

Büyük Menderes Havzasında Bazı Hidroklimatolojik Değişkenlerin Eğilim Analizi

Ödül ÖZTÜRK^{1,*}

İlknur CEBECİ¹

¹Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ANKARA

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): odul.ozturk@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received) : 29.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 23.10.2020

DOI:10.21657/topraksu.775654

Öz

İnsanlık tarihinden bu yana dünyanın değişen doğal dengesi, iklimleri de değiştirmektedir. Tüm canlı yaşamı ve çevresini tehdit eden küresel iklim değişikliğinin su kaynaklarımız üzerinde de önemli etkiler yaratması muhtemeldir. Dolayısıyla hidroklimatolojik değişkenlerin zaman içerisindeki değişimlerini incelemek önem arz etmektedir. Bu çalışmada Ege Bölgesinde yaklaşık 26.000 km²'lik bir alan ile en büyük havza niteliğinde olan Büyük Menderes Havzası ele alınmıştır. Havzada yer alan Aydın, Denizli ve Uşak illerine ait uzun yıllar aylık ortalama yağış, sıcaklık ve akım verileri Mann Kendall trend analizine tabii tutularak zaman içindeki değişim incelenmiştir. Buna göre sıcaklık bakımından en anlamlı artış eğilimi yedi ay ile Denizli'de olurken Uşak'ta da yaz aylarındaki artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Aydın ilinde ise sıcaklıklarda bir artış söz konusu olup bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Yağış ve akım eğilimleri incelendiğinde ise Denizli ve Uşak'ta yağışlarda görülen artış eğilimi anlam teşkil etmez iken havzada bulunan iki akım istasyonunda da önemli azalış eğilimi izlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akım, Büyük Menderes Havzası, Mann Kendall, Sıcaklık, Yağış

Trend Analysis of Some Hydroclimatological Variables in Büyük Menderes Basin

Abstract

At the beginning of the humanity, the changing natural balance of the world has also changed the climate. Global climate change, which threatens all life and its environment, is likely to have a significant impact on our water resources. It is therefore important to examine the precipitation and streamflow from the elements of the hydrological cycle as well as the changes in temperature in time. In this study, Büyük Menderes Basin, which is the largest basin of the Aegean Region with about 26.000 km² area, was examined. In long-term average monthly precipitation, temperature and stream flow data belong to Aydın, Denizli and Uşak provinces which are taken up in the basin, were analyzed by using Mann Kendall Trend Analysis. Accordingly, while the most significant increase trend in temperature was in Denizli with seven months, the increase trend in summer months in Uşak was statistically significant, too. An increased trend was found in temperatures for Aydın, which was not statistically significant. When it comes to evaluate precipitation and streamflow trends; while increase trend was not found significant in Denizli and Uşak, significant decrease trend in stream flow was found in two stream gauging station in the basin.

