

Doğu Anadolu Bölgesi'nin Mevsimlik Kuraklık Analizi

Mehmet Ali ÇELİK (*)

İbrahim KOPAR (**)

Hüseyin BAYRAM (***)

Öz: Doğu Anadolu Bölgesi, Anadolu'nun yüksek ve dağlık bir bölgesidir. Kabaca doğu-batı doğrultusunda uzanan dağlar ve bunların arasında kalan dağarası havzalar, bölgenin fiziki coğrafya özellikleri bakımından çeşitlilik göstermesini sağlamıştır. Dağarası havzalarda ve tektonik kökenli depresyonlarda verimli tarım alanları yer alırken yüksek dağlar önemli birer otlak sahası durumundadır. Bu bağlamda bölge Türkiye'nin önemli bir tarım ve hayvancılık alanı olarak kabul edilebilir. Yapılan çalışmalarda ortaya çıkan göstergeler, kuraklığın tarımda verimliliği olumsuz etkilediğini ve hayvancılık için son derece önemli olan ot verimi ve otlakların biomas aktivitesini düşürdüğünü buna bağlı olarak mera alanlarında birincil üretimin (gross primary production) gittikçe azaldığını ortaya koymaktadır. Özellikle tarım ve hayvancılığı büyük ölçüde etkileyen mevsimlik kuraklığın takip edilmesi, kurak dönemlerin tespiti ve alınacak tedbirlerin büyük önemi bulunmaktadır. Bölgedeki 1967-2017 tarihlerini kapsayan 50 yıllık dönemde kuraklık eğilimini ortaya koyabilmek amacıyla Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) yönteminden yararlanılmıştır. SPI, kuraklıkları belirleme, değerlendirme ve izlemede, bir ülkenin ya da bölgenin kuraklık yönetimi ve kuraklıkla mücadele yeteneklerinin ve olanaklarının gelişmesinde etkili olan yöntemler arasında kabul edilmektedir. SPI analizlerinde bölgedeki toplam 14 ilin (Ağrı, Ardahan, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkâri, Iğdır, Kars, Malatya, Muş, Tunceli ve Van) meteorolojik verileri kullanılmıştır. Bu analizlere ilaveten Erinc, De Martonne, Aydeniz ve Thornthwaite'e göre iklim tasnifleri yapılmış ve bölgenin bugünden geriye uzun yıllık dönemde mevsimlik kuraklık durumu ortaya konulmuştur. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki illerin mevsimlik kuraklık analizlerinden ilginç sonuçlar elde edilmiştir. Nitekim Bingöl, Bitlis, Hakkâri ve Iğdır'da iklim, nemlilik eğilimi gösterirken Malatya, Elazığ, Tunceli, Van ve Kars'da mevsimlik anlamda ciddi kuraklık eğilimleri dikkat çekmektedir. Yine beklenenin aksine bölgede kış mevsimlerinin bile kurak geçebildiği belirlenmiştir. Nitekim bölge genelinde 1989 yılının aralık, ocak ve şubat ayları kurak dönem olarak tespit edilmiştir. Buna karşılık bölgede 2013 yılının kış döneminde nemli koşullar dikkati çekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu Bölgesi, Mevsimlik Kuraklık Analizi, Standartlaştırılmış Yağış İndisi, SPI, Thornthwaite Yöntemi.

*) Arş. Gör. Dr., Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü (eposta: mehmetalicelik@gmail.com)

**) Prof. Dr. Atatürk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü (eposta: ikopar@atauni.edu.tr)

***) Arş. Gör., Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü (eposta: huseynbayrm1985@gmail.com)

Seasonal Drought Analysis of Eastern Anatolia Region

Abstract: Eastern Anatolia Region is a high and mountainous region of Anatolia. The mountains extending roughly in the east-west direction and the interspersed basins between them have provided diversity in terms of physical geographical features of the region. Higher mountains are important grazing areas while fertile agricultural lands are located in the cradle basins and tectonic depressions. In this context, Turkey can be considered as a key area of agriculture and animal husbandry. Drought adversely affects crop productivity in agriculture and that gross yields and grassland biomass activity, which are extremely important for animal husbandry, are decreasing gross primary production. Especially following the seasonal drought that affects agriculture and animal husbandry largely, the determination of dry periods and the precautions to be taken are a big precaution. The Standardized Precipitation Index (SPI) method was used to reveal the trend of drought in the 50 years period covering 1967-2017 in the region. SPI is considered to be one of the effective ways of identifying, evaluating and monitoring drought, the development of the capabilities and capabilities of drought management and drought in an area or region. The meteorological data of 14 provinces (Ağrı, Ardahan, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkari, Iğdır, Kars, Malatya, Mus, Sırnak, Tunceli and Van) were used for SPI analysis. In addition to these analyzes, climate classifications were made according to Erinç, De Martonne, Aydeniz and Thornthwaite and seasonal drought situation was revealed in the long period. Interesting results have been obtained from the seasonal drought analysis of the Eastern Anatolia regions. As a matter of fact, while Bingöl, Bitlis, Hakkâri and Iğdır show climate, humidity tendency; In Malatya, Elazığ, Tunceli, Van and Kars seasonal drought tendencies are noteworthy. Again, it was determined that the winter season in the region can dry out. Thus, in december 1989, january, and february of the entire region were identified as arid periods. In the region corresponding to this, the humid conditions in the winter season of 2013 attract attention.

Keywords: Eastern Anatolia Region, Seasonal Drought Analysis, Standardized Precipitation Index, SPI, Thornthwaite Method.

Makale Geliş Tarihi: 15.04.2018

Makale Kabul Tarihi: 03.06.2018

I.Giriş

Kuraklık (*ing: drought*) meteorolojik karakterli ekstrem bir doğa olayıdır. Kuraklığın sosyal, çevresel ve ekonomik anlamda oldukça kapsamlı olumsuz etkileri bulunmaktadır (Karabulut, 2015). Kuraklığın şiddeti, süresi ve coğrafi yayılışı dikkate alındığında tek bir tanımı yoktur (Türkeş, 2014). Kuraklık tanımlanırken yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesine bağlı olarak arazi-su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi ve hidrolojik dengenin bozulmasına gönderme yapılmaktadır (BMÇMS, 1997; Tsakiris ve Vangelis, 2004; Türkeş, 2010, 2012; Allen vd. 2010; Stagge vd. 2015; Kızılelma ve Karabulut, 2016). Böylece kuraklık, iklimde meydana gelen bir değişiklik veya normal eğilimlerden fark edilecek ölçeklerde bir sapma olarak ifade edilebilir. Bu özelliği ile kuraklık çeşitli nedenlere bağlı gelişen ve nedeni *daimi* yağış azlığına bağlı kurak iklim (*ing: aridity*) tipinden farklıdır. Nitekim kuraklık olayında

topraktaki nem açığının oranı, süresi ve etkilenen alanın büyüklüğü kuraklığın şiddetini belirlemede en önemli veriler olarak görülmektedir (Şimşek, Asar ve Çakmak, 2007).

Türkiye'de kuraklığa yol açan temel faktörler arasında; atmosferik ve topoğrafik koşulların (yükselti, bakı, eğim vb.) rolü öne çıkmaktadır. Mevsimlik kuraklık sözü konusu olduğunda Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu bölgeleri önde gelen bölgeler arasında yerini korurken Doğu Anadolu'da da son yıllarda hissedilir derecede yağış azalmasına bağlı mevsimlik kuraklık eğilimi dikkat çekmektedir.

Doğu Anadolu Bölgesi hem verimli tarım alanları hem de geniş otlak alanları ile Türkiye'nin önemli tarım ve hayvancılık merkezi durumundadır. Bunda bölgenin jeomorfolojik karakterinin yeri büyüktür. Nitekim rölyefin değişkenleri (yükselti, bakı, eğim) sıcaklık, yağış, basınç, rüzgâr ve nem gibi olayların etkinlik derecesini denetlemektedir. Bu bağlamda bölge farklı bakı özellikleri gösteren devamlı aklanlara sahiptir. Ortalama yükseltisi 2000 m'yi aşan bölgede büyük kısmı plato özelliği gösteren düzlükler, derin yarılmış vadiler ve tektonik depresyonlar (Erzincan, Erzurum, Horasan, Iğdır, Başkale gibi) bulunmaktadır. İşte bölgenin kısa mesafede değişen morfolojik karakteri, farklı iklim koşulları ve dolayısıyla farklı tarımsal aktivite ve otlak verimiyle doğru orantılı bir üretim şekli olan tarım ve hayvancılık sektörünün bölgeyle özdeşleşmesini sağlamıştır. Ancak bölgede tarım ve hayvancılık faaliyetleri, doğal (kuraklık ve düzensiz yağışlarla ortaya çıkan sellenmeler) ve antropojen etkenler (hızlı ve düzensiz kentleşme, bilinçsiz arazi kullanımı, tarımsal ve hayvancılık girdi fiyatlandırılmalarındaki düzensizlikler) gibi faktörler yüzünden gittikçe önemini kaybetmektedir.

