

Karadeniz Bölgesi'nde Kurak ve Nemli Dönemlerin SPI Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi

Yasemin Deniz Öztürk^{1,*}, Ramazan Ünlü²

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Acil Durum ve Afet Yönetimi Programı, 08100, Artvin.

²Abdullah Gül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 38080, Kayseri.

Özet

Karadeniz bölgesi Türkiye'nin en çok yağış alan bölgesidir. Ancak Karadeniz Bölgesi'nde yağışlar hem yıllar arasında hem de bölge içerisinde önemli farklılıklara sahiptir. Bu durum bölgede kuraklıkların yaşanabilmesine ve kurak-nemli dönemlerin birbirini takip etmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada yıllık ve 12 aylık SPI değerlerine göre Karadeniz bölgesinde yaşanan kurak ve nemli dönemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bölge genelinden seçilen 26 istasyonun 1960-2020 yılları arasındaki ortalama yağış verilerine göre standardize yağış indeksi (SPI) değerleri hesaplanmıştır. Tespit edilen kurak ve nemli dönemlerin eğilimleri Mann-Kendall trend analizi kullanılarak tespit edilmiştir. Ayrıca ısı haritası kullanılarak Karadeniz Bölgesi kıyı ve iç kesimleri olarak ayrılıp kurak ve nemli dönemleri saptanmıştır. Analiz sonuçlarına göre 1966, 1969, 1974-1977, 1984-1986, 1993-1994, 2006-2007 ve 2019-2020 yıllarının normalden daha az yağış aldığı ve birçok istasyonun kuraklığı şiddetli şekilde olduğu saptanmıştır. 1967, 1988, 1996-1997, 1999, 2009 ve 2016 yıllarının ise normalden fazla yağış aldığı yani nemli karakterde olduğunu göstermektedir. Mann-Kendall trend analiz sonuçlarına göre Batı Karadeniz Bölgesinin kıyı kesimlerinde azalma eğiliminde olduğu saptanmamıştır. Fakat azalışta anlamlılık bulunamamıştır. Orta ve Doğu Karadeniz bölgesinde ise artış eğilimi göstermekle birlikte bu eğilim bazı istasyonlarda anlamlı bulunmuştur. Bölgenin yer şekilleri dolayısıyla genel bir kurak ve genel bir nemli dönem olmadığı, doğu-batı doğrultusu ve kıyı-iç kesimlerde kurak ve nemli dönemlerin farklılık gösterdiği saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler

Kuraklık, Nemlilik, Karadeniz Bölgesi, Mann-Kendall, Isı Haritası, SPI

Determination of Drought and Wet Periods of the Black Sea Region Using SPI Method

Abstract

The Black Sea region is the region with the highest rainfall in Türkiye. However, precipitation in the Black Sea region varies considerably both between years and within the region. This situation causes droughts in the region, with dry and wet periods following each other. This study aimed to determine the drought and wet periods in the Black Sea region according to the annual and 12-month SPI values. Standardized Precipitation Index (SPI) values were calculated according to the average precipitation data of 26 meteorology stations selected from the region between 1960 and 2020. The trends of the identified drought and wet periods were determined using Mann-Kendall trend analysis. In addition, using the heat map, the drought and wet periods of the Black Sea Region were determined by dividing coastal and inland areas. The analysis results determined that 1966, 1969, 1974-1977, 1984-1986, 1993-1994, 2006-2007, and 2019-2020 received less rainfall than normal and many stations had severe drought. It shows that 1967, 1988, 1996-1997, 1999, 2009, and 2016 received more precipitation than normal, that is, it has a humid character. According to the Mann-Kendall trend analysis results, it was not found that there was a decreasing trend in the coastal areas of the Western Black Sea Region. However, there was no significance in the decrease. Although there is an increasing trend in the Central and Eastern Black Sea region, this trend was found to be significant in some stations. Due to the landforms of the region, it was determined that there was not a general dry period or a general wet period and that the drought and wet periods differed in the east-west direction and the coastal-inland areas.

Keywords

Drought, Wet, Black Sea Region, Mann-Kendall, Heat Map, SPI

1. Giriş

Kuraklık, dünyanın her yerinde görülebilen, yağışların azalması ve buharlaşma şiddetinin artması sonucunda su kaynaklarının canlıların ihtiyacını karşılayamayacak şekilde azalmasıyla gözlenen bir durumdur. Kuraklık temel olarak yağışların azalması ya da buharlaşma miktarının artmasına bağlı olarak ortaya çıkmakla birlikte düşük nemlilik ve rüzgâr özellikleri gibi faktörler de kuraklığın şiddeti ve süresi üzerinde etkili olmaktadır (Wilhite & Buchanan-Smith, 2005; Wilhite & Pulwarty, 2017).

Kuraklık sadece günümüzün bir problemi olup geçmişte büyük yıkımlara yol açmış ve gelecekte de içinde bulunduğumuz küresel iklim değişikliğinden dolayı sık sık maruz kalacağımız afetlerin başında gelmektedir (Özdemir, 2004). Yaşanan kuraklıkların sonuçları olarak kıtlıklar, savaş, göçler, tarımsal kayıplar, salgın hastalıklar, çölleşme, büyük orman yangınları ve orman yangınlarının ardından oluşan yağışlar nedeniyle meydana gelen çamur selleri, kum fırtınaları ve göçler yaşanmaktadır. (Cookson vd., 2019; Kadioğlu, 2008; Eslamian & Eslamian, 2017; Dellal & McCarl, 2010).

Ülkemiz bulunduğu coğrafi konumun ve sahip olduğu coğrafi özelliklerin etkisinden dolayı kısa mesafelerde büyük değişim gösteren iklimsel koşullara sahiptir (Öztürk vd., 2017). Bu iklim tiplerinin hepsinde yıllar arasında önemli yağış değişkenlikleri yaşanmakta ve bu durum tüm iklim tipleri içerisinde kısa ve uzun süreli kuraklıklar yaşanmaktadır (Bakanoğulları vd., 2022). Örneğin Türkiye genelinde Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) yöntemi kullanarak yapılan kuraklık analizi sonuçlarına göre 1953-1959, 1972-1977, 1989-1994 ve 1999-2001 dönemlerinde Türkiye çapında şiddetli kuraklıklar tespit edilmiştir. Özellikle 1973 kışının birçok meteorolojik istasyonlarda alınan verilere göre son 64 yılın en kurak dönemi olarak tespit edilmiştir. Ayrıca 2006, 2007, 2008 yıllarında da kurak yıllar tespit edilmiştir. Hatta büyük açlık ve salgın hastalıklara yol açan kuraklık ve kıtlık olayları yaşanmıştır (Erler, 1997; Sönmez vd., 2005; Akbaş, 2014a; Türkes, 1996). İngiliz konsolosluğu raporuna göre, Anadolu'da 1846 yılında yaşanan kuraklık ve kuraklık nedeniyle 6.000 kişinin, Ankara ve çevresinde 1874-75 yıllarında yaşanan kuraklıkta yaklaşık 20 bin kişi hayatını kaybetmiştir. Kuraklığın neden olduğu salgın hastalıklar ve kıtlık sebebiyle Anadolu genelinde bu sayının 200.000 kişi olduğu tahmin edilmektedir (Erler, 1997). Ülkemiz, geçmişte yaşanan kuraklıkların yanı sıra, bulunduğu coğrafi konumun etkisinden dolayı gelecekte iklim değişikliğinden en fazla etkilenen yerlerden bir tanesidir. Çalışmalar ülkemizin de içinde yer aldığı Doğu Akdeniz'de gelecekte kuraklıkların hem sürelerinde hem de şiddetinde önemli artışlar yaşanacağını öngörmektedir (Tramblay vd., 2020).

Ülkemizin yağış koşulları incelendiğinde en fazla yağışın Karadeniz Bölgesi'nde olduğu bilinmektedir. Özellikle Doğu Karadeniz bölgesi kıyı kesimlerinde yıllık toplam yağış 2000 mm'nin üstüne çıkmaktadır (Aydın vd., 2019). Ülkemizin en yağışlı bölgesi olmasına rağmen yıllar arası yağış değişkenliklerine bağlı olarak Karadeniz Bölgesi'nde kuraklıklar yaşanmış ve yaşanmaya devam etmektedir. Dedrokronolojik çalışmalara göre Karadeniz Bölgesi'nde son 350 yılda büyük bölümü bir yıllık olmak üzere 30'dan fazla kurak dönemin yaşandığı ortaya konulmuştur (Akkemik vd., 2005). Bu tarihsel dönemlerin bazılarında, örneğin 1946, 1874, 1887 yıllarında yaşanan kuraklıklardan dolayı Karadeniz Bölgesi'nde tarımsal üretimde önemli sıkıntılar yaşanmıştır (Ünlü, 2012). İstasyon verilerine göre yapılan çalışmalarda ise hem yıllık hem de aylık bazda bölgenin farklı kesimlerinde kuraklıklar yaşandığı ortaya konulmuştur. Örneğin 1974 yılı, 1994 Şubat, 2006 ve 2007 Temmuz aylarında özellikle Batı Karadeniz'de önemli kuraklıklar yaşanmıştır (Akbaş, 2014b). 1990-2000 arasında yaşanan kuraklıklar birçok şehri etkilemiştir (Komuscu, 1999; Komuscu, 2001). Ancak bu çalışmalar belirli dönemler ve istasyonlara yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada ise Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olan Karadeniz Bölgesi'ndeki 26 Meteoroloji istasyonundan alınan aylık ortalama yağış değerlerine uygulanan yıllık ve 12 aylık SPI yöntemiyle bölgedeki kuraklıklar tüm bölge genelinde bir bütün olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçların ısı haritaları aracılığıyla gösterilmiş olması verilerin incelendiği tüm zaman aralıklarındaki SPI değerlerinin hem alansal hem de zamansal açıdan incelenmesine imkan sağlamıştır.