Keywords: Flow, Büyük Menderes Basin, Mann Kendall, Precipitation, Temperature

GİRİŞ

İnsanlığın varoluşundan bu yana dünyanın doğal dengesi değişmektedir. Bu doğal dengedeki değişimlerle iklimler de değişmektedir ancak 1850'li yıllardan itibaren insan etkisi de iklim değişikliğine hız kazandırmıştır. İklim değişikliği, sanayi devrimiyle başlayan, giderek artan sanayileşme, fosil yakıtların kullanımı ve insan faktörüyle birlikte atmosferde karbondioksit birikmesi sonucu ortaya çıkan, günümüzün önemli sorunlarından biridir. İklim değişikliği bugün hemen hemen tüm iklim bilimcilerin kabul ettiği ve insan faktörü katkısının yadsınmadığı bir kavramdır. Tüm canlı yaşamı ve çevresini tehdit eden küresel iklim değişikliğinin, toprak ve su kaynaklarımız üzerinde de önemli etkiler yaratması muhtemeldir. Tarımsal üretimin de temelini oluşturan ve insanlığın yaşama kaynağı olan su kaynakları yaşamın temel öğeleridir. Yağış düzeninin ve sıcaklıkların değişmesi, su kaynakları üzerinde farklı etkiler gösterecektir. Yağışın fazla olduğu alanlarda, şiddetli yağışlar sebebiyle akarsuların debilerinde artma olacaktır. Yağışın az olduğu alanlarda ise kuraklığın baş göstermesi ile buharlaşma artacak ve kullanılabilir su miktarında azalma kaçınılmaz olacaktır. Çevrede oluşacak bu değişiklikler toprakların kuraklaşmasında en etkili faktör olarak rol alacaktır. Dolayısıyla değişen iklim bileşenleri ve akımlar arasındaki ilişki seyrinin izlenmesi ve bilinmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu amaçla herhangi bir havzadaki meteorolojik bileşenlere ait verilerin doğru şekilde izlenmesi, incelenmesi ve analiz edilmesi ile akımlar arasındaki ilişkinin bilinmesi, su kaynaklarının etkin kullanımı için gereklilik haline gelmiştir. Gerçek şudur ki, su kaynakları planlaması ile ilgili yapılan çoğu çalışmada iklim değişikliğinin etkilerine ya da yağışlardaki değişimlere bağlı olarak gözlenmiş verilerde eğilim gözlenmektedir. Gözlenen eğilimlerin niteliği ve başlangıç tarihinin belirlenmesi havza yönetiminde yol gösterici olmaktadır (Çakmak ve Baran 2015).

Günümüze kadar küresel, bölgesel veya ülke ölçeğinde yapılmış olan birçok iklim değişikliği çalışması, iklim değişikliğinin akarsu havzaları üzerindeki potansiyel etkilerini yansıtmamaktadır. Bu nedenle belirli bir havzada iklim değişikliğinin olası etkilerini belirlemek ve bu etkileri yönetmek, havza bazında su kaynaklarını korumak adına büyük önem taşımaktadır (Chaponniere ve Smakhtin, 2006). Bu sebeptendir ki, havza ölçeğinde, hidrolojik döngü ve

su kaynakları üzerinde, iklim değişikliğinin etkilerini içeren araştırmalar artmaya başlamıştır. Yapılan çalışmalara göre Türkiye'yi kapsayan araştırmalarda, yıllık toplam yağışlar ele alındığında genel olarak yağışlarda bir azalma eğilimi bulunurken, bazı bölgelerde artış eğilimi tespit edilmiştir (Türkeş, 1996; Türkeş ve ark., 2009; Partal ve Kahya, 2006; Özfıdaner, 2007). Yıldırım ve ark. (2004), Gediz havzasındaki 4 akım gözlem istasyonu verilerini ve Akhisar meteoroloji istasyonu yağış ölçümlerini kullanarak akım ve yağış ilişkisini incelemişlerdir. Akhisar yağış verileri eğiliminde kış ayları hariç önemli bir değişim görülmez iken akım verilerinde su kullanımının da yoğun olduğu yaz mevsiminde önemli düşüş eğilimi saptanmıştır. Durdu (2010), Aydın, Denizli, Afyon ve Uşak istasyonlarında 45 yıllık iklim verilerini incelediği çalışmasında sıcaklığın 45 yıllık sürede 1 0C yükseldiğini, yıllık toplam yağışların azalma eğiliminde olduğunu ancak bu eğilimin istatistiksel olarak önemli olmadığını tespit etmiştir. Büyük Menderes Nehrinin ana kollarında akım miktarları azalma eğilimi göstermiş olup bu eğilimin sıcaklık ve yağışlardaki azalma ile güçlü bir bağlantısı olduğu vurgulanmıştır. Özkul (2009), Gediz ve Büyük Menderes Havzalarında yağışların düşüş eğiliminde olduğunu Ancak Gediz havzasında sadece Menemen ve Manisa istasyonlarında, Büyük Menderes havzasında ise Aydın istasyonunda ki düşüş eğiliminin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmiştir.