Kuraklığın tarımda verimliliği düşürdüğü bilinen bir gerçektir. Bu husus kurak koşullara bağlı olarak otlak ve meralardan yeterli ölçüde faydalanmayı engellemektedir. Nitekim zamanla biyolojik bir malzeme olarak biyokütle (biomas) çeşitliliği ve biyokütle enerji verimi düşmektedir. Özellikle mera alanlarında önemli bir risk olarak birincil üretimin (*gross primary production*) giderek azalması dikkat çekicidir. Bu ve buna benzer beşeri ve ekonomik nedenlerden dolayı kuraklık olgusunun takip edilmesi ve buna göre önlemlerin alınması gerekmektedir.

Aynı zamanda meteorolojik bir afet olarak kuraklığın canlı (flora, fauna ve insan) yaşamı üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirgenmesi için geçmişten bugüne kuraklığın şiddeti, frekansı ve etkileme süresiyle ilgili çeşitli analizlerin yapılması ve kuraklık eğilimlerinin önceden tahmin edilmesiyle mümkün olabilecektir.

Bu çalışmada Doğu Anadolu Bölgesi'nin uzun yıllar içindeki mevsimlik kuraklık eğilimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda Bölgedeki Ağrı, Ardahan, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkâri, Iğdır, Kars, Malatya, Muş, Tunceli ve Van meteoroloji istasyonlarından sağlanan verilerle Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) yöntemi ve Thornthwaite, De Martonne, Erinç, Aydoğan indislerinden yararlanılarak analizler yapılmıştır (Şekil 1). Elde edilen sonuçlara göre her ilin uzun yıllar içindeki kuraklık eğilimlerine dikkat çekilmiştir.



Şekil 1. Çalışma sahasının lokasyon haritası.

II. Veri ve Yöntem

Kuraklık olaylarını incelemek, izlemek ve tahminlerde bulunabilmek için, bilim insanları tarafından birçok yaklaşım ve yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan meteorolojik izleme ve tahminler için kullanılan Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) Yöntemi, kuraklıkları belirleme, değerlendirme ve takip etmede, bir ülkenin ya da bölgenin kuraklık yönetimi ve kuraklıkla savaşım yeteneklerinin ve olanaklarının gelişmesinde etkili olan yöntemler arasında kabul edilmektedir (Çelik ve Gülersoy, 2018). Nitekim bu çalışmada başta SPI olmak üzere Erinç, De Martonne, Aydeniz, Thornthwaite yöntemlerinden elde edilen bulgular kullanılarak mevsimlik ölçekte geniş bir bölgenin kuraklık analizleri yapılmıştır.

SPI esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilmektedir (McKee vd. 1993). Gerçekte indeksin hesaplanması yağışın 12 ay ve daha küçük periyotlarda normal dağılıma uymaması sebebiyle oldukça karmaşık olduğu için yağış dizileri öncelikle normal dağılıma uygun hale getirilmektedir. Sonuçta elde edilen SPI değerleri, yağış eksikliği ile lineer olarak artan ve azalan bir eğilim gösterir. SPI değerlerinin normalize edilmesi sonucu, seçilen zaman dilimi içerisinde hem kurak hem de nemli dönemler aynı şekilde temsil edilmiş olmaktadır. SPI değerleri ile yapılan kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanmaktadır (Tablo 1). İndeksin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indeksin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilmektedir (McKee vd. 1994).

$$SPI = (X_i - \bar{X}_i) / \sigma$$

SPI metoduyla kuraklık değişimi analizlerinin yapılabileceğine örnek olması açısından Delphi-V programlama dilinde SPI uygulama yazılımı geliştirilmiştir. Program 5 adet modülden oluşmaktadır (Turgu vd. 2003). Bu yazılım sayesinde tek ya da çoklu istasyon seçeneği ile aylık toplam yağış verileri kullanılarak geçmiş yıllara ait kuraklık analizi yapılabileceği gibi, ileriye dönük kuraklık tahmini de yapılabilmekte ve farklı kategorilerde kuraklık oluşumlarını sağlayan kritik yağış değerleri elde edilebilmektedir. Program, istenilen istasyon için 3, 6, 12 ve 24 ay bazında bunların herhangi bir kombinasyonu için kuraklık indeksinin zaman ve yüzde oluşumunu hesaplayabilmekte ve aynı zamanda farklı kuraklık şiddeti kategorilerinde analize imkân vermektedir (Kömüşçü vd. 1999, 2000, 2003).

Çalışmada kullanılan bir diğer yöntem ise, Thornthwaite iklim sınıflandırmasıdır (Thornthwaite, 1948). Bu metod dünyada en yaygın kullanılan iklim sınıflandırmalarından birisidir (Türkeş, 2011; Türkeş ve Deniz, 2011). Bu metoda göre, iklim tipleri aylık sıcaklık ve yağış verilerine göre belirlenmekte olup harfler ve semboller ile gösterilmektedir.

Erinç (1965) Kuraklık (Yağış Etkinliği) İndisi (I_m), yağış ve buharlaşma yoluyla su açığına neden olduğu kabul edilen ortalama maksimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) oranına dayanmaktadır: Eşitlikte P ; yıllık yağış toplamlarını (mm), T_{max} ; yıllık ortalama maksimum sıcaklıkların ($^{\circ}\text{C}$) uzun süreli ortalamalarını göstermektedir (Türkeş, 2005).

$$I_m = \frac{P}{T_{max}}$$

Çalışmada iklim sınıflamaları için kullanılan bir diğer eşitlik ise Aydeniz metodudur (DMİ, 1988). Bu formülasyonda, N_{ks} = nemlilik katsayısı Y = yağış (cm) N_n = nispi nem, S = sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), G_s = Gerçek Güneşlenme Süresi'nin o enlemdeki teorik güneşlenme süresine oranı (%) N_p = Nemli Periyod % si, N_{ks} değeri: 0.40'dan fazla olan ay sayısı 12'ye bölünerek bulunur. Aylık hesaplamada N_p yerine 12 konulur. $1/N_{ks}$ ile de Kuraklık Katsayısı (K_{ks}) bulunur (Şensoy, 2012).

$$N_{ks} = \frac{Y \times N_n}{S \times G_s + 15} \times N_p \text{ (yıllık)}$$

$$\text{Kuraklık Katsayısı} = K_{ks} = \frac{1}{N_{ks}}$$

De Martonne tarafından geliştirilen, indis, yağış ve sıcaklık özelliklerini dikkate alarak geliştirilmiştir. De Martonne'un iklim sınıflandırmasında diğer parametrelerin yanında sıcaklık ve yağış da dikkate alınmıştır (Şensoy, 2012).

Kuraklık ve iklim sınıflaması çalışmalarında kullanılan bir diğer indis De Martonne tarafından (1925) geliştirilmiştir. İndise göre P harfi mm cinsinden toplam yağışı, T ise $^{\circ}\text{C}$ cinsinden sıcaklığı göstermektedir. Buna göre De Martonne indisi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Baltas, 2007):

$$I_{DM} = \frac{P}{T+10}$$

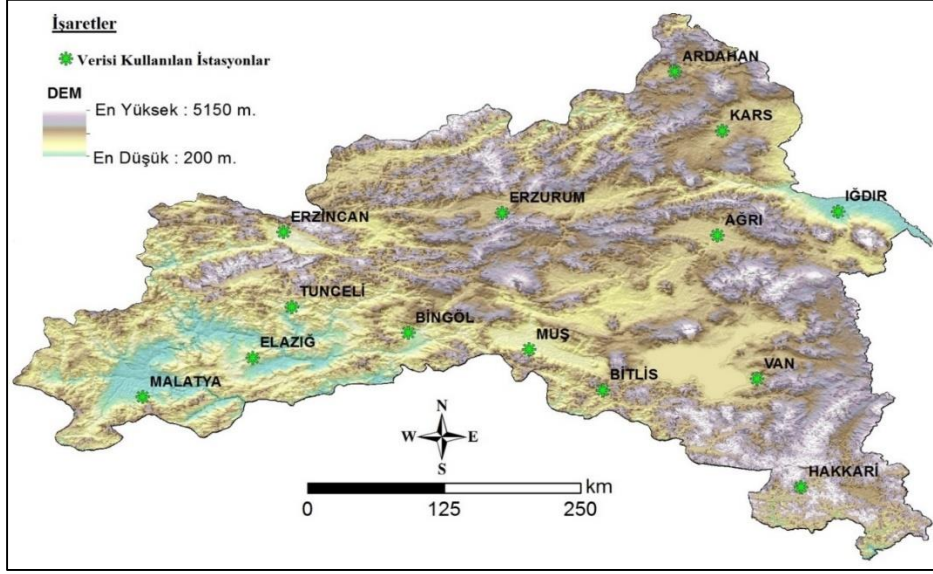
SPI, Erinç, De Martonne, Aydeniz, Thornthwaite yöntemlerinden her biri Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Ağrı, Ardahan, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkâri, Iğdır, Kars, Malatya, Muş, Sivas, Tunceli ve Van illerindeki meteoroloji istasyonlarının uzun yıllara ait rasat verileri kullanılarak her istasyon için ayrı ayrı uygulanmış ve kuraklık analizi yapılmıştır (Tablo 1, Şekil 2).