2. Çalışma Alanı

Anadolu'nun kuzey kesimini oluşturan Karadeniz Bölgesi, sahip olduğu coğrafyanın bir sonucu olarak kendine has bir iklim özelliğine sahiptir. Ülkemizin en yağışlı bölgesi olan Karadeniz Bölgesinde yağış koşulları kıyıya paralel uzanan dağlık alanların etkisinden dolayı kısa mesafelerde değişmektedir. Bu durum bölge içerisinde iklim tiplerinde çeşitliliğe neden olmaktadır. Köppen-Geiger iklim sınıflamasına göre Karadeniz bölgesinde üç ana iklim tipi (B, C, D) bulunmaktadır. Orta Karadeniz'in doğu kesimlerinde yarıkurak iklim tipi (B), buharlaşma yağıştan fazla olduğu ve sürekli su eksikliği ile karakterizedir. Ilıman iklim tipi (C) Karadeniz bölgesi kıyı kesimi boyunca hakim olan, kışları ılıman ve nemli, en soğuk ayın ortalama sıcaklığının 18°C'nin altında ve 0°C'nin üstünde, en sıcak ayın ortalama sıcaklığı 10°C'nin üstünde olan iklim tipidir. Karasal iklim tipi (D) ise Doğu Karadeniz Bölgesinin güney kesiminde, orta Karadeniz bölgesinin iç batı kesiminde, kışları soğuk nemli, en soğuk ayın ortalama sıcaklığı 0°C'ye eşit veya altında, en sıcak ayın ortalama sıcaklığı 10°C'nin üstünde olan iklim tipidir. Bu ana iklim tiplerinin de kendi içlerinde alt iklim tipleri Karadeniz'de görülmektedir (Öztürk vd., 2017; Tatlı, 2017). Yıllık ortalama hava sıcaklıkları Doğu Karadeniz bölgesi için 13°C ve Batı Karadeniz için 15°C'dir. Bölge genelinde yıllık ortalama hava sıcaklıkları 14°C ile 15°C arasında değişmektedir (Aziz vd., 2020). Bu çalışmada incelenen istasyonların ortalamasına göre Karadeniz Bölgesinde ortalama

Tablo 1'in devamı

İstasyon No	İstasyon Adı	Ölçüm Aralığı	Ort. Y. (mm)	Maks. Y. (mm)	Min. Y. (mm)	Std. S. (mm)	Değ. K. (%)	Eksik ay*
17040	Rize	1960-2020	2244	3097	1600	267	12	0 (%0)
17042	Hopa	1962-2020	2279	3382	1429	347	15	0 (%0)
17070	Bolu	1960-2020	562	755	377	83	15	6 (% 0,8)
17074	Kastamonu	1960-2020	502	871	339	106	21	2 (%0,27)
17618	Devrekani	1982-2020	536	716	320	105	20	11 (%2.4)
17650	Tosya	1965-2020	475	736	220	94	20	7 (%1)
17652	Osmancık	1976-2020	398	594	235	101	25	13 (%2.4)
17084	Çorum	1960-2020	444	634	243	79	18	4 (0.55)
17683	Merzifon	1960-2020	420	703	206	87	21	7 (%0,95)
17085	Amasya	1961-2020	457	682	293	80	18	9 (%1.2)
17086	Tokat	1961-2020	429	593	309	65	15	4 (0.55)
17088	Gümüşhane	1963-2020	462	651	311	78	17	8 (%1,14)
17089	Bayburt	1961-2020	444	668	275	85	19	8 (%1.13)
17045	Artvin	1960-2020	703	1006	409	136	19	0 (%0)

* Eksik aylara ait yüzde değeri, o istasyona ait eksik ay sayısının toplam ay sayısına oranını göstermektedir. İstasyonların veri aralıkları farklı olduğu için aynı sayıdaki eksik ayın yüzdesel değere karşılık gelmeyebilir.

Çalışma farklı işlem aşamalarından oluşmaktadır (Şekil 2). İlk olarak çalışma için gerekli veriler MGM'den temin edilmiştir. MGM'den alınan veriler PHYTON ile düzenlenmiş ve ardından SPI değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerden yine PHYTON yazılımı kullanılarak her bir istasyona ait ısı haritaları oluşturulmuş ve ardından elde edilen yıllık SPI değerlerine trend analizleri uygulanmıştır. Aşağıdaki bölümlerde çalışmada kullanılan yöntemlerin ayrıntıları açıklanmıştır.



Şekil 2: Çalışmada kullanılan yöntemle ait iş akış şeması

3.1. Standart Yağış İndeksi (SPI)

Standart Yağış İndeksi (SPI) kuraklığı belirlemek ve geniş zaman içerisinde kuraklığın şiddetini izlemek için [Mckee vd. \(1993\)](#) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde sadece bir giriş değişkeni gerekir ve bu değişkenler çeşitli zaman aralıklarıyla alınmış kar örtüsü, yağış, akım, hazne depolama, toprak nemi verileri olabilir. Bu yöntem 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 ve 48 ay gibi belirli zaman aralıklarında gözlenen yağış eksikliklerinin saptanmasında ön plana çıkmaktadır. Bu zaman aralıkları ile kuraklığın birikimli (kümülatif) etkisi ve büyüklüğü de hesaplanabilir ([Mckee vd., 1993](#)). Yöntem ülkemizde kuraklık koşullarının belirlenmesinde en yaygın kullanılan indislerin başında gelmektedir ([Bakanoğulları, 2020](#); [Çelik, 2020](#); [Deniz Öztürk & Ünlü, 2022](#)).

Yağış serileri normal dağılıma uydurabilmek için yağış serisini en iyi temsil eden Gamma dağılımı kullanılır. Oluşan pozitif değerler ortalamadan daha fazla yağışlı (nemli) dönemi, negatif değerler ise ortalamadan daha düşük yağışlı (kurak) dönemi ifade eder ([Akramy, 2020](#); [Oğuz vd., 2021](#)). SPI değeri Eşitlik 1 ile hesaplanır ([Türkeş & Tatlı, 2009](#)). Her bir veri seti Gamma fonksiyonuna uydurulur.

$$SPI: \frac{X_i - X_{ort}}{\sigma} \quad (1)$$

Formüldeki, X_i , ölçülen yağış verisini, X_{ort} , yağış ortalamasını, σ ise standart sapmayı ifade etmektedir.

Son aşamada ise elde edilen SPI değerleri [McKee vd. \(1993\)](#), [Guttman \(1999\)](#)'nin kuraklık sınıflarına göre sınıflandırılarak değerlendirilmiştir. Kurak ve nemli dönemlerin şiddetinin ve süresinin saptanması ise sıfırdan pozitif yönlü ve negatif yönlü uzaklaşma ile belirlenmektedir (Tablo 2; [Türkeş & Tatlı, 2009](#)). SPI değerleri Karadeniz Bölgesinde bulunan 26 meteorolojik istasyondan alınan 1960-2020 yılları arasındaki aylık yağış verileri ile [Salehnia vd. \(2017\)](#) tarafından hazırlanan Meteorological Drought Monitor yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Standartlaştırılmış yağış indisi (SPI) kuraklık sınıflandırması

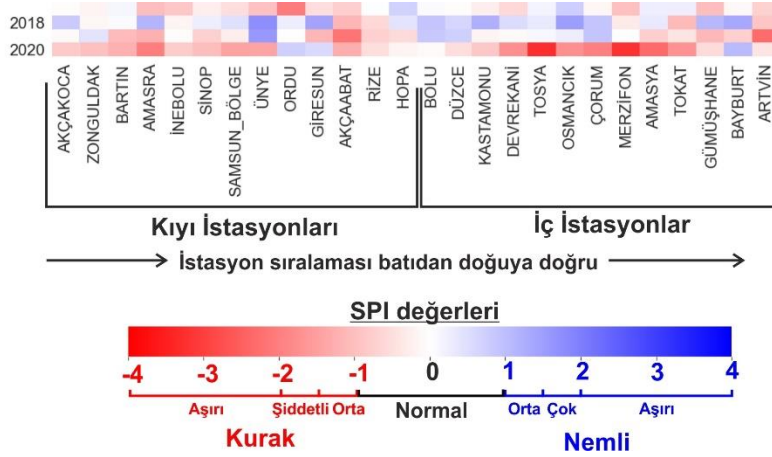
SPI değerleri	Kuraklık Kategorisi
2.00 veya daha fazla	Aşırı nemli
1.50 – 1.99	Çok nemli
1.00 – 1.49	Orta düzeyde nemli
0.99 – 0.99	Normale yakın
-1.00 – -1.49	Orta düzeyde kurak
-1.50 – -1.99	Şiddetli kurak
-2.00 ve altı	Aşırı kurak

3.2. Isı Haritaları

Isı haritaları, bir matris içerisindeki büyük ve karmaşık veri kümelerini görselleştirilmesinde, bu verilerin anlaşılabilirliğinde ve yorumlanmasında kullanılan etkili bir gösterim biçimidir. Genellikle matris veya tablo şeklinde sunulan verileri renkler kullanarak görsel olarak temsil etmek için kullanılır. Verinin yoğunluğunu belirtmek için sıcaklık renk skalası kullanılır (Bakanoğulları, 2020). Örneğin, düşük değerler mavi gibi soğuk renklerle temsil edilirken, yüksek değerler kırmızı gibi sıcak renklerle temsil edilir. Bu çalışmada 1960-2020 yılları arasındaki yıllık ve 12 aylık SPI değerleri ile PYTHON yazılım programı kullanılarak ısı haritaları oluşturulmuştur (Zhao vd., 2014).

Isı haritalarında SPI değerlerinin alansal dağılımlarını doğru şekilde yorumlayabilmek için istasyonlar konumlarına göre grafik içerisinde sıralanmıştır (Şekil 2). İlk olarak kıyı kesiminde yer alan istasyonlar batıdan doğuya doğru sıralanarak grafiğin solundan başlayarak yerleştirilmiştir. Ardından aynı şekilde iç kesimdeki istasyonlar yine batıdan doğuya doğru sıralanarak grafiğin merkezi kesiminden itibaren, iç kesimdeki istasyonların devamı şeklinde sıralanmıştır. Kısaca ısı haritalarında, Akçakoca'dan Hopa'ya kadar olan istasyonlar batıdan doğuya doğru sıralanan kıyı istasyonlarını, Bolu'dan Artvin'e kadar olan istasyonlar batıdan doğuya doğru sıralanan iç kesim istasyonlarını göstermektedir. Bu sayede SPI değerlerinin kıyı ve iç kesimde nasıl bir değişim gösterdiği kolayca yorumlanabilmektedir (Şekil 2).

Tüm ısı haritalarında standart olması açısından aynı renk ölçeği kullanılmıştır. Renklerde açık kırmızıdan koyu kırmızıya doğru gidildikçe kuraklığın, açık maviden koyu maviye doğru gidildikçe nemliliğin şiddetindeki artış gösterilmektedir. Rengin beyaza doğru gitmesi ise, koşulların normale yaklaştığı yani yağışların ortalama civarında seyrettiğini göstermektedir (Şekil 3).