Kahya ve Kalaycı (2004), Türkiye' deki nehir akımlarının eğilim analizlerini inceleyerek, sıcaklık, nem ve yağıştaki değişimlerin akarsu rejimlerini de etkilediğini ve nehir akımlarında değişimlerin olduğunu ortaya koymuşlardır. Cengiz ve Kahya (2006), Türkiye'nin yıllık ortalama göl seviye verilerine parametrik olmayan Mann Kendall istatistik trend testi uygulayarak daha önce yapılan akım, yağış ve sıcaklık değişkenlerinin eğilimleriyle ilişkilendirmişlerdir. Bunun sonucunda bahsi geçen değişkenler ile göl seviyelerinde ki eğilimlerin oldukça uyumlu olduğunu tespit etmişlerdir. Yağış rejimleri ile göl su seviyelerinin, yersel ve iklimsel farklılıklara rağmen birbirleri ile ilişkili olduğunu saptamışlardır. Sonuç olarak bu eğilimlerin iklim değişikliğinin varlığını gösterdiğini belirtmişlerdir. Türkeş ve Deniz (2011), Güney Marmara'da yağış ve akım serilerinin eğilim analizine göre 1980'lerin ortalarından bu yana yıllık yağışlarda azalma

eğilimi olduğunu, kış aylarında ise 1970'lerden bu yana giderek belirginleşen bir azalma eğilimi saptamışlardır. Araştırmacılar akarsulardaki akım verilerinden yararlanılarak iklim değişikliği/değişkenliği konusunda önemli ipuçları elde edileceğini düşündükleri bu çalışmada, akarsu akımlarında, 1990'lardan beri kış mevsiminde belirgin bir azalma eğilimi belirlemişlerdir. Bahadır (2011), Kızılırmak Havzası'nı kapsayan çalışmada sıcaklık, yağış ve akım eğilimlerini incelemiş, genel olarak sıcaklık ile akım arasında orta derecede negatif yönlü anlamlı ilişki, yağış ile akım arasında pozitif yönlü orta derece anlamlı ilişki tespit etmiştir. Eğilim analizlerine göre, sıcaklığın uzun yıllık seyrinde artış, yağışta ise azalma, akım verilerinde ise tüm kollarda ve ana akarsuda azalma şeklinde gerçekleştiğini belirterek söz konusu eğilimlerin devam edeceği öngörüsüne sahip olmuştur.

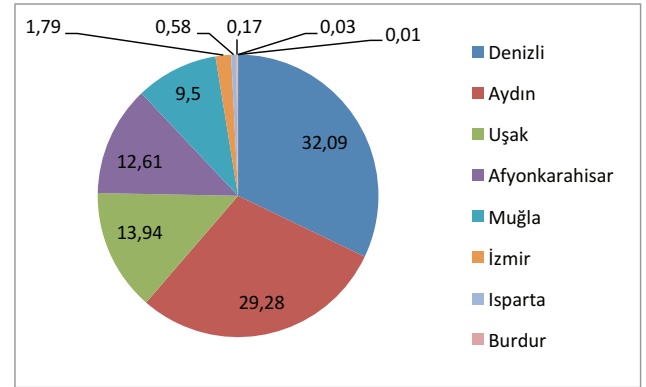
Özkul ve ark.,(2008), küresel iklim değişikliğinin Gediz ve Büyük Menderes havzalarında akımlara olan etkisini inceledikleri çalışmalarında, hidrometeorolojik verilerdeki eğilimleri araştırmış ve sonrasında Genel Sirkülasyon Modelleri (GCM'ler) yardımıyla iki farklı emisyon senaryosu altında farklı projeksiyon yılları için olası yağış ve sıcaklık değişimlerini belirleyerek bu değişen meteorolojik koşullar altında yüzeysel akımlardaki değişimleri saptamışlardır. Eğilim analizlerine göre, Gediz havzasındaki yağışların önemli ölçüde azaldığı, sıcaklıkların ise yine anlamlı düzeyde arttığı görülmüştür. Havza genelinde akım serilerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma eğilimi görülmüştür. Büyük Menderes havzasında ise yağış verilerinde zamanla azalan bir eğilim gözlenirse de, istatistiksel olarak anlamlı bir azalma saptanamamış; sıcaklıkta da anlamlı değişimler izlenmemiştir. Buna rağmen tarihsel akış serileri ile yapılan eğilim analizlerinin sonuçları, yağış ve sıcaklıkta istatistiksel açıdan anlamlı değişimler göstermemektedir. Akımlarda ise havza genelinde, istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmalar olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada Büyük Menderes Havzası'nda yer alan Devlet Su İşleri (DSİ)'ne ait akım gözlem istasyonlarından (AGİ) elde edilen uzun yıllar aylık toplam akım verileri ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'ne ait meteoroloji gözlem istasyonlarından (MGİ) uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri alınarak eğilim analizleri yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Havzaya ait genel bilgileri