Tablo 1. Meteoroloji istasyonlarının kuruluş yeri yükseltisi ve koordinatları¹

No	İstasyon Adı	Yükseklik (m)	Enlem ve Boylam
1	Ağrı	1646	39.7 K - 43.0 D
2	Ardahan	1827	41.1 K - 42.7 D
3	Bingöl	1177	38.8 K - 40.5 D
4	Bitlis	1785	38.4 K - 42.1 D
5	Elazığ	989	38.6 K - 39.2 D
6	Erzincan	1154	39.7 K - 39.5 D
7	Erzurum	1869	39.9 K - 41.2 D
8	Hakkâri	1727	37.5 K - 43.7 D
9	Iğdır	856	39.9 K - 44.0 D
10	Kars	1777	40.6 K - 43.1 D
11	Malatya	950	38.3 K - 38.2 D
12	Muş	1322	38.7 K - 41.5 D
13	Tunceli	981	39.1 K - 39.5 D
14	Van	1675	38.4 K - 43.3 D

Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü.

¹ Şirnak'a ait uzun yıllık veri bulunmamaktadır.



Şekil 2. Meteoroloji istasyonlarının DEM verisi üzerindeki konumları.

III. Bulgular

Orta kuşağın ılıman iklim bölgesinde yer alan Türkiye'nin üç taraftan denizlerle çevrili olması ve kısa mesafelerde değişen rölyef özellikleri birçok ekosistem ve iklim tipinin oluşmasında belirleyici olmuştur (Çiçek, 2000; Kızıılma vd., 2015; Yılmaz ve Çiçek, 2016). Bu farklı iklim alanlarından biri de Doğu Anadolu Karasal İklim Bölgesi'dir. Bölgede karasal iklimin değişik alt tipleri ve farklı özelliklerinin varlığı da genel atmosfer ve konumsal koşulların denetiminde şekillenmektedir. Karasal iklim koşullarının tipik şekilde etkili olduğu bölgede kışlar soğuk ve yer yer kar yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçmektedir. Türkiye'nin diğer bölgelerine oranla bölgede, kış mevsimi koşulları erken başlamakta ve sıcaklıkların ani şekilde düşmesiyle kar'ın yerde kalma süresi de yükseltinin denetiminde uzamaktadır. Kış mevsimi gibi yaz mevsimi koşulları da yükseltinin kontrolünde şekillenmektedir. Özellikle sıcaklıkların yaz evresindeki değişimi 2000 m'den alçak kesimlerde ve özellikle depresyonlarda gittikçe daha belirgin hissedilmekte ve bu doğrultuda gece sıcaklıkları da tedrici biçimde yükselmektedir. Karasallığa dayalı bu durum nedeniyle bölgede gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı fazladır.

Bölgede en soğuk ay olan Ocak'ta ortalama sıcaklık -4.2°C iken sıcak dönemi temsil eden Temmuz ayında ortalama sıcaklık değeri 24.2°C 'dir (Şensoy vd., 2008). Çalışma alanının genelinde yıllık ortalama sıcaklık $9,9^{\circ}\text{C}$, ortalama yıllık toplam yağış ise $605,4$ mm'dir. Ertat, (1997)'a göre yağışların çoğu kış mevsimi başta olmak üzere ilkbahar mevsimi ile yaz mevsimi başlarında görülmektedir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı % 9,5'tur. Yıllık ortalama nispi nem % 60,2'dir. Bölge'nin özellikle Erzurum-Kars Bölümü ile Hakkâri Bölümü'nde kışlar çok sert geçmektedir. Bu alan

Doğu Anadolu Bölgesi'nde sıcaklık değerlerinin en düşük olduğu kesimdir. Bölgede minimum sıcaklıklar -40°C 'ye kadar düşmektedir. Buna karşılık Erzincan ve Malatya gibi depresyon etkisinde kalan yerlerde ortalama sıcaklık değerleri nispeten yüksek seyretmektedir (Tablo 2; Şekil: 3).

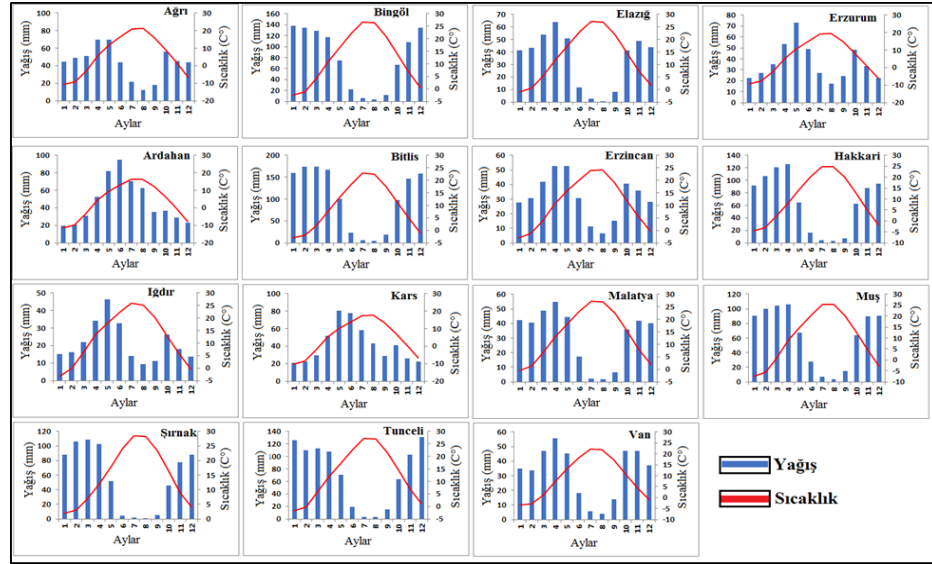
Tablo 2. Verisi kullanılan meteoroloji istasyonlarına ait yıllık ortalama maksimum, minimum ve yıllık ortalama sıcaklıklar ile yıllık ortalama toplam yağışlı gün sayısı ve yıllık toplam ortalama yağış miktarı.

İstasyon	Yıllık Ortalama Maksimum Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Yıllık Ortalama Minimum Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Yıllık Ortalama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Yıllık Ort. Toplam Yağışlı Gün Sayısı	Yıllık Toplam Yağış Miktarı (mm)
Ağrı	12,9	-0,5	6,2	118,2	523,8
Ardahan	10,7	-2,6	3,8	135,4	556,6
Bingöl	18,4	6,4	12,1	108,2	943,6
Bitlis	15,5	4,3	9,5	116,6	1225,7
Elazığ	18,9	7,5	13,1	95,3	409,5
Erzincan	17,2	4,6	10,9	100,3	373,5
Erzurum	11,9	-0,4	5,7	122,1	432,8
Hakkâri	15,3	5,3	10,3	94,6	782,7
Iğdır	18,9	5,4	12,1	83,7	258,6
Kars	11,5	-1,8	4,8	134,2	502,2
Malatya	18,9	8,3	13,6	88,0	376,4
Muş	15,8	4,0	9,8	11,6	764,5
Tunceli	19,4	6,7	12,8	102,2	862,6
Van	14,9	3,6	9,2	93,0	388,5

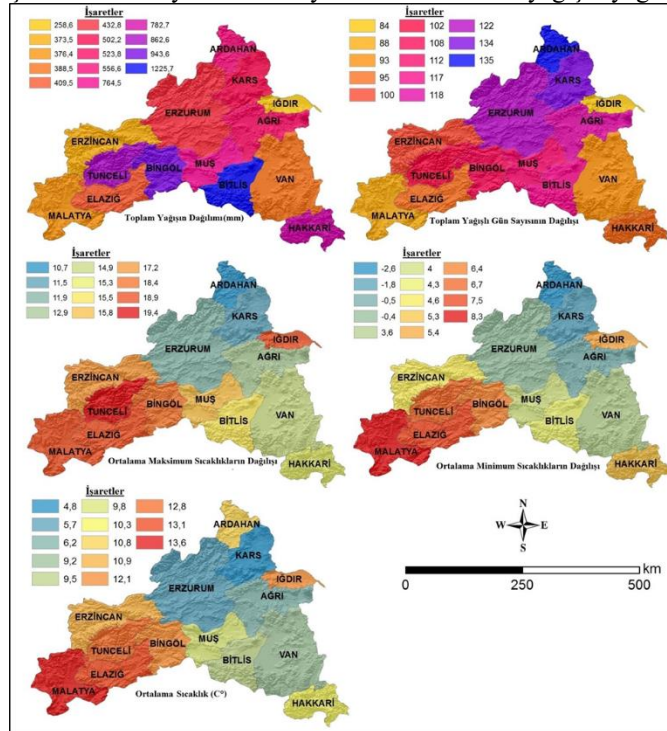
Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü.

