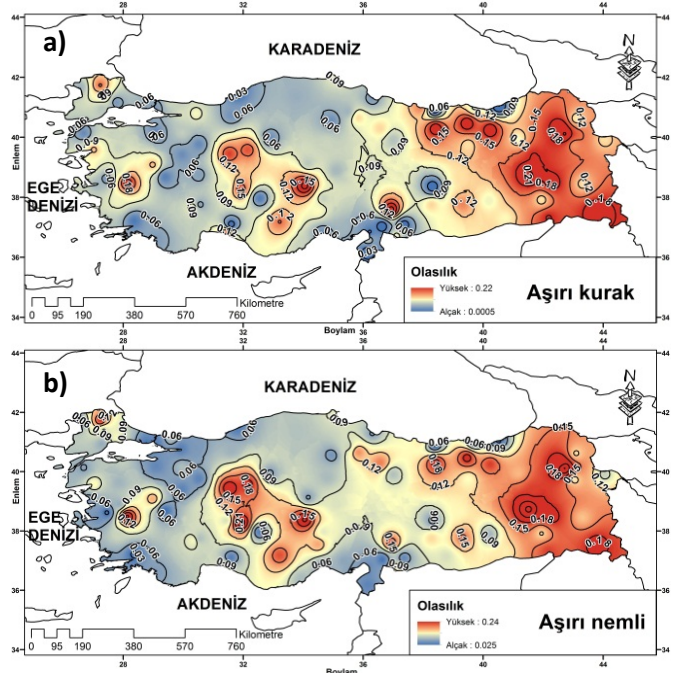
Tablo 1: Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi ve Sınıflaması
Table 1: Palmer Drought Severity Index and Classes

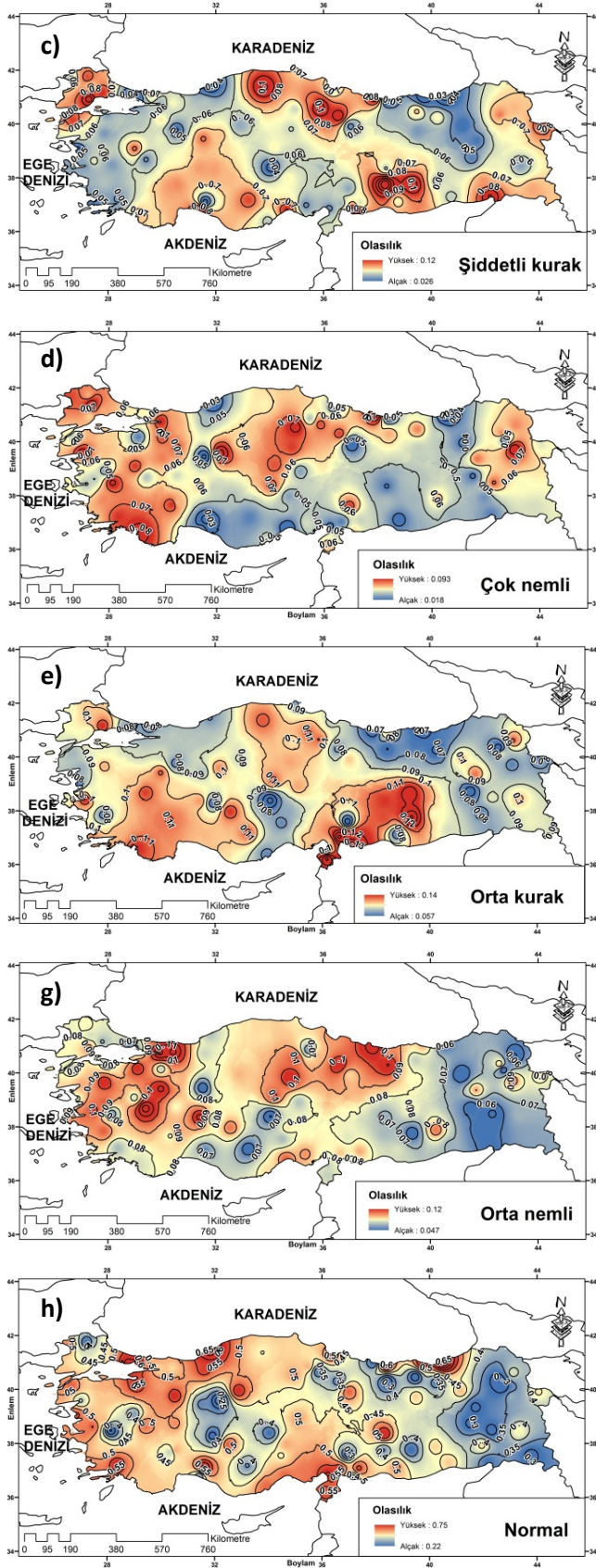
PDSI	Kuraklık Sınıfı
≥ -4	Aşırı nemli
3 to 3.99	Çok nemli
2 to 2.99	Orta nemli
1 to 1.99	Hafif nemli
0.5 to 0.99	Yeni başlayan nemli dönem
0.49 to -0.40	Normal
-0.5 to -0.99	Yeni başlayan kurak dönem
-1 to -1.99	Hafif kurak
-2 to -2.99	Orta kurak
-3 to -3.99	Şiddetli kurak
≤ -4	Aşırı kurak