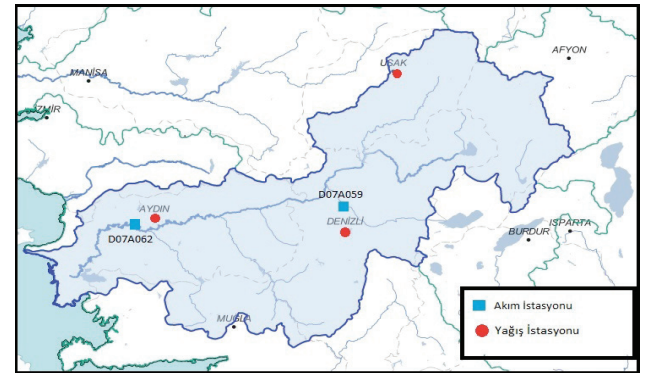
Büyük Menderes Havzası Ege Bölgesinde yer alan en büyük havza olmakla birlikte havzanın başlıca akarsuyu 584 km uzunluğu ile Büyük Menderes Nehri ve kollarıdır. Nehrin önemli kolları Çine, Akçay, Emir, Banaz, Kufi, Dandalaz ve Madran Çaylarıdır. Büyük Menderes Havzası sınırları içerisinde Afyonkarahisar, Aydın, Burdur, Denizli, Isparta, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak olmak üzere 10 il yer almaktadır. Havzada yer alan illerin alansal dağılımı Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde Aydın, Denizli ve Uşak illerinin havzanın büyük bir kısmını oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 1. Havzada yer alan illerin alansal dağılımı (Anonim, 2010)

Figure 1. Area distribution of the provinces in the basin

Büyük Menderes havzası Batı Anadolu'da, 37° 6' - 38° 55' kuzey enlemleri ile 27° 15' - 30° 36' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havzanın güneyinde ve batısında Akdeniz iklimi hakim olup, kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak; kuzeyinde ise karasal iklim hakim olup kışları soğuk ve yağışlı geçmektedir. Havzanın uzun yıllar



Şekil 2. Büyük Menderes Havzasının Konumu ve İstasyonlar

Figure 2. Location of the Büyük Menderes basin and stations

Çizelge 1. Büyük Menderes havzasındaki istasyonlara ait bazı bilgiler
Table 1. Some information from stations in the Büyük Menderes basin

İstasyon Adı	İstasyon No	Enlem	Boylam	Rakım (m)	Veri Aralığı	
					Yağış	Sıcaklık
Aydın MGİ	17234	37.51	27.51	56	1950-2016	1950-2016
Denizli MGİ	17237	37.47	29.05	426	1957-2016	1957-2016
Uşak MGİ	17188	38.41	29.24	919	1950-2014	1950-2016