Uzun yıllık ortalamaları kapsayan ve yağış ile sıcaklığın aylık değişiminin gösteren diyagramlara göre Erzurum-Kars Bölümü'ndeki Ardahan ve Kars illeriyle Yukarı Murat-Van Bölümü içindeki Iğdır ili ile Yukarı Fırat Bölümü içinde kalan Erzincan ilinde ilkbahar yağışlarının önemi artmaktadır. Buna karşılık kış ve sonbahar yağışları ikinci sırada yer tutmaktadır. Bu illerde konveksiyonal yağışların etkisiyle yazın alınan yağış miktarının görece şekilde yüksek olmasını sağlamaktadır.

Bölgedeki diğer tüm illerde kış ve sonbahar mevsimlerinde düşen yağışların diğer mevsimlere göre daha yüksek bir paya sahip olduğu görülmektedir. Yaz döneminde özellikle Bingöl, Bitlis, Elazığ, Malatya, Muş, Hakkâri, Şırnak ve Tunceli'de sıcaklıkların hayli yüksek seyrettiği ve buna karşılık yağışların dikkati çekecek miktarda azaldığı fark edilmiştir (Şekil 3-4). Sıcaklık ve yağışın değişimine bakarak yaz yağışlarının önemsiz olduğu yerlerde su noksanlığına bağlı yaz kuraklığı görülebileceği söylenebilir.



Şekil 3. Çalışma sahasında yer alan istasyonların sıcaklık ve yağış diyagramları.



Şekil 4. Çalışma alanındaki illerin ortalama sıcaklık (°C), ortalama maksimum ve minimum sıcaklıklar ile toplam yağış (mm) ve yağışlı gün sayılarının dağılışı.

Sıcaklık ve yağışlarla ilgili bu değerlendirmelerin ışığında mevsimlik kuraklık analizlerinde isabetli yaklaşımlar yapabilmek için aşağıda öncelikle bölgedeki illerin iklim sınıflandırmalarındaki yeri belirlenmiş ardından da analizler doğrultusunda nemlilik ve kuraklık eğilimlerinde artış görülen istasyonlar ile durumu daha stabil (dengeli) illerde meydana gelen kuraklık ve nemlilik durumları üzerine bazı tespitlere yer verilmiştir.

A. İklim Sınıflandırmalarındaki yerine Göre İllerin İklim Tipleri

Doğu Anadolu Bölgesi'nin Standartlaştırılmış Yağış İndisi ile mevsimlik kuraklık eğilimlerine dair gerçek durumlar ve geleceğe dair öngörüler yapılabilmesi amacıyla kuraklık analizi yapılan ilin öncelikle nemli ya da kurak iklim tipinden hangisinin egemen olduğunun bilinmesi önemlidir. Bu doğrultuda her il için Aydeniz, Erineç, De Martonne ve Thornthwaite'den oluşan iklim tasnif yöntemleri uygulanmıştır (Tablo 3).

Ağrı İli: Aydeniz Yöntemi'ne göre yapılan sınıflandırmada ilin genelini temsil ettiğini düşündüğümüz, yarı nemli (*Kuraklık Katsayısı: 0,56*) bir iklim tipi ortaya çıkarken; Erineç'e göre nemli (*Yağış Etkinlik İndisi: 42,47*), De Martonne'a göre step-nemli arası bir iklim (*Kuraklık İndisi: 18,03*) ve Thornthwaite'a göre de yarı nemli (*İklim Sınıfı: C2,B'1,s2,b'2*) bir iklim görülmektedir.

Ardahan ili: Aydeniz'e göre yapılan sınıflandırmada nemli (*Kuraklık Katsayısı: 0,50*), Erineç'e göre yapılan tasnifte Aydeniz'de olduğu gibi nemli (*Yağış Etkinlik İndisi: 48,94*), De Martonne'a göre oluşan sınıflandırmada yarı nemli (*Kuraklık İndisi: 20,28*) ve Thornthwaite'a göre yapılan tasnifte de yine yarı nemli (*İklim Sınıfı: C2,C'2,r,b'2*) bir iklim sonucu elde edilmiştir (Tablo 3).

Bingöl İli: Bingöl'de iklimin nemli karakteri daha baskındır (Tablo 3). Nitekim Bingöl'de, Aydeniz'e (*Kuraklık Katsayısı: 0,60*) ve De Martonne'a göre yarı nemli (*Kuraklık İndisi: 22,92*) buna karşılık Erineç (*Yağış Etkinlik İndisi: 51,60*) ve Thornthwaite'a göre ise nemli (*İklim Sınıfı: B2,B'2,s2,b'2*) bir iklim tipi görülmektedir.

Bitlis İli: iklim sınıflandırmaları esas alındığında Doğu Anadolu Bölgesi'nin belki de en nemli ili olarak dikkat çekmektedir. Nitekim Bitlis, Aydeniz'e (*Kuraklık Katsayısı: 0,30*) ve De Martonne'a göre nemli (*Kuraklık İndisi: 33,09*) Erineç'e (*Yağış Etkinlik İndisi: 79,57*), ve Thornthwaite'a (*İklim Sınıfı: A,B'1,s2,b'2*) göre de çok nemli bir iklim sınıfında yer almaktadır (Tablo 3).

Elazığ İli: Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki tüm iller içerisinde kuraklık eğilimi artan Elazığ'ın, yapılan iklim tasniflerinde nemli iklim grubu içinde yer alamadığı görülmektedir. Nitekim Aydeniz'e göre Elazığ'da kurak (*Kuraklık katsayısı 1,47*) Erineç'e göre step-yarı kurak (*Yağış Etkinlik İndisi 21,96*), De Martonne'a göre step-nemli arası (*Kuraklık İndisi 10,38*) ve Thornthwaite'a göre de yarı kurak (*İklim Sınıfı D,B'2,s,b'2*) iklim tipi tespit edilmiştir.

Erzincan İli: İklimsel karakter bakımından Elazığ'ın sahip olduğu koşullara benzer özellikler gösteren Erzincan ili, Aydeniz'e göre kurak (*Kuraklık Katsayısı: 1,16*), Erineç'e

göre step-yarı kurak (*Yağış Etkinlik İndisi: 22,01*), De Martonne'a göre step-nemli arası (*Kuraklık İndisi: 10,47*) ve Thornthwaite'a göre de yarı kurak (*İklim Sınıfı: D,B'1,d,b'2*) iklim sınıfları içinde yer almıştır.

Erzurum İli: Aydeniz'e göre yarı nemli (*Kuraklık Katsayısı: 0,72*) bir iklime sahip olan Erzurum ili, Erinç'e göre yarı nemli (*Yağış Etkinlik İndisi: 34,06*), De Martonne'a göre step-nemli arası (*Kuraklık İndisi: 14,69*) ve Thornthwaite'a göre Yarı Kurak-az nemli (*İklim Sınıfı: C1,C'2,s,b'2*) iklim sınıfında yer almaktadır. Bu durum Erzurum'un kurak koşulları daha belirgin illere göre nispeten nemli iklime sahip ya da nemlilik durumu stabil kalabilen bir il olduğunu göstermektedir.

Hakkâri İli: Genel bir eğilim olarak nemli iklim özelliklerinin hâkim olduğu görülmektedir. Ancak sadece Aydeniz'e göre yapılan sınıflandırmada ilin iklim tipi yarı kurak (*Kuraklık Katsayısı: 0,75*) olarak belirlenmiştir. Diğer iklim sınıflandırmalarından Erinç'e göre Hakkâri ili nemli (*Yağış Etkinlik İndisi: 50,75*), De Martonne'a göre yarı nemli (*Kuraklık İndisi: 20,38*), Thornthwaite'a göre ise nemli (*İklim Sınıfı: B1,B'1,s2,b'2*) iklim sınıfında yer almaktadır.