Şekil 3: Isı haritalarında istasyonların sıralanma biçimleri ve ısı haritalarında gösterilen SPI değerlerine ait renk skalası

3.3. Mann-Kendall Trend analizi

Mann-Kendall trend analizi parametrik olmayan, hidrometrik zaman serilerinin eğimlerini bularak bu değerlerin pozitif yönde veya negatif yönde anlamlı olup olmadıklarını inceleyen bir yöntemdir (Mann, 1945; Mondal vd., 2012). Parametrik olmayan testler değişkenlerin dağılımından etkilenmeyip verilerin değerlerinden ziyade işaretlerini esas almaktadır. Veri setindeki her bir değer, kendinden önceki değerlerin farkı alınır. Alınan değerlere işaret fonksiyonu uygulanır, elde edilen -1 ve +1'lerin toplamıyla S değeri elde edilir (Kendall, 1948; Eşitlik 2 ve 4).

$$S: \sum_{k:1}^{n-1} \sum_{j:k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (2)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1; & (x_j - x_k) > 0 \text{ ise} \\ 0; & (x_j - x_k) = 0 \text{ ise} \\ -1; & (x_j - x_k) < 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (3)$$

S değerinin varyansı aşağıdaki Eşitlik 4 ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (4)$$

Eğer veriler içerisinde benzer gözlemlerin olduğu bir durum var ise t eşit olan gözlemlerin sayısını göstermek üzere S'nin varyansı aşağıdaki Eşitlik 5 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_t t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (5)$$

Mann-Kendall test istatistiğini gösteren, standart normal değişken z ise Eşitlik 6 ile hesaplanır.

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & S > 0 \\ 0; & S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Bu çalışmada Mann- Kendall Trend analizi [Salmi vd. \(2002\)](#) tarafından geliştirilen dağılımın iki yanlı şekline göre 4 farklı anlamlılık düzeyinde (α : 0.1, 0.05, 0.01 ve 0.001) eğilimleri belirleyen MAKENSES programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

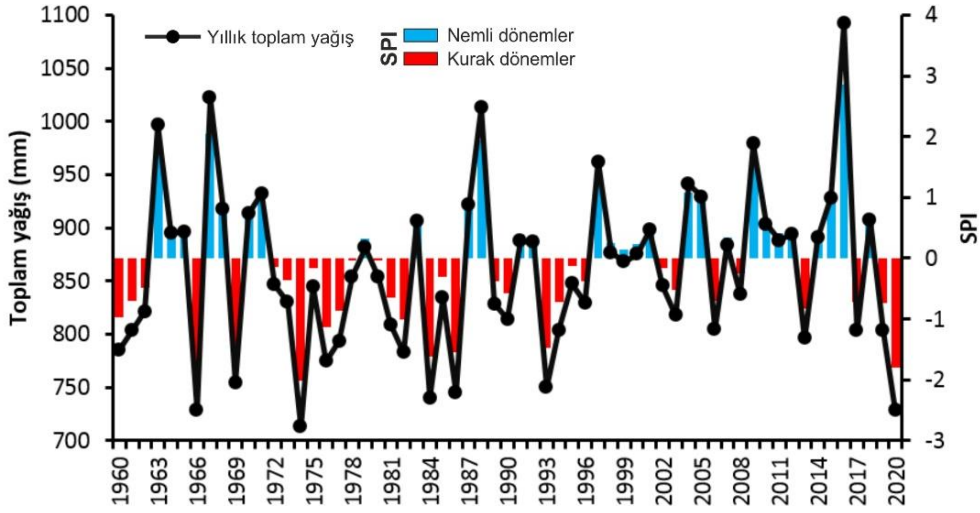
3.4. Kruskal-Wallis testi

Verilerin türdeş olup olmayışı, zaman dizisi çözümlerinde, özellikle iklimsel değişiklik ve değişebilirlik araştırmalarında tümüyle dikkate alınması gereken önemli bir etmendir. Bu nedenle bu çalışmada incelenen verilerin güvenilirliğini sınamak için Kruskal-Wallis (K-W) türdeşlik sınaması kullanılmıştır. K-W türdeşlik sınaması, ortalamaların ve varyansların türdeşliğini kontrol etmek için kullanılan etkili bir parametrik olmayan sınamadır ([Türkeş, 2004](#)). K-W analizi SPSS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. Bulgular

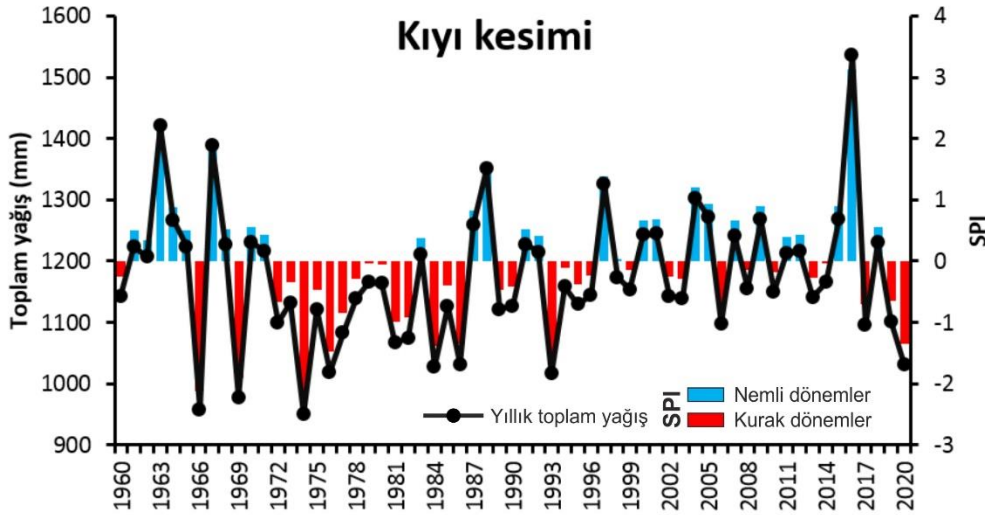
4.1. Yıllık Ortalama Yağış ve SPI değerleri

Karadeniz bölgesi Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olmakla birlikte yıllık toplam yağış miktarı hem yıllara göre hem de bölge içinde kıyı ve iç kesimler arasında büyük farklılık göstermektedir. Tüm istasyonların ortalamasına göre Karadeniz bölgesinde ortalama yıllık toplam yağış miktarı 859 mm'dir. Yıllar içerisinde ortalama toplam yağışlar 719 mm ile 1091 mm arasında değişkenlik göstermektedir. Yıllık toplam yağış değerleri ve bu yağışlar için yapılan SPI analizlerine göre Karadeniz bölgesinde kurak ve yağışlı koşulların birbirini takip ettiği görülür. SPI değerlerine göre 1963, 1967, 1988, 2008 ve 2019 yıllarının orta ve aşırı nemli geçtiği, 1966, 1969, 1974, 1984, 1986, 1993 ve 2020 yıllarının orta ve şiddetli kurak şeklinde geçtiği görülmektedir. Özellikle 1972-1987 dönemi en kurak dönemdir (Şekil 4).



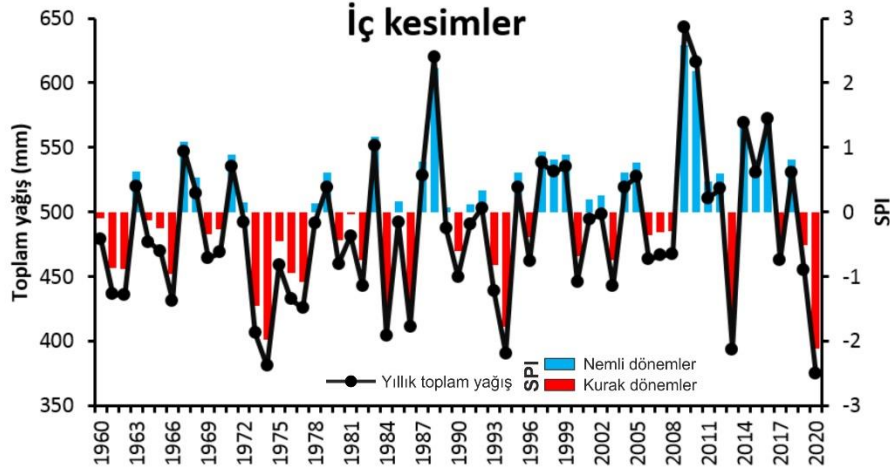
Şekil 4. Tüm istasyonların ortalama değerlerine göre Karadeniz'de yıllık toplam yağış (mm) ve SPI değerlerinin yıllara göre değişimi

Kıyı kesimdeki istasyon değerlerine göre kıyı kesimin yıllık ortalama toplam yağış değeri 1172 mm iken, yıllık toplam yağışlar 950 mm ile 1537 mm'leri arasında değişmektedir. Bu değerlere göre yıllar arasında 600 mm'ye varan yağış farklılıkları görülmektedir. Yağışlı ve kurak dönemlerin değişimi bölge ortalamasıyla paralellik göstermektedir. Ancak 1972-1987 dönemindeki kuraklık ile 2016 yılındaki nemlilik koşulları kıyı kesiminde daha şiddetli yaşanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Karadeniz bölgesinde kıyıda bulunan istasyonların yıllık toplam yağış miktarı ve SPI değerlerinin yıllara göre değişimi

İç kesime baktığımızda yıllık toplam yağışın 485 mm'ye kadar düştüğü, yıllık değerlerin ise 374 mm ile 642 mm'leri arasında değiştiği görülür. Ortalama değerlere göre kıyı kesimi iç kesimlerden 2.4 kat daha fazla yağış almaktadır. Kıyı kesimdeki kurak ve nemli dönemler tüm bölge için hesaplanan genel ortalamadan da bazı farklılıklar göstermektedir. Örneğin 1972 öncesindeki kurak ve nemli dönemler hafif şiddetli yaşanırken, 1988, 2009-2010 döneminin aşırı nemli, 2013 yılının ise aşırı kurak geçtiği görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Karadeniz bölgesinde iç kesimlerinde bulunan istasyonların yıllık toplam yağış miktarı ve SPI değerlerinin yıllara göre değişimi

4.2. Kruskal-Wallis Testi ve Mann-Kendall Trend Analizi

Karadeniz bölgesinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait yıllık SPI değerlerine uygulanan Kruskal-Wallis (K-W) homojenlik testi ve Mann-Kendall trend analizlerine göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. K-W analizlerine göre Sinop, Giresun, Tokat ve Bayburt istasyonlarında 0.05 düzeyinde anlamlı homojen olmama durumları tespit edilmiştir. Zaman serileri incelendiğinde serilerde doğal olmayan basamak biçimli ani değişikliklerin bulunmadığı, düşük sıklıklı dalgalanmaların ve istatistiksel açıdan anlamlı trendlerin egemen olduğu görülmüştür. Buna göre ortalamalarının hem dizinin uzun süreli ortalamasından hem de öteki alt dönem ortalamalarından önemli farklar göstermesi ise, dizilerin türdeş olmamasına neden olmaktadır.