İstasyon Adı	İstasyon No	Enlem	Boylam	Rakım (m)	Veri Aralığı	
					Akım	
Aydın/Koçarlı AGİ	D07A062	29.4	37.55	17	1968-2015	
Denizli/Çürüksu AGİ	D07A059	27.43	37.49	160	1985-2015	

yağış ortalaması 635 mm'dir. Ortalama yıllık yağış havzanın doğusunda 350 mm'ye kadar düşmesine rağmen kıyı kesimlerine doğru artmakta, özellikle güneydeki dağlık alanlarda 1000 mm'yi aşmaktadır (Yeşilirmak ve ark., 2011). Havzanın nüfusu yaklaşık 2.5 milyon olup havzada bulunan suyun %79'u tarımsal ve %21'i endüstriyel+evsel amaçlı olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2016).

Yapılan bu çalışmada yaklaşık 26.000 km²'lik alanıyla Ege Bölgesi'nin en büyük havzası olan Büyük Menderes Havzası ele alınmıştır. Havzada yer alan ve havza alanının %75'ini oluşturan Aydın, Denizli ve Uşak illerine ait, sırasıyla 67, 60 ve 65 yıllık, aylık toplam yağış ortalaması ve aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Denizli ili sınırlarında yer alan Çürüksu AGİ'den 30 yıllık, Aydın ili sınırlarında yer alan Koçarlı AGİ'den ise 47 yıllık akım verileri temin edilmiştir. Büyük Menderes Havzasının konumu ve havzada yer alan MGM ve DSİ'nin işlettiği istasyonlar Şekil 2'de gösterilmiştir. Verilerin elde edildiği bu istasyonlara ait bazı veriler Çizelge 1'de verilmiştir. Söz konusu istasyonlara ait uzun yıllar aylık toplam yağış, ortalama sıcaklık ve toplam akım verileri Mann Kendall trend analizine tabii tutularak zaman içindeki değişimleri incelenmiştir.

Mann-Kendall sıra korelasyon testi

Mann-Kendall, parametrik olmayan sıra korelasyon testi olup hidrometeorolojik zaman serilerinde meydana gelebilecek artma veya azalma yönündeki eğilimlerin istatistiksel önemini test etmede oldukça yaygın kullanılmaktadır (Yue, Wang, 2002). Bu eğilim testi $i = 1, \dots, n-1$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_i veri setine ve $j = i + 1, \dots, n$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_j veri setine uygulanır. Her bir sıralanmış rakam x_i bir referans noktası olarak kullanılır ve diğer sıralanmış veri grubu x_j ile aşağıdaki denklemde verildiği gibi kıyaslanır.

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

Mann-Kendall test istatistiği S ise;

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (2)$$

formülü ile belirlenebilir. Denklemde n, yıl olarak veri uzunluğudur. S değeri ise $n \geq 8$ olduğunda aşağıda verilen ortalama ve varyans ile yaklaşık olarak normal dağılım gösterir. Eğer $n \geq 30$ ise z testi, t-testine yaklaşıp (Çakmak ve Baran, 2015).

$$E[S] = 0$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (3)$$

Burada, p veri setindeki tekrar gözlem sayılarını, t_i değeri ise i uzunluğundaki bir seride tekrarlanan gözlemleri göstermektedir. Eşitlikteki toplama terimi sadece veride bağlı gözlem olduğunda kullanılır. Standartlaştırılmış Mann-Kendall istatistiği Z, denklem (4)'de verildiği gibi hesaplanabilmekte ve seride eğilim yoktur sıfır hipotezi (H_0) varsayımı altında ortalaması sıfır, varyansı bir olan standart normal dağılım göstermektedir.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & S > 0 \\ 0; & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Mann Kendall test istatistiği Z Ztablo, $1-\alpha/2 \leq Z \leq Z_{\text{tablo}}$, $1-\alpha/2$ ise, "sıfır hipotezi" kabul edilmektedir.