Iğdır İli: Şehrin Sürmeli Depresyonu içinde 880 m ortalama yükseltiyeye sahip izole bir konumda kurulmuş olması iklim tipi bakımından kurak-yarı kurak koşullar egemen bir iklime sahip olmasında etkili olmuş olmalıdır. Nitekim Aydeniz'e göre çok kurak (*Kuraklık Katsayısı: 2,08*) iklim şartlarının etkili olduğu Iğdır'da, Erinç'e göre kurak (*Yağış Etkinlik İndisi:13,16*), De Martonne'a göre step-yarı kurak (*Kuraklık İndisi: 7,09*) ve Thornthwaite'a göre de yarı kurak (*İklim Sınıfı: D,B'2,d,b'2*) iklim tipi görülmektedir.

Kars İli: İklim yıllarında gittikçe ciddi anlamda yağış yetersizliği görülen Kars ilinde önceleri nemli bir iklim tipinin egemen olduğu fakat uzun yıllık ortalamalar esas alındığında Kurak-yarı nemli iklim konumunda bir süre daha devam edeceği anlaşılmaktadır (Tablo 3). Gerçekten iklim tasniflerine göre Kars'ta Aydeniz (*Kuraklık Katsayısı: 0,52*) ve De Martonne tasnifine göre yarı nemli (*Kuraklık İndisi: 39,02*) iklim tipi görülürken, Erinç'e göre step-nemli arası (*Yağış Etkinlik İndisi: 16,40*) bir iklim ve Thornthwaite'a göre de yarı kurak-az nemli (*İklim Sınıfı: C1,C'2,d,b'2*) iklim tipinin etkili olduğu tespit edilmiştir.

Malatya ili: Malatya ilinde Elâzığ ilinin iklimsel koşullarına benzer şekilde kuraklık riski söz konusu olup; hiçbir tasnifte nemli iklime özgü bulgulara rastlanmamıştır (Tablo 3). Bu durum Malatya'nın depresyonal etkilerin denetiminde kaldığına bir işaret sayılabilir. Uzun bir zaman dilimine yayılmış şekilde sıcaklıklardaki ciddi artışa paralel olarak yağış tutarlarındaki yetersizliği kuraklığın habercisi olarak görmek olasıdır. Nitekim uzun yıllık verilerin ışığında Malatya, Aydeniz (*Kuraklık Katsayısı:1,36*) ve De Martonne'a göre kurak (*Kuraklık İndisi: 9,73*) iklim tipine sahip iken Erinç'e göre step-yarı kurak (*Yağış Etkinlik İndisi: 20,75*) ve Thornthwaite'a göre de yarı kurak (*İklim Sınıfı: C1,C'2',d,b'2*) bir iklim özelliği göstermektedir.

Muş ili: İklim tasniflerinden ulaşılan sonuçlara göre Muş'ta Aydeniz'e (*Kuraklık katsayısı 0,58*) ve De Martonne'a göre yarı nemli (*Kuraklık İndisi: 20,68*) iklim tipi görülürken Erinç'e (*Yağış Etkinlik İndisi:48,40*) ve Thornthwaite'a göre de nemli (*İklim Sınıfı B1,B'1,s2,b'2*) iklim tipi egemendir.

Tablo 3. Çalışma alanında yer alan meteoroloji istasyonlarının Aydeniz, Erinc, De Martonne ve Thornthwaite metotlarına göre iklim sınıflandırması.

İstasyon/İklim Sınıflandırması		AĞRI	ARDAHAN	VAN	BİNGÖL	BİTLİS	ELAZIĞ
AYDENİZ	KA	0,56	1,47	0,79	0,60	0,30	1,47
	İklim Tipi	Yarı Nemli	Kurak	Yarı Kurak	Yarı Nemli	Nemli	Kurak
ERİNÇ	YEİ	42,47	26,39	32,90	51,60	79,57	21,96
	İklim Tipi	Nemli	Yarı Nemli	Yarı Nemli	Nemli	Çok Nemli	Step-Yarı Kurak
DE MARTONNE	Kİ	18,03	11,43	14,33	22,92	33,09	10,38
	İklim Tipi	Step-Nemli Arası	Step-Nemli Arası	Step-Nemli Arası	Yarı Nemli	Nemli	Step-Nemli Arası
THORNTHWAITTE	İklim Sınıfı	C2,B'1,s2, b'2	C1,B'1,s,b'2	C1,C'2, s,b'2	B2,B'2,s2, b'2	A,B'1,s2,b'2	D,B'2,s,b'2
	İklim Tipi	Yarı Nemli	Yarı Kurak-Az Nemli	Kurak-Az Nemli	Nemli	Çok Nemli	Yarı Kurak
İstasyon/İklim Sınıflandırması		ERZİNCAN	ERZURUM	HAKKÂRİ	İĞDIR	KARS	MALATYA
AYDENİZ	KA	1,16	0,72	0,75	2,08	0,52	1,36
	İklim Tipi	Kurak	Yarı Nemli	Yarı Kurak	Çok Kurak	Yarı Nemli	Kurak
ERİNÇ	YEİ	22,01	34,06	50,75	13,16	39,02	20,75
	İklim Tipi	Step-Yarı Kurak	Yarı Nemli	Nemli	Kurak	Yarı Nemli	Step-Yarı Kurak
DE MARTONNE	Kİ	10,47	14,69	20,38	7,09	16,40	9,73
	İklim Tipi	Step-Nemli Arası	Step-Nemli Arası	Yarı Nemli	Step-Yarı Kurak	Step-Nemli Arası	Step-Yarı Kurak

THORNTHWAI TE	İklim Sınıfı	D,B'1,d,b'2	C1,C'2,s,b'2	B1,B'1, s2,b'2	D,B'2,d,b'2	C1,C'2,d, b'2	D,B'2,s,b'2
	İklim Tipi	Yarı Kurak	Yarı Kurak- Az Nemli	Nemli	Yarı Kurak	Yarı Kurak-Az Nemli	Yarı Kurak
İstasyon/İklim Sınıflandırması		MUŞ	TUNCELİ	<p style="text-align: center;">Kısaltmalar: KA: Kuraklık Katsayısı YEİ: Yağış Etkinlik İndisi Kİ: Kuraklık İndisi</p>			
AYDENİZ	KA	0,58	0,72				
	İklim Tipi	Yarı Nemli	Yarı Nemli				
ERİNÇ	YEİ	48,40	42,56				
	İklim Tipi	Nemli	Nemli				
DE MARTONNE	Kİ	20,68	19,00				
	İklim Tipi	Yarı Nemli	Step-Nemli Arası				
THORNTHWAI TE	İklim Sınıfı	B1,B'1,s2, b'2	B1,B'2,s2,b'2				
	İklim Tipi	Nemli	Nemli				

Tunceli ili: Muş ilinde son yıllarda yağış miktarındaki azalma eğilimi Tunceli'de de dikkat çekici şekilde görülmeye başlamıştır. Bu durum nemli bir iklimden hızla yarı nemli iklime eğilimi göstermektedir. Tunceli ili için yapılan iklimlendirmelerde Aydeniz'e göre yarı nemli (*Kuraklık Katsayısı: 0,72*), Erinç'e (*Yağış Etkinlik İndisi: 42,56*) ve Thornthwaite'a göre nemli (*İklim Sınıfı: B1,B'2,s2,b'2*) iklim tipleri öne çıkarken tasniflemede ilginç şekilde De Martonne'a göre step-nemli arası (*Kuraklık İndisi: 19,00*) bir iklim tipine de ulaşılmıştır.

Van ili: Son olarak iklim tasnifinde Van ilinin özelliklerine yer verilmiştir. Kurak-nemli iklim arasında iklime sahip olan Van ilinde Aydeniz'e göre kurak (*Kuraklık Katsayısı: 1,47*), Erinç'e göre yarı nemli (*Yağış Etkinlik İndisi: 26,39*) De Martonne'a göre step-nemli arası (*Kuraklık İndisi: 11,43*) ve Thornthwaite'a göre de yarı kurak- az nemli (*İklim Sınıfı: C1,B'1,s,b'2*) iklim tiplerine ulaşılmıştır.

B. Nemlilik Eğiliminde Artış Olan İller

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) analizlerinden elde edilen bulgulara göre Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki bazı illerin ikliminde mevsimlik kuraklık eğilimi gösterdiği bazılarında da nemlilik eğiliminde artış olduğu tespit edilmiştir. Değerlendirilen illerde 1967-2017 yılları arasında kuraklık ve nemlilik durumundaki eğilimleri ortaya koyan sonuçlar analitik bir bakışla ele alınmıştır. Buna göre bölgedeki 14 ilden sadece 4'ünde

(Bingöl, Bitlis, Hakkâri ve Iğdır) nemlilik eğiliminde artış gözlenmiştir (Tablo 5). Bir genelleme yapılacak olursa sayılan illerde tüm mevsimler için belirgin bir nemlilik eğilimi mevcuttur. Bu illerde nemli dönem eğilimi en yüksek mevsim ilkbahar olup bunu yaz mevsimi izlemektedir.