Man-Kendall analizlerine göre beş istasyonda (Düzce, Zonguldak, Amasra, Akçaabat, Tosya) yıllık SPI değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı olmayan azalış eğilimleri bulunmaktadır. Diğer 21 istasyonda ise artış eğilimi görülmektedir. Bu eğilimler istatistiksel açıdan Giresun istasyonunda (z: 3,33) 0.001 düzeyinde, Akçakoca (z: 2,82), Osmaniye (z: 2,62), Bayburt (z: 3,08) istasyonlarında 0.01 düzeyinde, Ordu (z: 1,96) ve Merzifon (z: 2,12) istasyonlarında 0,05 düzeyinde, Sinop (z: 1,85), Hopa (z: 1,77), Kastamonu (z: 1,91) istasyonlarında ise 0,1 düzeyinde anlamlı olduğu saptanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3: Karadeniz bölgesindeki meteorolojik istasyonların yıllık ortalama yağışa göre SPI değerlerinin Mann-Kendall trend analizi ve Kruskal-Wallis (K-W) homojenlik testi sonuçları (K-W homojenlik sınamasında bağımsızlık sayısı (df) 6 için, χ^2 kritik değeri 12,59, 5 için 11,07'dir)

İstasyonlar	İlk ölçüm yılı	Son Ölçüm yılı	Yıl sayısı	M-K testi	K-W testi	df
Akçakoca	1966	2020	55	2,82**	11,94	6
Düzce	1963	2020	58	-0,83	6,63	6
Zonguldak	1960	2020	61	-0,82	6,10	5
Bartın	1964	2020	56	0,30	3,72	6
Amasra	1969	2020	51	-1,18	5,07	6
İnebolu	1960	2020	61	0,72	3,23	5
Sinop	1960	2020	61	1,85+	14,33*	5
Samsun	1960	2020	61	1,08	7,38	5
Ünye	1964	2020	57	1,62	6,23	6
Ordu	1964	2020	57	1,96*	3,55	5
Giresun	1960	2020	61	3,33***	13,60*	5
Akçaabat	1965	2020	56	-0,66	4,55	6
Rize	1960	2020	61	1,39	6,10	5
Hopa	1962	2020	59	1,77+	9,16	6
Bolu	1960	2020	61	0,95+	3,85	5
Kastamonu	1960	2020	61	1,91	4,60	5
Devrekani	1982	2020	39	0,11	6,71	5
Tosya	1965	2020	56	-0,80	4,08	6

Tablo 3'ün devamı

İstasyonlar	İlk ölçüm yıl	Son Ölçüm yıl	Yıl sayısı	M-K testi	K-W testi	df
Osmancık	1975	2020	45	2,62**	6,12	5
Çorum	1960	2020	61	1,04	2,37	5
Merzifon	1960	2020	61	2,12*	8,96	5
Amasya	1961	2020	60	0,77	9,35	5
Tokat	1961	2020	60	1,08	12,47*	5
Gümüşhane	1965	2020	56	1,05	6,49	6
Bayburt	1961	2020	60	3,08**	12,03*	5
Artvin	1961	2020	60	1,00	3,90	5

+: 0,1 seviyesinde anlamlı, *:0,05 seviyesinde anlamlı, **: 0,01 seviyesinde anlamlı, ***: 0,001 seviyesinde anlamlı

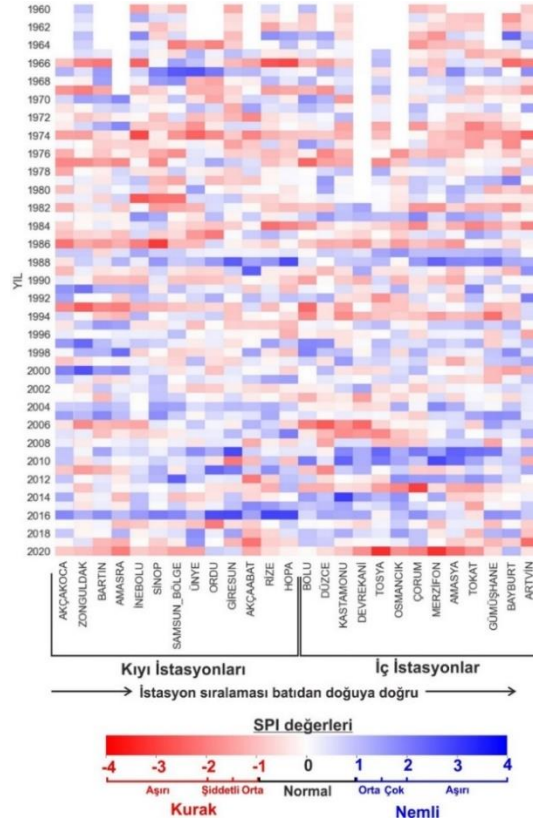
4.3. SPI Isı Haritaları

Yıllık SPI değerlerine ait ısı haritası Karadeniz bölgesinde etkili olan kurak ve yağışlı yılların bölgesel dağılımını yorumlamada büyük kolaylık sağlamaktadır. Yıllık SPI değerlerin gösteren ısı haritasına göre Karadeniz'de yıllara göre kuraklığın şiddetinde bir azalma yani daha nemli koşullara doğru bir geçiş gözlenmektedir. Mevsimsel yağışlarda ise en belirgin artış bahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Ancak son iki yıl, özellikle 2020 yılı, son 70 yılın en kurak dönemlerden bir tanesi olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 6).

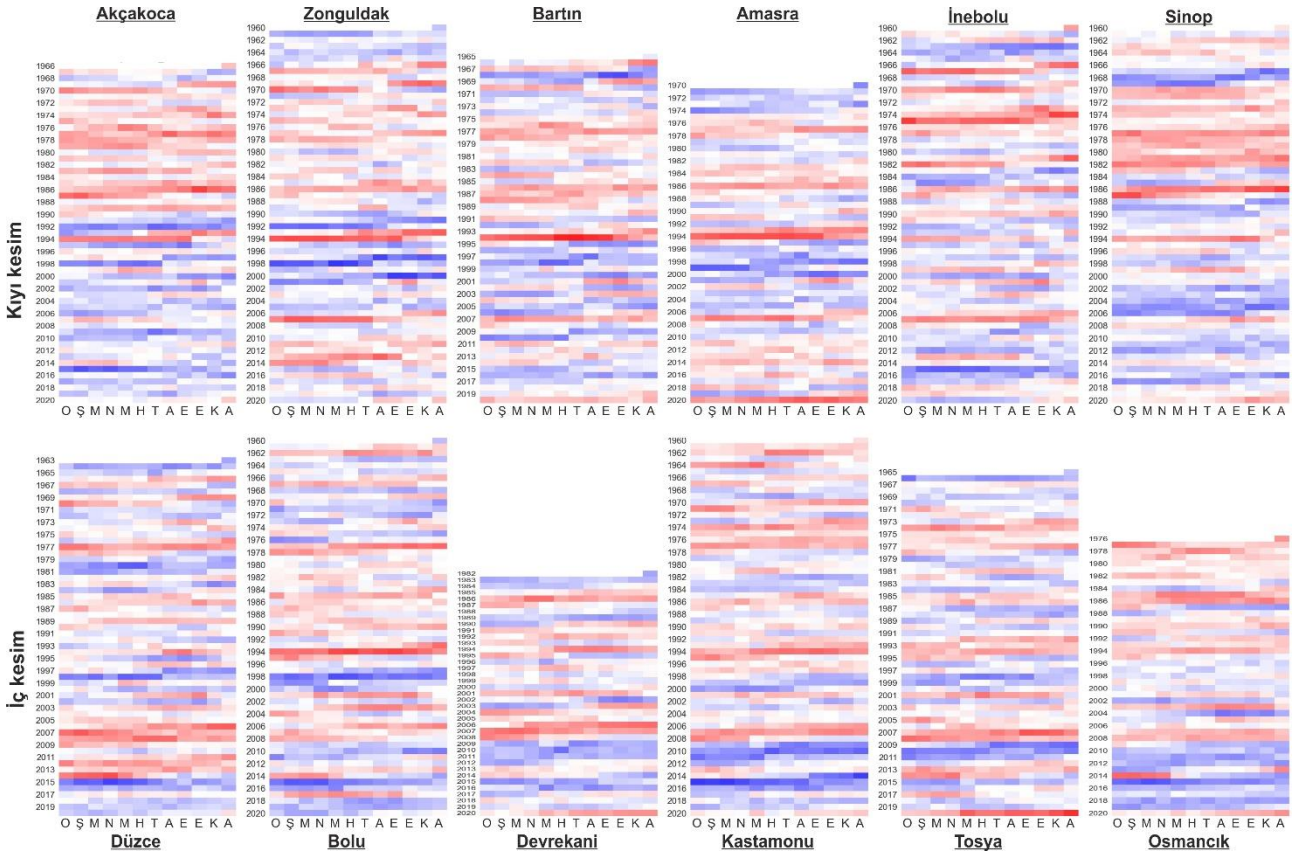
1966, 1969, 1974-1977, 1984-1986, 1993-1994, 2006-2007 ve 2019-2020 yıllarının normalden daha az yağış aldığı yani kurak karakterde geçtiğini, 1967, 1988, 1996-1997, 1999, 2009 ve 2016 yıllarının ise normalden fazla yağış aldığı yani nemli karakterde olduğunu göstermektedir. Kıyı ve iç kesim arasındaki farklılıklara baktığımızda kıyı kesimin 1967, 2000, 2016 yıllarında, iç kesimler ise 2009-2010 yıllarında daha nemli karakterdedir. Kuraklık açısından kıyı kesimleri 1981, 1985 yıllarında, iç kesimlerin 1994, 2013 yıllarında kuraklığın daha şiddetli yaşanmıştır (Şekil 7).