Artı Z değeri artan bir eğilimi gösterirken, eksi Z değeri azalan bir eğilime işaret etmektedir (Yue ve ark., 1993).

Parametrik ve parametrik olmayan test istatistikleri, istatistiksel olarak anlamlı eğilimlerin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Ancak parametrik testler normal dağılıma uyma, lineerlik sağlama gibi şartlar gerektirdiğinden hidroklimatolojik veri serilerinde kullanışlı değildir. Bunun yanında parametrik olmayan test istatistikleri, değişkenin dağılımından bağımsız olması ve testlerinin sıra ile ilgili olmasından dolayı daha kullanışlı olmaktadır. Parametrik olmayan test istatistikleri eksik veri ve kısıtlı veri sayısını tolere edebildiği için tercih nedeni olmaktadır.

Mann Kendall test istatistiği, hidroloji ve klimatoloji gibi alanlardaki zaman serilerinde eğilimin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından da önerilen bir yöntemdir (Kosif, 2001). Türkiye’de ve dünyada Erdoğan (1989), Toros (1993), İcağa (1994), Türkeş (1996), Kadioğlu (1997), Kalaycı ve Kahya (1998), Kosif (2001), Zhang ve ark., (2001) Burn ve Elnur (2002), Özel (2004), Kahya ve Kalaycı (2004), Sütgibi (2009), Durdu (2010), Çakmak ve Baran (2015) tarafından bu yöntem kullanılarak

eğilim analizi çalışması yapılmış ve Mann Kendall testinin başarısı ortaya konulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Havzadaki 3 adet meteoroloji gözlem istasyonunda (MGİ) ölçülen uzun yıllar aylık toplam yağış ve uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık verileri ile 2 adet akım gözlem istasyonundan (AGİ) elde edilen uzun yıllar aylık toplam akım verilerinin eğilimlerini belirlemek için kullanılan parametrik olmayan Mann Kendall testinin sonuçları Çizelge 2,3,4’te verilmiş ve eğilimlerle ilgili genel bir değerlendirme yapılmıştır. Çizelgelerde yıldızlı koyu renkli alanlar herhangi bir yönde istatistiki anlam taşıyan sonuçları göstermektedir.

Test istatistiğinin mutlak değerinin, 0.05 olarak alınan α anlamlılık seviyesindeki Z değerinin (+) 1.96 ve (-) 1.96 aralığında olması herhangi bir eğilimin olmadığını göstermekte olup, Z değerinin (+) 1.96’ dan büyük olması istatistiki olarak artan yönde eğilim ve (-) 1.96 değerinden küçük olması ise azalan yönde eğilim olduğunu göstermektedir.

Buna göre Çizelge 2’de havzanın sıcaklık eğilimleri incelendiğinde özellikle Denizli ve Uşak istasyonlarında önemli düzeyde artış eğilimi görülmekte olup Denizli istasyonunda Nisan-

Çizelge 2. Uzun Yıllar Aylık Ort. Sıcaklık Verilerinin Eğilim Sonuçları

Table 2. Trend Results of Monthly Average Temperature Data for Many Years

Aylar	Sıcaklık					
	İstasyon Adı: Denizli		İstasyon Adı: Uşak		İstasyon Adı: Aydın	
	İstasyon No: 17237		İstasyon No: 17188		İstasyon No: 17234	
	Veri Aralığı: 1957-2016		Veri Aralığı: 1950-2016		Veri Aralığı: 1950-2016	
	Test Z	Eğilim	Test Z	Eğilim	Test Z	Eğilim
1	1.15	↑	0.30	↑	-0.17	↓
2	1.23	↑	0.67	↑	-0.14	↓
3	1.76	↑	1.24	↑	0.98	↑
4	1.97	*↑	0.35	↑	0.82	↑
5	2.86	*↑	1.45	↑	1.59	↑
6	4.41	*↑	2.26	*↑	1.94	↑
7	5.44	*↑	2.65	*↑	1.93	↑
8	5.14	*↑	1.99	*↑	1.51	↑
9	4.68	*↑	1.12	↑	0.95	↑
10	2.16	*↑	1.47	↑	1.06	↑
11	0.61	↑	0.33	↑	-0.49	↓
12	-0.71	↓	-0.65	↓	-1.35	↓