Tablo 4. Nemlilik eğiliminde artış olan istasyonların son 50 yıldaki (1967-2017) SPI ortalamaları ve mevsimlik nemli-kurak dönem frekansları.

İSTASYON	FREKANSLAR	MEVSİMLER			
		İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
BİNGÖL	Ortalama	0,08	0,02	0,36	0,38
	Nemli Dönem Frekansı	15	20	18	16
	Kurak Dönem Frekansı	14	18	10	10
BİTLİS	Ortalama	0,42	0,06	0,4	0,06
	Nemli Dönem Frekansı	22	18	18	17
	Kurak Dönem Frekansı	8	14	9	17
HAKKÂRİ	Ortalama	0	0,06	0,14	0,16
	Nemli Dönem Frekansı	16	19	16	12
	Kurak Dönem Frekansı	16	16	15	17
IĞDIR	Ortalama	0,16	-0,1	0,2	0,14
	Nemli Dönem Frekansı	15	13	16	15
	Kurak Dönem Frekansı	10	17	13	15

Bingöl’de sonbahar ve kış mevsimleri kuraklık frekansının en az olduğu dönemlerdir. Nitekim sonbaharda 18, kışın 16, ilkbahar’da 15 ve yazın 20 nemli dönem tespit edilmiştir. Buna mukabil son 50 yılın sonbahar ve kış mevsimlerinde yalnızca 10’ar kurak dönem olduğu görülmektedir. Genel olarak Bingöl’de, sonbahar ve kış mevsimlerinde nemlilik eğiliminin arttığı izlenmektedir. Gelecek yıllar için Bingöl’de şiddetli kuraklık riski öngörülmemektedir. Yapılan iklim sınıflamaları sonucuna bakarak hâlihazırda nemli iklim özellikleri gösteren Bingöl’ün, gelecekte nemli iklime özgü koşulları sürdüreceği anlaşılmaktadır.

Bitlis’te tüm mevsimlerde genel bir nemlilik eğilimi mevcuttur. İlkbahar nemlilik frekansının en fazla olduğu mevsim olup; bu dönemde 22 nemli dönem görülürken, yalnızca 8 kurak dönem olmuştur. Bu görünüm Bitlis’te ilkbahar mevsiminde nemlilik eğiliminin beklenenin üzerinde gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Yaz mevsimine gelince çalışılan devre içinde 18 nemli, 14 kurak dönem meydana gelmiştir. İlde sonbahar mevsimi ilkbahar’dan sonra kuraklık frekansının en az olduğu dönemdir. Nitekim sonbahar içindeki aylarda sadece 9 kurak dönemin yaşandığı görülmektedir. Aşırı kar yağışlarının görüldüğü ilde kışın tüm devreler için 17 nemli, 17 kurak dönem tespit edilmiştir. Bitlis’te geçiş dönemleri (ilkbahar ve sonbahar) nemlilik frekansının en yüksek olduğu dönem olarak dikkat çekmektedir. Gelecekte Bitlis’te kuraklık eğilimi öngörülmemiştir. Aksine artan bir nemlilik durumu söz konusudur. Bu arada Bitlis Doğu Anadolu Bölgesi’nin en yüksek nemlilik derecesine sahip ilidir. Bu durum Bitlis’in yıllık

toplam yağış miktarı (1226 mm) ve ortalama yıllık yağışlı gün sayısının (117 gün) diğer illere göre iki misli fazla olmasına bakarak da anlaşılabilir.

Bingöl ve Bitlis'in içinde yer aldığı ve nemlilik eğiliminde artış olan illerden Hakkâri'de yaz (19 nemli; 16 kurak dönem) ve Iğdır'da sonbahar'da (16 nemli; 13 kurak dönem) net şekilde nemlilik artışı gözlemlenmiş, diğer mevsimlerde her iki il için geneli itibarıyla nemli dönemlerin artış eğiliminde olduğu ancak Iğdır'da özellikle yaz kuraklıklarının nemli dönemlere karşı daha fazla sayıda (13 nemli; 17 kurak dönem) olduğu bir istisna olarak ortaya çıkmıştır.

C. Kuraklık Eğiliminde Artış Olan İller

Standartlaştırılmış Yağış İndisi analizi bulgularına göre 1967-2017 yılları arasındaki son 50 yıllık dönem içerisinde Elazığ, Malatya, Tunceli, Van ve Kars illerinde belli dönemler daha belirgin olmakla beraber genel bir kuraklık eğilimi tespit edilmiştir. Nitekim Elazığ'da sonbahar mevsimi dışında genel olarak artan bir kuraklık eğilimi söz konusudur. İl'de sonbahar'da 20 nemli, 20 kurak dönem yaşanmış olup; ilkbahar'da 15 nemli, 17 kurak dönem etkili olmuştur. Yaz'ın ise 15 nemli 15 kurak dönemin kaydedildiği Elazığ'da kış, en düşük nemli dönemlere sahip mevsim olarak dikkat çekmektedir. Kış mevsimi boyunca 11 nemli, 16 kurak dönem tespit edilmiştir. Bir genelleme yapılacak olursa, Elazığ'da sonbahar nemlilik eğilimi gösteren bir evredir. Buna karşılık ilkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde genel bir kuraklık eğilimi vardır. Önceki çalışmalarda da Türkiye için bilhassa kış mevsiminin kurak eğilime sahip bir dönem olduğu ifade edilmiştir (Türkeş ve Erlat, 2003; Gönençgil ve İçel, 2010). Analizlerde Elazığ istasyonunda kış mevsiminin kurak eğilimli çıkması durumunun ciddiyetini bir kere daha doğrulamıştır. Toplam yağış miktarının neredeyse 1/3'ünü kış mevsiminde alan Elazığ'da, yağışların yetersiz kalması ve kuraklığa işaret sayılabilecek hâlihazırda 410 mm olan yıllık toplam yağış miktarının ilerleyen yıllarda daha da düşeceği tahmin edilmektedir.

Malatya'da nemlilik eğiliminde yaz ve sonbahar mevsimleri öne çıkmaktadır. İlkbahar mevsiminde nemli ve kurak dönemlerde denge hali bulunurken kış mevsiminde yüksek kuraklık eğilimi göze çarpmaktadır. Nitekim sırayla analiz edildiğinde sonbaharda 18 nemli, 15 kurak dönem, kış mevsiminde 10 nemli, 17 kurak dönem, ilkbaharda da 15 nemli, 18 kurak dönem ve yaz mevsiminde 18 kurak, 15 nemli dönemin varlığı tespit edilmiştir. Eğilimlerden yola çıkıldığında gelecekte Malatya'da kuraklığın önemli bir sorun oluşturabileceği düşünülmüştür.

Tunceli'de genel olarak bir kuraklık eğilimi söz konusudur. Analiz edilen yıllarda sonbaharda 15 nemli, 19 kurak, ilkbaharda 8 nemli, 19 kurak, kışın 10 nemli, 19 kurak, yazın 11 kurak, 11 nemli dönem tespit edilmiştir (Tablo 5). Bu veriler doğrultusunda Tunceli'de tüm mevsimlerde kuraklık eğilimi görülmesi gelecek yıllarda önemli iklimsel riskleri de beraberinde getirebilir.

Van'da sonbahar'da 14 nemli, 13 kurak, ilkbaharda 16 nemli, 16 kurak, kışın 14 nemli, 17 kurak ve yazın 15 nemli, 16 kurak dönem tespit edilmiştir. Bulgulara bakarak Van'da sonbahar ve kış dönemlerinde eğilimin kuraklıktan yana olduğu görülmektedir. Bununla birlikte diğer mevsimlerde nemlilik-kuraklık bakımından nispeten dengeli bir

eğilim izlenmiştir. Gelecekte benzer eğilimlerin aşağı yukarı bu doğrultuda devam edeceği söylenebilir.

Tablo 5. Kuraklık eğiliminde artış olan istasyonların son 50 yıldaki (1967-2017) SPI ortalamaları ve mevsimlik nemli-kurak dönem frekansları.