BULGULAR ve TARTIŞMA

Palmer kuraklık şiddeti indisinin klimatolojik olasılıklarının dağılımlarına bakıldığında, aşırı kurak ve aşırı nemli kuraklık sınıfı olasılıklarının desenlerinin (paternleri) benzerlik gösterdiği aşikârdır. Her iki desende, Türkiye'nin özellikle İç ve Doğu, Güneydoğu, Ege, Trakya, Doğu Karadeniz (Rize ve Giresun çevresi hariç) bölgelerinde aşırı nemli ve aşırı kurak sınıflarının görülme olasılıkları diğer bir deyişle oluşum sıklığı (frekansı) yüksektir (Şekil 2a-b).

Şiddetli kuraklıkların olasılıkları Akdeniz, İç Anadolu'nun bir kısmı, Orta Karadeniz, Güneydoğu ile Doğu Anadolu ve Trakya yöresi ile Biga yarımadası çevresinde yüksektir. Bunun dışında sayılan yerlerin haricinde, şiddetli kuraklıkların meydana gelme olasılıkları düşüktür (Şekil 2c). Çok nemli sınıfının klimatolojik olasılıkları, Türkiye'nin Marmara ve Ege Bölgesinin tamamında, Orta Karadeniz ve İç Anadolu'nun kuzeyi ile Doğu Anadolu'nun Yukarı Murat ve Erzurum-Kars bölümünde oldukça yüksektir. Sayılan yerlerin haricindeki kalan alanlarda olasılıklar düşüktür (Şekil 2d).





Şekil 2: Palmer kuraklık şiddeti indisi a) aşırı kurak b) aşırı nemli c) şiddetli kurak d) çok nemli e) orta kurak f) orta nemli g) normal sınıfı klimatolojik olasılıklarının Türkiye üzerindeki coğrafi dağılımı.

Figure 2: Geographical distribution of climatological probabilities of Palmer drought severity index a) Extreme drought b) Extreme moisture c) Severe drought d) Very moist spell e) Moderate drought f) Unusual Moisture spell g) Normal over Turkey.

Orta kurak koşullarının meydana gelmesi olasılığına bakıldığında, özellikle yağış iklimolojisi açısından Türkiye'nin en kurak bölgesi olan Güneydoğu Anadolu Bölgesinde oldukça yüksektir. Ayrıca Doğu Anadolu'nun Yukarı Fırat bölümünde, Tuz gölü havzası, Konya Bölümü hariç İç Anadolu'da, Akdeniz'in batısı, Ege'nin tamamı ile Orta Karadeniz'de olasılıklar yüksektir. Bunun dışındaki alanlarda olasılıklar ya da oluşum sıklıkları da düşüktür (Şekil 2e). Orta nemli sınıfı olasılıkları, özellikle Batı Karadeniz'in batısı, Marmara'nın doğusu ve güneyi ve Ege'nin doğusunda yüksektir. Bunun haricinde yine bakıldığında Taşeli platosunun iç kesimleri hariç Akdeniz'in tamamında, İç Anadolu'da ve Orta Karadeniz'de olasılıklar yüksektir. Diğer alanlarda ise olasılıklar düşüktür (Şekil 2f).

Normal sınıfa bakıldığında yukarıda sözü edilen her iki aşırı kurak ve nemli sınıfı olasılığının tersi bir durum yaşandığı gözlemlenir. Normal koşullar, aşırı (ekstrem) koşulların yaşandığı bölgelerin düşük olduğu (olasılıkların az olduğu) alanlarda meydana gelir ki bu durum yıl içinde yağışın düzenli olarak meydana geldiği yerleri ve ekstrem koşulların daha az yaşanacağı mevcut alanları ortaya çıkarır (Şekil 2a-b-g). Olasılık değerlerinin gauss dağılımına uyduğu düşünülürse normal koşulları yaşayan bölgelerin bu dağılımın merkezinde, ekstrem koşulları yaşayan bölgelerin ise dağılımın uç kısımlarında toplandığı görülür. Ayrıca olasılıkların bire yaklaştığında daha kararlı olacağı düşünülürse bu bağlamda elde edilen kuraklık sınıfı olasılıklarından normal sınıfının olasılıkları diğer sınıflara göre daha karardır. Frekans olasılığı meydana gelme sayısı ile ilişkili olduğu için bu durumda Türkiye'de en çok normal sınıfının yaşandığı görülür. Yağış iklimolojisi açısından bakıldığında Türkiye'de yılın neredeyse tamamında nemli (yağışlı) olan Rize ve çevresinde özellikle kuraklık ve nemlilik olasılıklarının düşük olduğu görülmekle birlikte normal olasılıkların kuvvetli olduğu fark edilir.