Tablo 4: 12 aylık SPI değerlerine ve istasyonların konumlarına göre kurak - nemli yıllar ve dönemler

		Kurak yıllar ve dönemler	Nemli yıllar ve dönemler
Batı Karadeniz	Kıyı Kesimi	Akçakoca	1970, 1973-1989, 1994
		Zonguldak	1963, 1967, 1970, 1994, 2007, 2009-2014
	Kıyı Kesimi	Bartın	1975-1978, 1986-1988, 1994, 2007,2020
		Amasra	1977, 1986, 1993-1994, 2007, 2020
		İnebolu	1967, 1970, 1974-1977, 1982, 2007
		Sinop	1970-1982, 1986-1987,1994
	İç Kesim	Düzce	1967, 1970, 1977, 2006-2008, 2010-2014
		Bolu	1962, 1977-1978, 1994, 2007
		Kastamonu	1962, 1964, 1971, 1974-1977, 1994, 2007
		Devrekani	1986, 1991, 1994, 2006-2008
Tosya		1974-1978, 1992-1995, 2007-2008, 2020	
Osmancık		1977-1979, 1985-1986, 2007-2008	
Orta Karadeniz	Kıyı Kesimi	Samsun	1965, 1974-1977, 1981-1983
		Ünye	1967-1971, 1973-1975, 1983-1986
		Ordu	1969-1971, 1985-1986, 2001
	İç Kesim	Çorum	1964-1965, 1993-1994, 2014
		Merzifon	1961-1967, 1974-1976, 1983, 2020
Doğu Karadeniz	Kıyı Kesimi	Amasya	1973-1977, 1985, 1991-1992, 2001, 2014, 2020
		Tokat	1965, 1970, 1973-1976, 2001, 2014, 2017
		Giresun	1961, 1964, 1970-1973, 1994
		Akçaabat	1975, 1977, 2009, 2013, 2019-2020
	İç Kesimi	Rize	1966-1967, 1977, 1983-1985, 1994, 2014
		Hopa	1966-1967, 1970, 1974-1977, 1983-1985, 1996
		Gümüşhane	1973-1975, 1994, 2001
		Bayburt	1962, 1966-1967, 1974-1977, 1983
		Artvin	1961-1962, 1969, 1974-1977, 1980-1984, 2001, 2019-2020



Şekil 7. Yıllık SPI değerlerinin istasyonlara ve yıllara göre değişimini gösteren ısı haritası



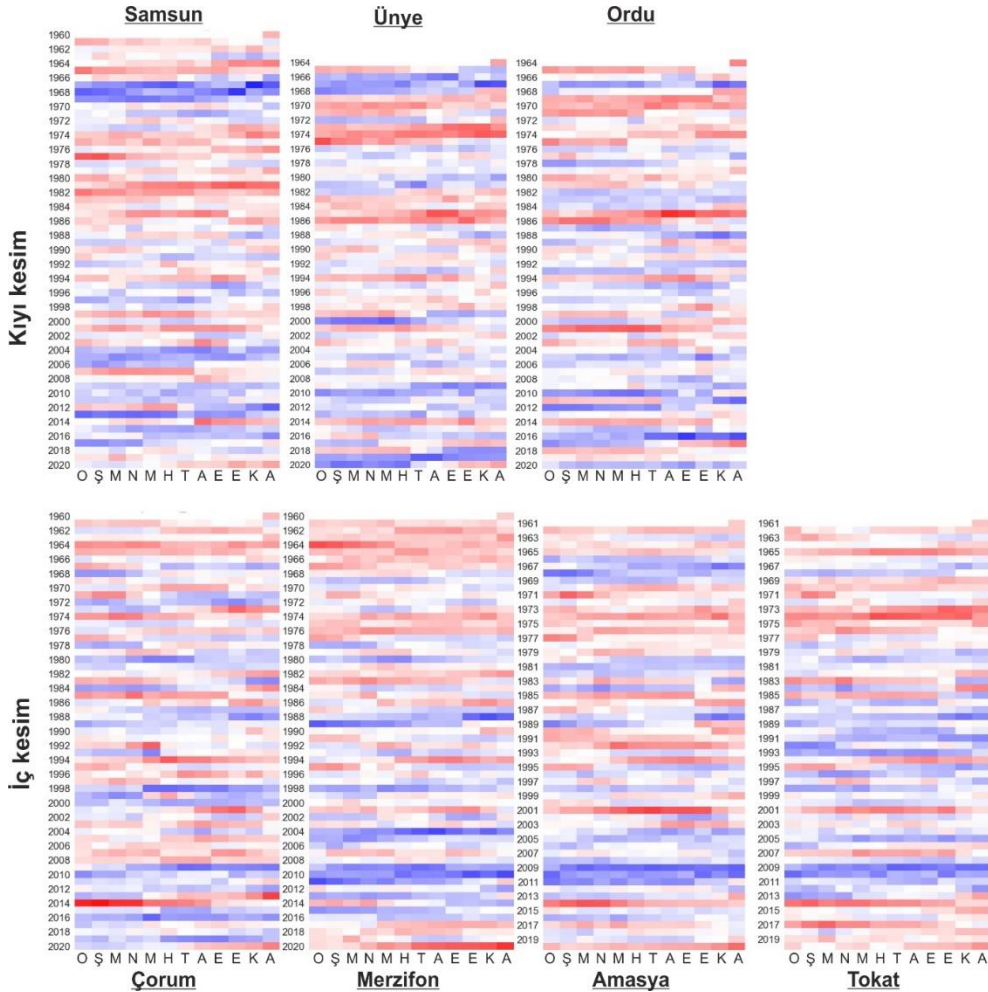
Şekil 8: 12 aylık SPI değerlerine göre Batı Karadeniz bölgesinde kıyı ve iç kesimde bulunan istasyonların ısı haritaları

Batı Karadeniz bölgesinin kıyı kesimindeki istasyonların (Akçakoca, Zonguldak, Bartın, Amasra, İnebolu, Sinop) kurak dönemleri incelendiğinde 1977, 1986, 1994, 2007, 2014 yılları bütün istasyonlarda kurak karakterde geçmiştir (Tablo 4; Şekil 8). Bu yılların dışında Akçakoca istasyonunda 1973-1989 yılları arası, Zonguldak istasyonunda 1963, 1970 yılları, Bartın istasyonunda 1978, 2020 yılları, Amasra istasyonunda 2020 yılı, İnebolu istasyonunda 1967, 1970, 1974-1977 yılları arası ve 2007 yılı, Sinop istasyonunda 1970-1982, 1986-1987 yılları arası ve 1994 yılı kurak yıllardır (Tablo 4; Şekil 8).

Batı Karadeniz'in kıyı kesimlerinde bulunan istasyonların nemli dönemleri incelendiğinde 1992, 1997, 2000 yıllarının nemli yaşandığı görülmektedir. Bu yılların dışında Akçakoca istasyonunda 1992 yılı, Zonguldak istasyonunda 1963 ve 1992 yılı, Bartın istasyonunda 1968, 2005, 2010 ve 2015-2017 yılları, Amasra istasyonunda 1972-1974, 1999 yılları, İnebolu istasyonunda 1963, 2016 yılları, Sinop istasyonunda 1967-1968, 1989, 2004-2006, 2012, 2017 yılları nemli olarak saptanmıştır. İncelenen nemli dönemler ve istasyonlara bakıldığında Düzce ve Akçakoca istasyonları aynı yıllar olduğu ortaya çıkmaktadır (Tablo 4; Şekil 8).

Batı Karadeniz bölgesinin iç kesiminde bulunan istasyonların (Düzce, Bolu, Kastamonu, Devrekani, Tosya, Osmancık) kurak dönemleri incelendiğinde Devrekani ve Tosya istasyonlarının verileri sırası ile 1962 ve 1965 yıllarından itibaren bulunmaktadır. Devam eden yıllarda tüm istasyonlarda (Düzce, Bolu, Kastamonu, Devrekani, Tosya, Osmancık) 1977, 1985, 1994, 2007 yıllarında ortak kurak yıllar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yıllar dışında Düzce istasyonunda 1964 ve 1980-1981 yılları arası, Bolu istasyonunda 1962 yılı, 1977-1978 yılları arası, Kastamonu İstasyonunda 1962, 1977, 1974-1977 yılları, Devrekani İstasyonunda 1986, 1991, 2006, 2008 yılları, Tosya İstasyonunda 1974-1978, 1992-1995, 2008 yılları kurak olarak saptanmıştır (Tablo 4; Şekil 8).

Batı Karadeniz bölgesinin iç kesiminde bulunan istasyonların nemli dönemleri incelendiğinde 2010, 2015 ve 2019 yıllarının ortak olarak hepsinde nemli olduğu saptanmıştır. Bunun dışında Düzce istasyonunda 1964 ve 1980-1981 yılları arası, Bolu istasyonunda 1971, 1998-2000, 2015, 2017 yıllarında, Kastamonu istasyonu 1983, 1999-2000, 2010-2012, 2015-2016 yıllarında, Devrekani istasyonu 1983, 1989, 2009-2011, 2015-2017 yıllarında, Tosya istasyonu 1988, 1998, 2011 yıllarında, Osmancık istasyonu 2004, 2010-2013, 2015-2019 yıllarında nemli olarak saptanmıştır (Tablo 4; Şekil 8).