İSTASYON	FREKANSLAR	MEVSİMLER			
		İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
ELAZIĞ	Ortalama	-0,22	-0,06	0,22	-0,3
	Nemli Dönem Frekansı	15	15	20	11
	Kurak Dönem Frekansı	17	15	20	16
MALATYA	Ortalama	-0,18	0,18	-0,12	-0,4
	Nemli Dönem Frekansı	15	15	18	10
	Kurak Dönem Frekansı	18	15	15	17
TUNCELİ	Ortalama	-0,4	-0,06	-0,12	-0,5
	Nemli Dönem Frekansı	8	11	15	10
	Kurak Dönem Frekansı	19	11	19	19
VAN	Ortalama	0	0	-0,08	-0,06
	Nemli Dönem Frekansı	16	15	14	14
	Kurak Dönem Frekansı	16	16	13	17
KARS	Ortalama	-0,16	-0,22	0,18	-0,24
	Nemli Dönem Frekansı	14	14	15	13
	Kurak Dönem Frekansı	18	20	12	14

Kars'ta; sonbaharda 15 nemli, 12 kurak, kışın 13 nemli, 14 kurak, ilkbaharda, 14 nemli, 18 kurak ve yazın 14 nemli, 20 kurak dönem tespit edilmiştir. Görüldüğü üzere yaz mevsimlerinde kurak dönemlerin artış eğiliminin çok belirgin olduğu buna karşılık kış ve ilkbaharda da ibrenin kuraklığı gösterdiği tespit edilmiştir. Değerlendirme dönemi içinde iklimin nemli özellikler gösterdiği tek mevsimin sonbahar olduğu görülmüştür. Yağış verilerine göre sonbaharda yağış ve nem durumunda genel olarak bir artış eğilimi söz konusudur.

D. Çalışma Alanında Yer Alan Diğer İstasyonların (Erzurum, Ardahan, Erzincan, Muş) Kuraklık ve Nemlilik Eğilimleri

Erzurum'da sonbaharda 15 nemli, 11 kurak, ilkbaharda 17 nemli, 15 kurak, yazın 16 nemli, 18 kurak, kışın 14 nemli, 20 kurak dönem tespit edilmiştir. Bu bulgulara göre yaz ve kış mevsimlerinde kuraklık, ilkbahar ve sonbaharda nemlilik eğilimi görülmektedir.

Ardahan'da ilkbaharda 23 nemli, 12 kurak; yazın 18 nemli, 12 kurak, sonbaharda, 14 nemli, 14 kurak ve kışın 16 nemli, 18 kurak dönem tespit edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde; Ardahan'da tüm yıllar için sonbahar mevsimlerinde nemli ve kurak evreler bakımından dengeli fakat kış dönemlerinde kuraklık eğilimi artmaktadır. Buna karşılık ilkbahar ve yaz dönemlerinde ise nemlilik eğilimi vardır.

Tablo 6. Erzurum, Ardahan, Erzincan, Muş ve Ağrı istasyonlarının son 50 yıldaki (1967-2017) SPI ortalamaları ve mevsimlik nemli-kurak dönem frekansları.

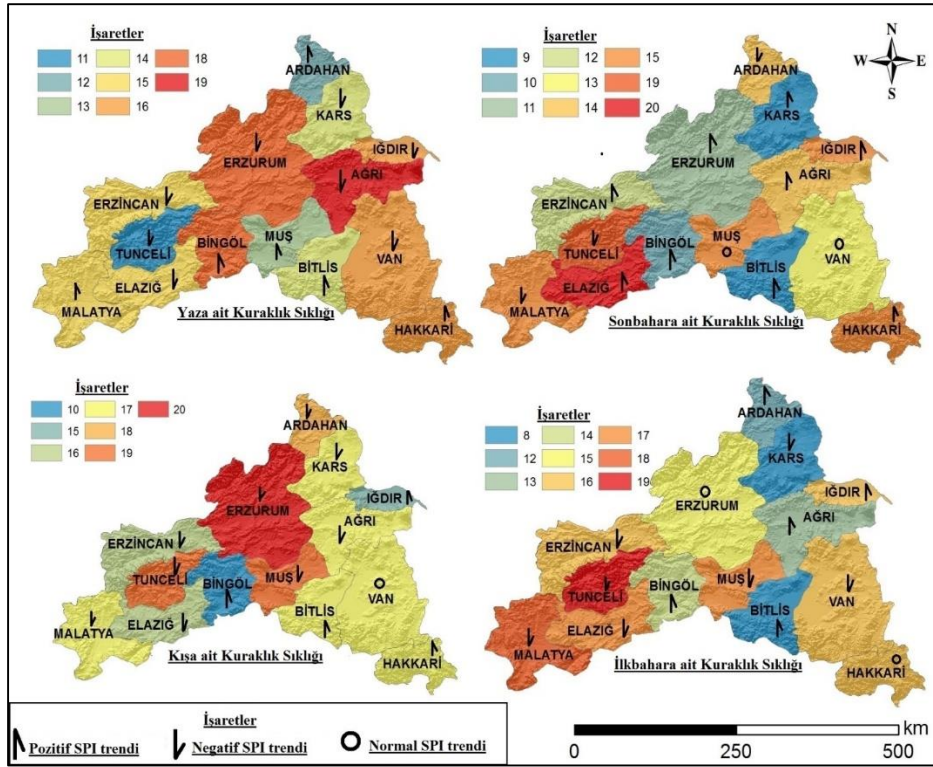
İSTASYON	FREKANSLAR	MEVSİMLER			
		İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
ERZURUM	Ortalama	0	-0,2	0,24	-0,08
	Nemli Dönem Frekansı	17	16	15	14
	Kurak Dönem Frekansı	15	18	11	20
ARDAHAN	Ortalama	0,22	0,12	-0,02	-0,22
	Nemli Dönem Frekansı	23	18	14	16
	Kurak Dönem Frekansı	12	12	14	18
ERZİNCAN	Ortalama	-0,02	-0,04	0,24	-0,32
	Nemli Dönem Frekansı	16	15	18	13
	Kurak Dönem Frekansı	16	15	12	16
MUŞ	Ortalama	-0,3	0,1	0	-0,34
	Nemli Dönem Frekansı	12	16	15	13
	Kurak Dönem Frekansı	17	13	15	19
AĞRI	Ortalama	0,14	-0,08	0,18	-0,16
	Nemli Dönem Frekansı	18	15	16	13
	Kurak Dönem Frekansı	13	19	14	17

Erzincan'da sonbahar dönemi dışında özellikle kışın kendini gösteren bir kuraklık eğilimi vardır. Nitekim son 50 yılda; sonbaharda 18 nemli, 12 kurak dönem tespit edilmiştir. Buna karşılık ilkbaharda 16 nemli, 16 kurak; yazın 15 nemli, 15 kurak ve kışları 13 nemli, 16 kurak dönem belirlenmiştir. Erzincan'da sonbahar dışında ilkbahar, yaz ve kış mevsimlerinde kurak dönemler nemli dönemlerle başabaş gitmektedir. Bilhassa kuraklık eğiliminde güçlü artışlar kış devresine tekabül etmektedir. Ortalama yağışın aylık değişimi dikkate alındığında ilkbahar ve kış mevsimlerinin ortalama yıllık yağış toplamındaki payı % 63'e gerilemiştir. Yağış dağılımındaki mevsimlik negatif pozisyon ilerleyen yıllarda da problem olmaya devam edecek izlenimi vermektedir (Şekil 5).

Muş ilinde yaz mevsimi (16 nemli-13 kurak dönem) nemlilik eğilimiyle dikkat çekerken sonbahar mevsiminde (15 kurak-15 nemli dönem) denge kurulmaktadır. Buna karşılık ilkbahar (12 nemli-17 kurak dönem) ve kış (13 nemli-19 kurak dönem) mevsimlerinde kuraklık eğilimi görülmektedir.

Ağrı ilinde nemlilik ve kuraklık eğilimlerinin Ardahan'a benzemesi beklenirken farklı eğilimler görülmüştür. Nitekim Ağrı'da ilkbahar (18 nemli-13 kurak dönem) ve sonbaharda (16 nemli-14 kurak dönem) nemlilik eğilimi görülürken yaz (19 kurak-15 nemli dönem) ve kış (17 kurak-15 nemli) mevsimlerinde kuraklık eğilimi vardır.

Eğilimler genel olarak değerlendirildiğinde, Malatya, Elazığ, Tunceli, Van ve Kars illerinde kuraklık sıklık eğiliminin arttığı görülmektedir. Bingöl, Bitlis, Hakkâri ve Iğdır illerinde ise nemlilik eğiliminde artış vardır. Kabaca ifade etmek gerekirse Bingöl-Iğdır hattının sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde nemli olduğu dikkat çekmektedir.



Şekil 5. Çalışma alanındaki istasyonlardaki SPI eğilimleri (pozitif, negatif ve normal) ve mevsimlik nemli-kurak dönem frekansları.

IV. Sonuçlar

Bu çalışmada ilk olarak Doğu Anadolu Bölgesi'ne ait illerin iklim sınıflaması yapılmıştır. Daha sonra ise iklim tipi belirlenen istasyonların son 50 yıla ait mevsimlik kuraklık durumu analiz edilmiştir. İklim sınıflandırması için Thornthwaite, Erinc, De Martonne ve Aydeniz indisleri kullanılmıştır. Mevsimlik kuraklık analizi için ise SPI uygulanmıştır.