Uzak atmosfer bağlantılarının (NAO gibi) Türkiye'de ve Akdeniz havzasında yağış değişikliği ve değişkenliği üzerindeki etkisi yapılan birçok çalışma ile görülmüştür. Özellikle de Türkiye'de İç Anadolu bölgesi ve Akdeniz rejiminin etkili olduğu batı bölgeleri, bu uzak atmosfer bağlantılarının sinyallerine kuvvetli bir şekilde cevap vermektedir. Ayrıca Türkiye'deki kurak kış dönemlerinin NAO'nun kuvvetli olduğu pozitif döneme karşılık geldiği belirlenmiştir. Ancak bu ilişkiler yaz dönemlerinde zayıflamaktadır (Türkeş ve Erlat, 2003, 2005). Öte yandan Türkiye'de kışın yaşanan yağışlı (nemli koşullar), büyük olasılıkla kuzeydoğu Atlantik Kaynaklı orta enlem siklonlarının ve Akdeniz siklonlarının derinleşmesi ve daha güneye inmesi, buna karşılık subtropikal Azorlar antisiklonunun zayıflayarak alanının daralması ve güneye ve batıya kayması (bu durum NAO'nun negatif fazına denk gelir) ve alanını daralmasından dolayı Akdeniz

Havzasına ve güney Avrupa'ya daha fazla sıklıkla girmesi ve Türkiye'ye (özellikle batı bölgelerine) yağışlı ve nemli-ılıman koşulları taşımasıyla bağlantılıdır (Türkeş ve Erlat, 2006). Bu durumda bakıldığında ise çok-orta nemli ve normal koşulların özellikle Türkiye'nin Ege, Marmara ve Akdeniz bölgesinde görülme sıklığı daha yüksektir (Şekil2 d-f-g).

Bunun dışında, yazın oluşan kuraklıklar çoğunlukla Muson dolaşımının kuvvetlenerek kuzeybatı uzantısının Orta Doğu ve Türkiye'den doğu Avrupa'ya kadar etkili olduğu tropikal koşullarla ve/ya da subtropikal yüksek basınçların kuvvetlenmesi ve Muson-Azorlar bağlantısının kurulmasıyla oluşabilir. Böyle bir birleşik hava durumu tipinde ve böyle bir yaz anomalisinde Türkiye'nin kuzeydoğusu dışında genellikle batıda görece serin doğu ve güneydoğuda görece sıcak ve kuru koşullar oluşur. Bu bağlamda, özellikle Türkiye'nin doğu güneydoğusunda orta ve şiddetli kuraklıkların görülme olasılığı daha yüksektir (Şekil 2 c-e).

SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada, Palmer kuraklık şiddeti indisi değerleri kullanılarak kuraklık sınıflarının frekans olasılık desenleri elde edilmiştir. Çalışmada özellikle aşırı (ekstrem) olasılıkların etki alanlarının ya da diğer bir deyişle desenlerinin (paternlerinin) benzerlik sergilediği görülür. Bu durumda ise Türkiye'de aşırı koşulların özellikle bu alanlarda oluşması beklenilebilir. Bu desenlerin dışında kalan alanların ise normal sınıfı alanlarının olasılıklarının yüksek olduğu alanlara aşağı yukarı denk düştüğü görülmüştür. Ayrıca bütün kuraklık sınıflarının olasılıkları göz önüne alındığında normal sınıfının olasılığının daha yüksek olması Türkiye'de normal koşulların yaşanma olasılığının daha yüksek olduğunu gösterir.

Genel olarak bakıldığında yapılan bu çalışmanın sonuçları Türkiye'nin genel klimatolojisi ve yağış klimatolojisi ile uyum sağlamaktadır. Özellikle ülkemizde Güneydoğu Anadolu bölgesi kuraklığın en çok hissedildiği alandır ve orta-şiddetli kurak sınıfı olasılığının burada yüksek çıkması bu uyumu göstermektedir. Bunun dışında yağış klimatolojisi açısından Türkiye'nin en yağışlı yeri olan Rize ve çevresinde kurak koşulların hiç meydana gelmemesi ve normal sınıfının yüksek olması bu uyumun bir başka örneğidir.