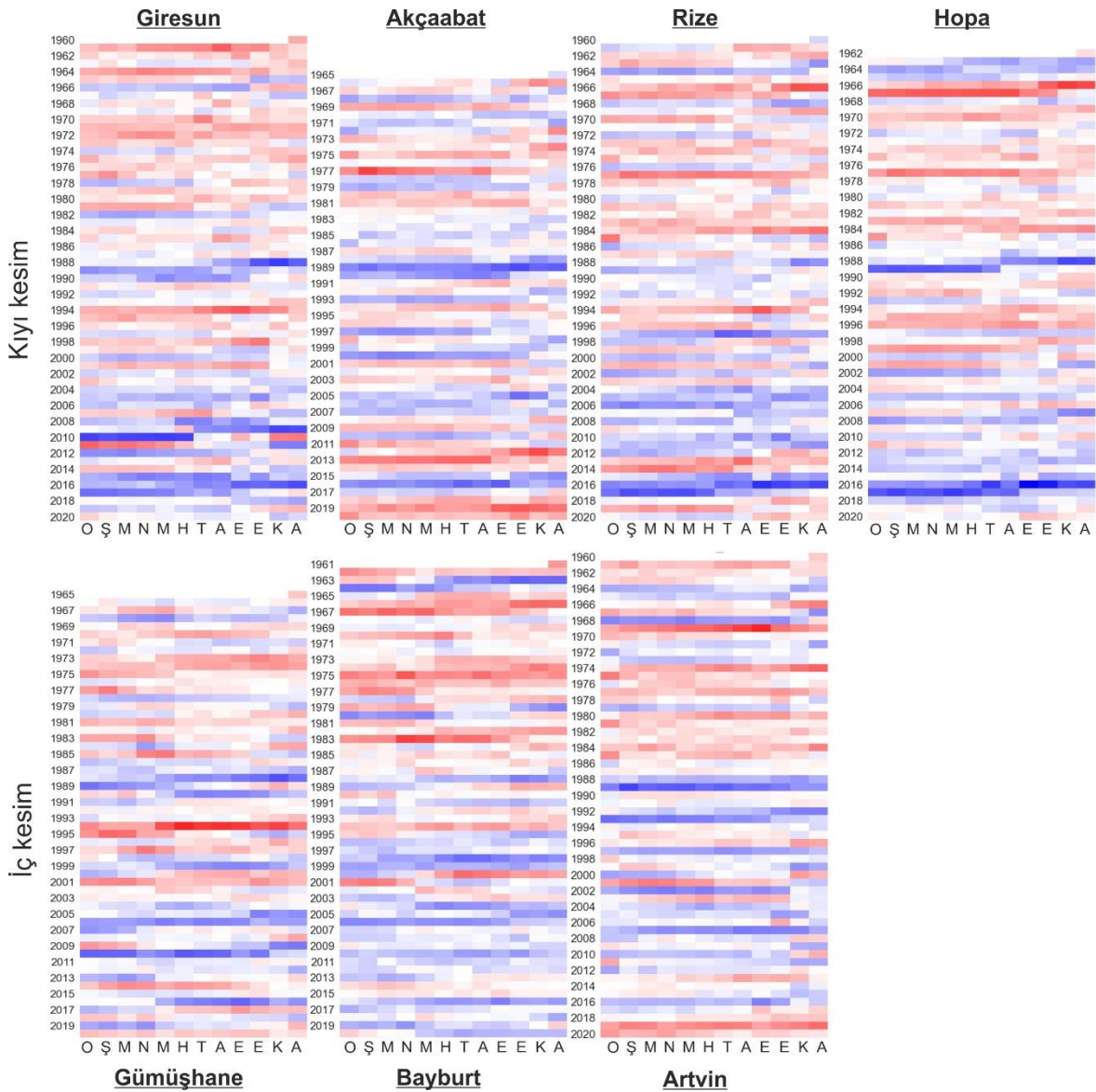
Şekil 9: 12 aylık SPI değerlerine göre Orta Karadeniz bölgesinde kıyı ve iç kesimde bulunan istasyonların ısı haritaları

Karadeniz bölgesinin orta kıyı kesimlerinde bulunan istasyonların (Samsun, Ünye, Ordu) kurak dönemleri incelendiğinde ortak olarak 1965, 1973, 1985, 1994, 2001, 2014 yılları olduğu saptanmıştır. Bu yıllar haricinde Samsun istasyonunda 1975-1977, 1981-1983 yıllarında, Ünye istasyonu 1970, 1973-1975, 1986 yıllarında, Ordu istasyonu ise 1969-1971, 1985-1986 yıllarında bağımsız olarak kurak dönemler olduğu saptanmıştır (Tablo 4; Şekil 9).

Karadeniz bölgesinin orta kıyı kesimlerinde bulunan istasyonların nemli dönemleri incelendiğinde 1967, 2005, 2010 yılları bu istasyonların ortak olarak kurak geçirdiği yıllardır. Haricinde bu istasyonlardan Samsun için 1967-1969, 2005-2006, 2013, Ünye için 1966-1968, 2000, 2019-2020, Ordu için 1967, 2016-2017 yılları nemli dönemler olarak saptanmıştır (Tablo 4; Şekil 9).

Orta Karadeniz bölgesinin iç bölgesinde bulunan istasyonların (Çorum, Merzifon, Amasya, Tokat) kurak dönemleri incelendiğinde 1965, 1974, 1985, 1994, 2001, 2014 yıllarının ortak olarak kurak geçtiği saptanmıştır. Bunların haricinde Çorum istasyonunda 1964-1965, 1993-1994 yılları, Merzifon istasyonunda 1962-1967, 1974-1976, 2020 yılları, Amasya istasyonunda 1973-1977, 1991-1992, 2020 yılları, Tokat istasyonunda 1970, 1973-1976, 2014-2020 yılları kurak yıllar olarak saptanmıştır (Tablo 4; Şekil 9).

Orta Karadeniz'in iç bölgesindeki istasyonların nemli dönemleri incelendiğinde 1968, 1980, 1988, 1998, 2009-2011 yıllarının ortak olarak nemli olduğu saptanmıştır. Bunun haricinde Çorum için 2009, 2016 yılları, Merzifon için 1988-1989, 2004-2005 yılları, Amasya için 1967-1969, 1981 yılları, Tokat için 1988-1993, 1996 yılları nemli olarak saptanmıştır (Tablo 4; Şekil 9).



Şekil 10: 12 aylık SPI değerlerine göre Doğu Karadeniz bölgesinde kıyı ve iç kesimde bulunan istasyonların ısı haritaları

Doğu Karadeniz bölgesinin kıyı kesiminde bulunan istasyonların (Giresun, Akçaabat, Rize, Hopa) kurak yılları incelendiğinde 1966, 1975, 1977, 1981, 1994, 2001 yıllarının kıyı kesim genelinde kurak geçtiği saptanmıştır. Bunların dışında Giresun 1962, 1964, 1970-1973 yıllarında, Akçaabat 2009, 2013, 2019-2020 yıllarında, Rize 1966-1967, 1983-1985 yıllarında, Hopa 1967, 1970, 1983-1985, 1996 yıllarında kendi bölgesinde kurak dönem yaşamıştır (Tablo 4; Şekil 10).

Doğu Karadeniz bölgesinin kıyı kesimlerinin nemli dönemlerin 1989, 1997, 2005, 2015-2017 yılları olduğu görülmektedir. İstasyon özelinde baktığımızda Giresun 1989-1990, 2010 yıllarında, Akçaabat 1979, 1989-1990, 2000, 2016 yıllarında, Rize 1964, 2005-2006, 2016-2017 yıllarında, Hopa 1964-1965, 1989, 2016-2017 yıllarında nemli olduğu saptanmıştır (Tablo 4; Şekil 10).

Doğu Karadeniz iç kesimlerinde bulunan istasyonların (Gümüşhane, Bayburt, Artvin) kurak dönemleri incelendiğinde 1966, 1974-1975, 1977, 1983, 2001 yıllarının ortak olarak kurak geçtiği belirlenmiştir. Bu yıllar haricinde Gümüşhane 1968, 1988-1989, 1999, 2006, 2010 yıllarında, Bayburt 1964, 1980, 1998-1999, 2006, 2010 yıllarında, Artvin 1968, 1988-1989, 1993, 1997, 2007 yıllarında kurak yıllar yaşamıştır (Tablo 4; Şekil 9).

Doğu Karadeniz iç kesimlerinde bulunan istasyonlarda ortak nemli dönemlere bakıldığında 1992, 1997, 2000 yılları olduğu saptanmıştır. Bunun dışında Gümüşhane istasyonu 1968, 1988-1989, 1999, 2006, 2010 yıllarında, Bayburt 1964, 1980, 1998-1999, 2006, 2010 yıllarında, Artvin 1988-1989, 1993, 1997, 2007 yıllarında nemli dönem yaşamıştır (Tablo 4; Şekil 10).

Bu sonuçlar doğrultusunda Karadeniz bölgesin kurak ve nemli dönemler incelendiğinde birine yakın olan istasyonların kurak ve nemli dönemleri bazı yıllarda ortak olurken, bazı yıllarda her istasyon kendi kurak ve nemli dönemini yaşamaktadır.

5. Tartışma

Ülkemizin kuzey kesimini oluşturan Karadeniz Bölgesi ülkemizin en yağışlı bölgesi (Aydın vd., 2019) olmakla birlikte tarihsel dönemlerde bölgenin bazı yerlerinde kurak dönemler yaşanmıştır. Akkemik vd. (2005)'e göre son 350 yılda Batı Karadeniz'de 29 kez bir yıl süreli, 5 kez iki yıl süreli kuraklık olduğu ve üç yıl süreli kuraklığın ise hiç olmadığı saptanmıştır. Çarşamba Ovası'nda Ünye ve Terme bölgelerinde 1846 ve 1874 yıllarında kuraklıktan dolayı çeşitli tarım ürünlerinin, özellikle mısırın yetiştirilmesinde önemli sıkıntılar yaşanmıştır. 1887 yılında yaşanan kuraklıktan dolayı çiftçiler o yıl hiç ürün alamamış ve birçok vilayette sefaletten dolayı devletten yardım istenmiştir. Bölgede devlet tarafından 474 ton mısır bölge halkına dağıtılmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıkta birçok insanın kıtlıktan dolayı ot kökleri toplayıp yiyerek hayatta kaldığı, tarlalarına ekebilecek için tohumları yine devletten istedikleri belirtilmektedir (Ünlü, 2012).

1966, 1969, 1974-1977, 1984-1986, 1993-1994, 2006-2007 ve 2019-2020 yıllarının normalden daha az yağış aldığı ve birçok şehrin kuraklığı şiddetli şekilde olduğu saptanmıştır (Komuscu, 1999; Komuscu, 2001; Akbaş, 2014b; Beden vd., 2019). 1967, 1988, 1996-1997, 1999, 2009 ve 2016 yıllarının ise normalden fazla yağış aldığı yani nemli karakterde olduğunu göstermektedir (Tayanç vd., 2009; Balov & Altunkaynak, 2020).

Kıyı ve iç kesim arasındaki farklara baktığımızda kıyı kesimin 1967, 2000, 2016 yıllarında, iç kesimler ise 2009-2010 yıllarında nemli karakterdedir. Yetmen (2014)'in Orta Karadeniz kuraklığı çalışmasında bulunan sonuçlar ile benzer sonuçlar ortaya konmuştur bu sonuçlara göre, hem kıyı hem iç kısımlarda 1976-77, 1982-83, 1985-86, 1994, 2001, 2003, 2007 ve 2008 yılları kurak yıllar olarak saptanmıştır.