Analizlere göre çalışma alanındaki Muş, Ağrı, Erzurum ve Erzincan illerinde genel bir kuraklık eğilimi olmakla birlikte, belli mevsimlerde kuraklık artışı daha belirgindir. Malatya, Elazığ, Tunceli, Van ve Kars illerinde ise ciddi kuraklık eğilimleri söz konusudur. Bunun yanı sıra araştırmaya dâhil olan illerden Bingöl, Bitlis, Hakkâri ve Iğdır illerinde de nemlilik eğiliminde artış gözlenmiştir. Bu illerden Ardahan'da ilkbahar ve yaz mevsimlerinde nemlilik eğilimi görülürken sonbaharda kuraklık eğilimi artmakta, kış mevsiminde ise kurak ve nemli dönemlerin aynı sayıda olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan iklim sınıflandırmalarından (De Martonne, Erinç, Aydeniz ve Thornthwaite) hareketle kurak özellikler gösteren bazı istasyonların ilerleyen yıllarda nemli, bazılarının ise tamamen kurak iklim koşulları göstereceği öngörülmüştür.

Yağışın 1/3'ünü kış mevsiminde alan Elazığ'da, meydana gelen kış kuraklıkları hâlihazırda 410 mm olan yıllık toplam yağış miktarının ilerleyen yıllarda daha da düşeceğine işaret etmektedir. Benzer şekilde Thornthwaite iklim sınıflamasında yarı-kurak iklime sahip Elazığ'da, kuraklığın etkilerinin gittikçe daha hissedilir olacağı beklentisi öne çıkmaktadır.

Doğu Anadolu Bölgesi hem verimli tarım alanları hem de geniş otlak alanları ile Türkiye'nin önemli tarım ve hayvancılık merkezidir. Bu nedenle kuraklık konusu önemsenmeli ve problemlerin giderilmesine dönük daha fazla bütçe ayrılmalıdır. Aksi takdirde kuraklığın sonuçları kıtlık gibi büyük maliyetli sosyal ve ekonomik sorunlar doğurabilmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada olduğu gibi kuraklığın önceden tahminine dönük çalışmalara ağırlık verilmesi büyük önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., & Gonzalez, P. (2010). "A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests". *Forest ecology and management*, 259 (4), 660-684.
- Baltas, E., (2007). "Spatial distribution of climatic indices in northern Greece". *Meteorological Applications*, 14 (1), 69-78.
- BMÇMS, (1997). *Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi*, Paris.
- Çelik M.A. & Gülersoy A.E., (2018) "Climate Classification And Drought Analysis Of Mersin", *Celal Bayar University The Journal of Social Sciences*, 16 (1), 1-26.
- Çiçek, İ. (2000). "Türkiye'de Termik Dönemlerin Yayılışı ve Süreleri", *Ankara Üniversitesi, DTCF Dergisi*, 40 (1-2).
- D.M.İ., (1988) *Aydeniz Metodu ile Türkiye'nin Kuraklık Değerlendirmesi*, Ankara.
- De Martonne E., (1925). "Traite de Geographie Physique: 3 tomes, Paris, Filatov N, Salo Y, Nazarova L. 2005. Effect of climate variability on natural water bodies in Northwest Russia". *15th International Northern Research Basins Symposium and Workshop*. Sweden.
- Erlat, E., (1997). "Türkiye'de Günlük Yağışların Şiddeti Üzerine Bir İnceleme", *Ege Coğrafya Dergisi*, 9 (1), İzmir.
- Karabulut, M., (2015). "Drought Analysis in Antakya-Kahramanmaraş Graben", Turkey. *Journal of Arid Land*, 7 (6); 741-754.
- Kızılelma, Y., Çelik, M. A., & Karabulut, M., (2015). "İç Anadolu Bölgesinde Sıcaklık ve Yağışların Trend Analizi", *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 64, İstanbul.

- Kızılelma, Y. & Karabulut, M., (2016). “Yozgat ve Çevresinde Kuraklık Analizi”, *Uluslararası Bozok Sempozyumu, 5-7 Mayıs, Bildiriler Kitabı, Cilt: 4, Bozok Üniversitesi, Yozgat*, 242-251.
- Kömüşçü, A.Ü. & Erkan, A., (2000). “Kuraklık ve Çölleşme Süreci ve Türkiye Açısından Analiz ve Çözümler”. Yayınlanmamış Rapor.
- Kömüşçü, A.Ü., (1999). “Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey”, *Drought Network News*, (11) ; 7–11.
- Kömüşçü, A.Ü., Erkan, A. ve Turgu, E. (2003). “Normalleştirilmiş Yağış İndeksi Metodu ile Türkiye’de Kuraklık Oluşum Oranlarının Bölgesel Dağılımı”, *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildirileri*, 19-21 Mart, İstanbul, 268-275.
- McKee, T.B., Doesken, N.J. & Kleist, J., (1994). “Drought Monitoring with Multiple Time Scales”, *American Meteorological Society, Proceedings of 9th. Conference on Applied Climatology*, Boston, 233-236.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017). “Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye’nin İklim Tipleri”, *Coğrafya Dergisi*, (35), 17-27.
- Stagge, J. H., Tallaksen, L. M., Gudmundsson, L., Van Loon, A. F., & Stahl, K. (2015). “Candidate distributions for climatological drought indices (SPI and SPEI)”, *International Journal of Climatology*, 35 (13), 4027-4040.
- Şensoy, S. (2012). İklim Sınıflandırmaları: <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx>. Son erişim: 11.03.2018.
- Şensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U., Balta, I., (2008). Türkiye İklimi. DMI. www.dmi.gov.tr/iklim/iklim.aspx. Son erişim: 10.03.2018.
- Şimşek, O., Murat, A., Çakmak, B., (2006). 2007 “Tarım Yılıının Kuraklık Analizi”, *Kuraklık ve Su Yönetimi Toplantısı Bildiri Kitabı*, Ankara, 15-16.
- Thorntwaite, C. W., (1948). “An Approach toward a Rational Classification of Climate”, *Geographical Review*, 38 (1), 55-94.
- Tsakiris, G., & Vangelis, H., (2004). “Towards a drought watch system based on spatial SPI”. *Water resources management*, 18 (1), 1-12.
- Turgu, E., Erkan, A., Kömüşçü, A.Ü., (2003). “Meteorolojik Kuraklık Analizinde Normalleştirilmiş Yağış İndeksi (SPI) Modeli”, *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildirileri*, 19-21 Mart, İstanbul, 257-267.
- Türkeş, M., & Deniz, Z. A., (2011). “Climatology of South Marmara Division (North West Anatolia) and observed variations and trends”, *Jurnal of Human Sci*, 8 (1), 1579-1600.

- 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 (14), 1771-1796.
- Türkeş, M., (2005). "Orta Kızılırmak Bölümü Güney Kesiminin (Kapadokya Yöresi) İklimi ve Çölleşmeden Etkilenebilirliği" *Ege Coğrafya Dergisi*, 14 (1-2).
- Türkeş, M., (2011). "Akhisar ve Manisa Yörelerinin Yağış ve Kuraklık İndisi Dizilerindeki Değişimlerin Hidroklimatolojik ve Zaman Dizisi Çözümlemesi ve Sonuçların Çölleşme Açısından Coğrafi Bireşimi". *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9 (1), 79-99.
- Türkeş, M., 2010. "Klimatoloji ve Meteoroloji", Kriter Yayınevi - Yayın No: 63, Fiziki Coğrafya Serisi No: 1, ISBN: 978-605-4613-26-7, 650 + XXII sayfa: İstanbul.
- Türkeş, M., 2012. "Kuraklık, Çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi". *Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi*, Çevre Özel Sayısı, No: 20: 7- 56.
- Türkeş, M., 2014. Kuraklık Olaylarının İklim Değişikliği ve Çölleşme Açısından Önemi ve Türkiye'deki 2013- 2014 (?) Kuraklığının Sinoptik Klimatolojik/Meteorolojik ve Atmosferik Bağlantıları. 3 Mart 2014. Hidropolitik Akademi İklim Değişikliği ve Kuraklık Çalışmaları, Ankara.
- Yılmaz, E., & Çiçek, İ., (2016). "Thorntwaite Climate Classification of Turkey", *Journal of Human Sciences*, 13 (3), 3973-3994.

İnternet Kaynakları

<https://www.dmi.gov.tr/iklim/iklim.aspx>. Son erişim: 10.03.2018.

<https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx>. Son erişim: 12.02.2018.

<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx>: Son erişim: 15.01.2018.