Kuraklıklar, atmosferik sirkülasyondaki bozulmalardan, dalgalanmalardan meydana gelir ve yağışa bağlı olmasından (meteorolojik kuraklık) dolayı tahmin edilmesi oldukça zor ve karmaşıktır. Çünkü yağışın kaotik ve kompleks yapısı kendisinin tahmin edilmesini oldukça zorlaştırır. Kuraklık olasılıkları ve frekansları özellikle Türkiye gibi subtropikal alanlarda yağış klimatolojisi açısından yağışın yıl içinde homojen dağılmadığı, yıllararası ile mevsimler-arası yağış değişkenliğinin yüksek olduğu ve bundan dolayı da kurak alanlar ile dönemlerin oluştuğu ülkeler için planlama ve etki azaltması için önemli bilgiler ve ipuçları taşır.

KAYNAKLAR

- Akbaş, A. (2013). *Türkiye'de Palmer kuraklık indisine göre kuraklığın alansal ve zamansal değişiminin incelenmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, 93s. Çanakkale.
- Alley, W.M. (1984). "The Palmer Drought Severity Index: Limitations and assumptions", *Journal of Climate and Applied Meteorology* 23, 1100–1109.
- Chow, V. T., Maidment, D. R. ve Mays, L. R. (1988). *Applied Hydrology*, McGraw-Hill Inc., Newyork.
- Heim, R., Jr., (2002). *A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States*, American Meteorology Society.
- Işıldar, M. (2010). *Tarimsal kuraklık indisleri ile Ege bölgesi bazı illerinin mısır üretiminde olabilecek değişimlerin araştırılması*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Adnan Menderes Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, 92s. Aydın.
- Palmer, W.C., (1965). *Meteorological Drought Research Paper No. 45*. Office of Climatology U.S. Weather Bureau, Washington.
- Steinemann, A. C., Hayes M. J. ve Cavalcanti, L.F.N. (2005). "Drought Indicators and Triggers", *Drought and Water Crises: Science, Technology, And Management Issues* 86.
- Tatlı, H. (2013). "Statistical Complexity in Daily Precipitation of NCEP/NCAR Reanalysis over the Mediterranean Basin", *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.3673.
- Tatlı, H. ve Türkeş, M. (2011). "Empirical orthogonal function analysis of the Palmer drought indices", *Agricultural and Forest Meteorology* 151, 981-991.
- 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. ve 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. ve Sümer, U. M. (2004). "Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey", *Theoretical and Applied Climatology* 77, 195-227.
- Türkeş, M. ve 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. ve 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. ve Tatlı, H. (2010). “Kuraklık ve Yağış Etkinliği indislerinin Çölleşmenin Belirlenmesi, Nitelenmesi ve izlenmesindeki Rolü içinde” *Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 245-263, Çorum.
- Türkeş, M. ve Tatlı, H. (2011). “Palmer Kuraklık Şiddeti ve Standartlaştırılmış Yağış İndislerinin Türkiye Üzerinde Karşılaştırılması” *In: 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book*: 231-239. İstanbul Technical University, 27-29 April 2011, İstanbul – Turkey.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve 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., Akgündüz, A. S. ve Demirörs, Z. (2009). “Palmer Kuraklık İndisi’ne göre İç Anadolu Bölgesi’nin Konya Bölümü’ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti”, *Coğrafi Bilimler Dergisi* 7, 129-144.
- Thornthwaite, C.W., (1948). “An approach toward a rational classification of climates”, *Geophys. Rev.* 38, 55-94.
- Vural, L. (2010). *Ege bölgesi kurak dönem özelliklerinin araştırılarak kuraklık izleme ve erken uyarı modelinin oluşturulması*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Celal Bayar Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, 186s. Manisa
- Webb, R.W., Rosenweig, C.E. ve Levine, E.R., (2000). Global Soil Texture and Derived Water-Holding Capacities, Data set. Available on-line [<http://www.daac.ornl.gov>] from Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, U.S.A. doi:10.3334/ORNLDAAAC/548.
- Wilhite, D. A. ve Glantz, M. H. (1985). “Understanding the drought phenomenon: The role of Definitions”, *Water International* 10, pp. 111-120
- Wilhite, D.A. ve Buchanan Smith, M. (2005). *Drought as Hazard: Understanding the Natural and Social Context*, In: Wilhite, D. A. (Ed.), *Proceeding of Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp.3-29.
- Wilks, D.S. (1995). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences: An Introduction*. Academic Press: New York; 467.