Yıllık SPI değerlerin gösteren ısı haritasına göre Karadeniz'de yıllara göre kuraklığın şiddetinde bir azalma yani daha nemli koşullara doğru bir geçiş gözlenmektedir. Bu durum birçok çalışmada da ortaya konmuştur (Çiçek & Duman, 2015; Yılmaz vd., 2021; Hadi & Tombul, 2018; Saplıoğlu & Çoban, 2013). 1960-2015 yılları arasında Orta ve Doğu Karadeniz bölgesinde bulunan istasyonların yıllık toplam yağış verilerinin trend analizinde de artış eğilimindedir (Partal & Yavuz 2020a; Yılmaz vd., 2021). Demir & Kişi (2016) 1960-2014 yılları arasında Orta Karadeniz bölgesinde 6 istasyonda yaptığı Mann-Kendall trend analizinde ise, Samsun, Çorum, Amasya istasyonlarında trend olmadığına ulaşmıştır. Fakat bu çalışmada bu istasyonlarda artış eğilimi bulunmakla birlikte bu artışın anlamlı olmadığı saptanmıştır. Önceki çalışmalarda incelenen veri aralıkları ve bu çalışmada elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında 2014 yılından sonra bu istasyonlarda yağışlarda artış olduğunu ve bu artışın istasyonlarda istatistiksel açıdan anlamlı artış trendlerinin oluşmasını sağlamıştır. Sinop ve Ordu istasyonlarında bulunan artış trendlerinin aynı yönde olduğu saptanmıştır. Bartın, Bolu ve Kastamonu istasyonlarında anlamlı olmayan artış eğilimi bulunmuştur. Bu istasyonlardan Kastamonu bu çalışmada p: 0,1 düzeyinde anlamlı bir artış saptanmıştır (Tablo 3). Yavuz (2020) Karadeniz Bölgesi'nde genel olarak nemli dönem sayılarında artış, kurak dönem sayılarında ise azalış olduğu saptanmıştır. Saplıoğlu ve Çoban (2013) ise Karadeniz bölgesinde istasyonların büyük bölümünde yıllık toplam yağış değerlerinde anlamlı artışlar belirlemiştir.

Çalışmamızdaki yıllık SPI sonuçlarımıza göre Mann-Kendall trend analiz sonuçlarına göre beş istasyonda (Düzce, Zonguldak, Amasra, Akçaabat, Tosya) yıllık SPI değerlerinde azalış eğilimi gözlenmektedir. Yani Batı Karadeniz Bölgesinin kıyı kesimlerinde kuraklığın azalma eğiliminde olduğu saptanmıştır. Fakat bu beş istasyondaki azalışta anlamlılık bulunamamıştır. Diğer 21 istasyonda ise artış eğilimi göstermekle birlikte bu eğilim Giresun istasyonunda (z: 3,33) 0.001 düzeyinde, Akçakoca (z: 2,82), Osmancık (z: 2,62), Bayburt (z: 3,08) istasyonlarında 0.01 düzeyinde, Ordu (z: 1,96) ve Merzifon (z: 2,12) istasyonlarında 0,05 düzeyinde, Sinop (z: 1,85), Hopa (z: 1,77), Kastamonu (z: 1,91)

stasyonlarında 0.1 düzeyinde anlamlı olduğu saptanmıştır. Benzer sonuçlar başka çalışmalar ile de desteklenmektedir (Saplıoğlu & Çoban, 2013; Demir, 2018).

Karadeniz Bölgesinde de iklim değişikliği ile birlikte aşırı hava olaylarının arttığı bunun ise farklı sonuçlar doğurduğu görülmektedir. Karadeniz bölgesi aşırı eğimli olduğu, havzaların dar olması ve sıcaklık artışı ile birlikte kar yağışından çok yağmur yağışı meydana gelmesi sebebi ile yağışların ortalamadan fazla olduğunda sel, taşkın ve heyelanlara sebep olmaktadır. (Simsek vd., 2024; Aksu vd., 2021; Trenberth, 2005; Tayanç vd., 2009). Yağışların ortalamadan az olduğunda ise kuraklığa tarım ürünlerinde azalmaya ve orman alanlarında kuraklık stresine sebep olmaktadır (Ertuğrul vd., 2014). Ayrıca artan sıcaklıklar yüksek rakımlardaki karların ilkbaharın başlarında hızlı erimesi ile taşkın ve sellere, yaz aylarının sonlarında ise aşırı kuraklıklara dönüşebilmektedir (Örneğin 2021 Kastamonu- Bozkurt seli, 2015 Artvin Hopa seli (Caglayan vd. 2021; Baltacı, 2017; Celik vd., 2006; Yüksek vd., 2013; Nefeslioglu vd., 2008; Ercanoğlu & Gokceoglu, 2004; Demir vd., 2018).

6. Sonuç

Ülkemizin en yağışlı bölgesi olan Karadeniz Bölgesi'nde meteoroloji istasyonlarına göre yıllık ortalama yağış değeri 859 mm'dir. Bu değer kıyı istasyonlarında ortalama 1172 mm'ye çıkarken iç kesimlerdeki istasyonlarda ortalama 485 mm'ye düşmektedir. Bu yağış farklılıkları yıllar arası yağış değişkenliklerinde de görülmektedir. Tüm bölgenin ortalama değerlerine göre yıllık ortalama toplam yağış değerleri arasında ~400 mm değişkenlik görülmektedir. Bu değişkenlik kıyı istasyonlarında 600 mm'ye çıkmakta, iç kesimlerdeki istasyonlarda ise 250 mm'ye düşmektedir. Bu değerlere göre kıyı kesim daha yüksek yağış almasına rağmen yıllar arası toplam yağışlar önemli farklılıklar olmaktadır. İç kesimlerde bu farklılık azalmakla birlikte yıllık toplam yağış değerleri kıyı kesimine oldukça düşüktür. Bu değişkenlik koşulları ülkemizin en yağışlı bölgesi olan Karadeniz'de zaman zaman kuraklıkların yaşanmasına neden olmuştur. Trend analizlerine göre bölge genelinde yağışlarda bir artış yaşanmaktadır. Ancak bu durum aşırı kurak ve aşırı nemli yılların birbirini takip etmesine neden olmuştur.

Çalışmada Karadeniz Bölgesi'ndeki 26 Meteoroloji istasyonundan alınan aylık ortalama yağış değerlerine uygulanan yıllık ve 12 aylık SPI yöntemiyle bölgedeki nemli ve kurak dönemler tüm bölge genelinde bir bütün olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçların ısı haritaları aracılığıyla gösterilmiştir. Bu sayede tüm zaman aralıklarındaki SPI değerlerinin hem alansal hem de zamansal açıdan incelenebilmiştir. Bölgenin tamamı için hesaplanan yıllık SPI değerlerine göre 1967, 1988, 1996-1997, 1999, 2009 ve 2016 yılları orta ve aşırı nemli, 1966, 1969, 1974-1977, 1984-1986, 1993-1994, 2006-2007 ve 2019-2020 yılları orta ve şiddetli kurak karakterindedir. Özellikle 1972-1987 dönemi en kurak dönemdir ve bu dönemdeki kuraklık kıyı kesiminde daha şiddetli yaşanmıştır. İç kesimlerde ise 2013 yılı aşırı kurak yaşanmıştır. 2020 yılı ise iç kesimlerde daha şiddetli olmak üzere bölgenin tamamında kurak geçmiştir. Haziran ayında özellikle Batı Karadeniz'de 1974-1982 döneminin daha kurak karakterdedir ve bu durum tüm aylık serilerde de belirgin olarak görülmektedir.

Bölge genelinde kıyı ve iç kesimlerde nemlilikte artış olduğu gözlenmiştir fakat kurak dönemlerinde nemli dönemler arasında kendini gösterdiği görülmektedir. Kurak ve nemli yılları bölge geneline farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar hem doğu batı doğrultusunda değişkenlik göstermekte, hem de kıyı ve iç kesimlerde farklılıklar göstermektedir. Hatta bölgenin aşırı engebeli olması sebebi ile komşu istasyonlardaki ortalama yağış değerleri ve SPI değerleri de birbiri ile uyum göstermediği görülmüştür. Birbirine yakın bazı istasyonlarda kısmi olarak kurak ve nemli yıllar birbiri ile uyum gösterse de tam bir örtüşme olmadığı görülmektedir. Bölge yağış ortalamasının kurak olduğu yıllarda bazı istasyonlarda nemli dönemlerin, bölge yağış ortalamasının nemli olduğu dönemlerde ise bazı istasyonların kurak dönem yaşadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak ülkemizin en yağışlı bölgesi olan Karadeniz Bölgesi'nde sıklıkla bir yıllık, iki ve seyrek olarak daha uzun süreli kurak ve nemli dönemlerin birbirini takip ettiği görülmektedir. Ancak Karadeniz'in sahip olduğu coğrafi özelliklerin bir sonucu olarak bu dönemlerin kısa mesafelerde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. SPI analizinde elde edilen sonuçların su kaynaklarına etkilerinin daha iyi analiz edilmesi için hidrolojik veriler ile karşılaştırılması, sıcaklık ve kar yağışı gibi diğer iklim parametrelerindeki genel trendlerin analiz edilmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Çalışmaya katkılarından dolayı Doç. Dr. Faize Sarış'a çok teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akbaş, A. (2014a). Türkiye üzerindeki önemli kurak yıllar. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12(2), 101–118.
- Akbaş, A. (2014b). Türkiye'de klimatolojik kuraklık olasılıklarının dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 63, 1–8. <https://doi.org/10.17211/tcd.08368>
- Akkemik, Ü., Dağdeviren, N., & Aras, A. (2005). A preliminary reconstruction (AD 1635–2000) of spring precipitation using oak tree rings in the western Black Sea region of Turkey. *International Journal of Biometeorology*, 49(5), 297–302.

- Aksu, H., Cetin, M., Aksoy, H., Alsenjar, O., Yildirim, I., & Yaldız, S. G. (2021, May 31 – June 11). *Climate change-induced variabilities in climate extremes on the Black Sea region of Turkey* [Congress presentation]. 55th Canadian Meteorological and Oceanographic Society (CMOS) Congress, Vancouver, Canada.
- Akramy, A. (2020). *Erzincan, Bayburt ve Gümüshane illerinde faktör analizi ve güvenilirlik yöntemi ile hidrolojik ve meteorolojik kuraklık değerlendirmesi* [Yüksek lisans tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Aydın, S., Şimşek, M., Çetinkaya, G., & Öztürk, M. Z. (2019, 20–22 Haziran). *Erinç Yağış Etkinlik İndisi'ne göre belirlenen Türkiye iklim bölgelerinin rejim karakteristikleri* [Bildiri Sunumu]. 1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi, İstanbul, Türkiye.
- Aziz, R., Yucel, I., & Yozgatligil, C. (2020). Nonstationarity impacts on frequency analysis of yearly and seasonal extreme temperature in Turkey. *Atmospheric Research*, 238, Article 104875. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104875>
- Bakanoğulları, F. (2020). SPEI ve SPI indisleri kullanılarak İstanbul-Damlıca Deresi havzasında kuraklık şiddetlerinin analizi. *Toprak Su Dergisi*, 9(1), 1–10.
- Bakanoğulları, F., Bahar, E., Kıvrak, C., & Gür, M. (2022). Assessment of meteorological and agricultural drought analysis in Kırklareli province. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4), 756–768.
- Balov, M. N., & Altunkaynak, A. (2020). Spatio-temporal evaluation of various global circulation models in terms of projection of different meteorological drought indices. *Environmental Earth Sciences*, 79(6), Article 126. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-8881-0>
- Baltacı, H. (2017). Meteorological analysis of flash floods in Artvin (NE Turkey) on 24 August 2015. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(7), 1221–1230.
- Beden, N., Demir, V., & Keskin, A. Ü. (2019). Samsun İlinde SPI ve PNI Kuraklık İndekslerinin Eğilim Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 22(64), 107–116.
- Çaglayan, A., Saber, R., & Isik, V. (2021, October 10–14). *Assessment of August 11, 2021 Bozkurt Flood Disaster With Sentinel-2 Satellite Images, Turkey* [Congress presentation]. 11th Congress of the Balkan Geophysical Society, Bucharest, Romania.
- Celik, H. E., Aydın, A., Ozturk, T., & Dagci, M. (2006). Causes of the 1998 Bartın river flood in Western Black Sea region of Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 37(2), 341–348.
- Cookson, E., Hill, D. J., & Lawrence, D. (2019). Impacts of long term climate change during the collapse of the Akkadian Empire. *Journal of Archaeological Science*, 106, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.03.009>
- Çelik, M. A. (2020). Kuraklık araştırmalarında yeni eğilimler, kullanılan teknikler ve kavramlar üzerine bibliyometrik ağ analizi. *International Journal of Geography and Geography Education*, 25(42), 602–630.
- Çiçek, İ., & Duman, N. (2015). Seasonal and annual precipitation trends in Turkey. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(2), 77–84.
- Dellal, İ., & McCarl, B. A. (2010). The economic impacts of drought on agriculture: The case of Turkey. In A. Lopez-Francos (Ed.), *Economics of Drought and Drought Preparedness in a Climate Change Context* (pp. 169–174). CIHEAM Options Méditerranéennes.
- Demir, V., & Kisi, O. (2016, May 19–21). *Comparison of Mann-Kendall and innovative trend method (Şen trend) for monthly total precipitation (Middle Black Sea Region, Turkey)* [Conference presentation]. 3rd International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering, Epoka University, Albania.
- Demir, V., Zeybekoğlu, U., Beden, N., & Ülke Keskin, A. (2018, September 12–14). *Homogeneity and trend analysis of long term temperatures in the Middle Black Sea Region* [Congress presentation]. 13th International Congress on Advances in Civil Engineering, İzmir, Türkiye.
- Demir, V. (2018). *Karadeniz Bölgesi yağışlarının trend analizi* [Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Deniz Öztürk, Y., & Ünlü, R. (2022). Türkiye’de Yapılan Kuraklık Analiz Çalışmaları Üzerine Bir Derleme. *Afet ve Risk Dergisi*, 5(2), 669–680.
- Dikici, M. (2020). Drought analysis with different indices for the Asi Basin (Turkey). *Scientific Reports*, 10, Article 20739. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77827-z>
- Erler, M. Y. (1997). *Ankara ve Konya Vilayetlerinde Kuraklık ve Kıtık (1845 ve 1874 Yılları)* [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/giris.jsp>
- Ertuğrul, M., Varol, T., & Özel, H. B. (2014). Climate changes in prospect for the West Black Sea Forests. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 16(23), 35–43.
- Ercanoğlu, M., & Gokceoglu, C. (2004). Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey). *Engineering Geology*, 75(3–4), 229–250.
- Eslamian, S., & Eslamian, F. A. (2017). *Handbook of drought and water scarcity: Environmental impacts and analysis of drought and water scarcity*. CRC Press.
- Guttman, N. B. (1999). Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 35(2), 311–322.
- Hadi, S. J., & Tombul, M. (2018). Long-term spatiotemporal trend analysis of precipitation and temperature over Turkey. *Meteorological Applications*, 25(3), 445–455.
- Kadioğlu, M. (2008). Kuraklık Kırını Risk Yönetimi. In M. Kadioğlu & E. Özdamar (Eds.), *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri* (pp. 277–300). JICA Türkiye Ofisi, Ankara.
- Komuscu, A. U. (1999). Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey. *Drought Network News*, 49, 7–13.
- Komuscu, A. U. (2001). An analysis of recent drought conditions in Turkey in relation to circulation patterns. *Drought Network News*, 13(2–3), 5–6.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 13(3), 245–259.
- Kendall, M. G. (1948). *Rank correlation methods*. Charles Griffin & Company Limited.

- Mondal, A., Kundu, S., & Mukhopadhyay, A. (2012). Rainfall trend analysis by Mann-Kendall test: A case study of north-eastern part of Cuttack district, Orissa. *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, 2(1), 70–78.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993, January 17–22). *The relationship of drought frequency and duration to time scales* [Conference presentation]. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA.
- Nefeslioglu, H. A., Duman, T. Y., & Durmaz, S. (2008). Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey). *Geomorphology*, 94(3-4), 401–418.
- Oğuz, K., Pekin, M. A., & Çamalan, G. (2021). Muğla İlinde 1960-2018 Dönemi Kuraklık Analizi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 89–100.
- Özocak, M., Akay, A. O., Esin, A. İ., Yurtseven, H., & Akgül, M. (2023). A new framework to spatial and temporal drought analysis for 1990–2020 period with Mann–Kendall and innovative trend analysis methods in Turkey. *Natural Hazards*, 120, 1463–1517.
- Özdemir, M. A. (2004). İklim değişimleri ve uygarlık üzerindeki yansımalarına ilişkin bazı örnekler. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 173–192.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35, 17–27.
- Partal, T., & Yavuz, E. (2020). Orta Karadeniz ve Doğu Karadeniz Bölgesinde kuraklık indisleri üzerine trend analizi uygulanması. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(2), 851–861.
- Salehnia, N., Alizadeh, A., Sanaeinejad, H., Bannayan, M., Zarrin, A., & Hoogenboom, G. (2017). Estimation of meteorological drought indices based on AgMERRA precipitation data and station-observed precipitation data. *Journal of Arid Land*, 9, 797–809.
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., & Amnell, T. (2002). *Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates*. MAKESENS–The excel template application. Finnish Meteorological Institute, Helsinki.
- Saplıoğlu, K., & Çoban, E. (2013, 26–27 Eylül). *Karadeniz bölgesi yağış serilerinin trend analizi* [Bildiri sunumu]. VII. Ulusal Hidroloji Kongresi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Serkendiz, H., Tatlı, H., Kılıç, A., Çetin, M., & Sungur, A. (2024). Analysis of drought intensity, frequency and trends using the SPEI in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 155, 2997–3012.
- Simsek, O., Yıldız-Bozkurt, S., & Gumus, V. (2024). Analysis of meteorological drought with different methods in the Black Sea region, Turkey. *Acta Geophysica*, 72, 1927–1943. <https://doi.org/10.1007/s11600-023-01099-0>
- Sönmez, F. K., Kömüscü, 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(2), 243–264.
- Şahin Kürşad, M., & Nartgün, Z. (2015). Kayıp veri sorununun çözümünde kullanılan farklı yöntemlerin ölçeklerin geçerlik ve güvenilirliği bağlamında karşılaştırılması. *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, 6(2), 254–267.
- Tatlı, H. (2017, November 1–4). *Classification of the Köppen and Holdridge life zones with respect to the climate scenarios-Rcp4.5 over Turkey* [Symposium presentation]. 8th Atmospheric Sciences Symposium, İstanbul, Turkey.
- Tayanç, M., İm, U., Doğruel, M., & Karaca, M. (2009). Climate change in Turkey for the last half century. *Climatic Change*, 94(3-4), 483–502.
- Tramblay, Y., Koutroulis, A., Samaniego, L., Vicente-Serrano, S. M., Volaire, F., Boone, A., & Polcher, J. (2020). Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios. *Earth-Science Reviews*, 210, Article 103348. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103348>
- Trenberth, K. E. (2005). The impact of climate change and variability on heavy precipitation, floods, and droughts. In M. G. Anderson & J. J. McDonnell (Eds.), *Encyclopedia of Hydrological Sciences* (pp. 1–11). John Wiley & Sons, Ltd.
- Türkeş, M. (1996). Meteorological drought in Turkey: A historical perspective, 1930–93. *Drought Network News*, 84. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1084&context=droughtnetnews>
- Türkeş, M., & Tatlı, H. (2009). Use of the standardized precipitation index (SPI) and a modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 29(15), 2270–2282.
- Türkeş, M. (2004). *İklimsel ve atmosferik verilerin türdeşlik ve rasgelelik çözümlemesi*. Temel İstatistik Kursu Notları. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Şen, Ö. L., Göktürk, O. M., & Dalfes, H. N. (2013). *İklim verisi kullanıcılarının karşılaştığı zorluklar ve çözüm önerileri*. 15 Ekim 2023'te https://havadelisi.files.wordpress.com/2013/07/ek-3_teknikrapor.pdf adresinden alındı.
- Ünlü, M. (2012). XIX. yüzyıl sonlarında Çarşamba'da kuraklık. *Karadeniz İncelemeleri Dergisi*, 6(12), 125–132.
- Wilhite, D. A., & Buchanan-Smith, M. (2005). Drought as hazard: understanding the natural and social context. In D. A. Wilhite & R. S. Pulwarty (Eds.), *Drought and water crises: Science, technology, and management issues* (pp. 29–48). CRC Press.
- Wilhite, D. A., & Pulwarty, R. S. (2017). *Drought and water crises: Integrating science, management, and policy*. CRC Press.
- Yavuz, E. (2020). *Karadeniz bölgesinde bazı kuraklık indisleri üzerine trend analizi uygulanması* [Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/giris.jsp>
- Yetmen, H. (2014, 23–24 Ekim). *Orta Karadeniz'deki kuraklık olaylarının karakteristikleri* [Bildiri sunumu]. Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi (TÜCAUM) VIII. Coğrafya Sempozyumu, Ankara, Türkiye.
- Yılmaz, C. B., Demir, V., & Sevimli, M. F. (2021). Doğu Karadeniz Bölgesi meteorolojik parametrelerinin trend analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 24, 489–496.
- Yüksek, Ö., Kankal, M., & Üçüncü, O. (2013). Assessment of big floods in the Eastern Black Sea Basin of Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 797–814.
- Zhao, S., Guo, Y., Sheng, Q., & Shyr, Y. (2014). Advanced heat map and clustering analysis using Heatmap3. *BioMed Research International*, 2014, Article 986048. <https://doi.org/10.1155/2014/986048>