* %95 güven aralığında önemli eğilim

↑ Artma Yönünde Eğilim

↓ Azalma Yönünde Eğilim

Ekim arasındaki artış eğilimi istatistiki anlamda ($\alpha=0.05$) önemli görülmüştür. Uşak istasyonunda ise Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında istatistiki olarak önemli artış eğilimi görülmektedir. Denizli ve Uşak istasyonlarında azalma yönünde eğilim sadece Aralık ayında olup istatistiki açıdan önem teşkil etmemektedir. Aydın istasyonunda kış mevsimi aylarında sıcaklıklarda azalma yönünde eğilim görülürken diğer aylarda görülen sıcaklık artış eğilimi istatistiki olarak anlam taşımamaktadır (Çizelge 2). Sütgibi (2009)'dan farklı olarak, farklı zaman serilerinde ve uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık verileri üzerinden yaptığımız çalışmamızın sonucu, Sütgibi (2009)'un incelediği farklı zaman serilerinde uzun yıllar günlük ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıklara ait eğilim sonuçları araştırmamızı destekler niteliktedir. Sütgibi (2009), havzadaki dört istasyonda sıcaklıkların, yıllar itibariyle değişim ve artış gösterdiğini bulmuştur. Aydın, Denizli ve Uşak'ta bu artış eğilimini %95 ($\alpha=0,05$) olasılıkla anlamlı bulmuştur.

Yağış eğilim çizelgesi incelendiğinde ise araştırmaya konu olan üç istasyonda da kış, yaz ve sonbahar aylarında yağışlarda %95 güven aralığında anlamlı olmayan azalma ve artma eğilimi görülmektedir. Sadece Uşak ilinde nisan ayı yağışlarında anlamlı artış eğilimi belirlenmiştir

(Çizelge 3). Koçman ve ark. (1996), 48 yıllık bir zaman serisinde, Ege ovalarındaki yağış rejimini ve miktarındaki değişimi incelemiştir. Koçman ve ark. (1996), çalışmalarında yağış miktarında yıldan yıla önemli değişiklikler tespit etmesine rağmen istatistiki anlam taşıyan bir azalma veya artma eğilimi bulamamıştır. Bu bulgular araştırmamızın sonucunu destekler niteliktedir. Sütgibi (2009), uzun yıllar günlük toplam yağışlar üzerinden yaptığı eğilim analizinde çalışmaya konu olan dört istasyonda da yağış miktarında istatistiki anlam taşıyan herhangi bir eğilim bulamamıştır. Bulgular araştırmamızın sonuçları ile örtüşmektedir. Benzer şekilde Durdu (2010), Büyük Menderes Havzasında Aydın, Denizli, Afyon ve Uşak istasyonlarında 1963- 2007 yılları arasında kaydedilen yıllık toplam yağış serilerinin eğilimlerini parametrik (t-testi) ve parametrik olmayan (Mann-Kendall) testi ile incelediği çalışmasında yağışların azalma eğiliminde olduğunu ancak eğilimin anlamlı olmadığını saptamıştır. Özkul (2009), Pearson ve Spearman test istatistikleri ile yaptığı analizde yıllık toplam yağışların azalma eğiliminde olduğunu fakat eğilimin sadece Aydın istasyonunda anlamlı olduğunu bulmuştur. Bir diğer sonuç Partal ve Kahya (2006) tarafından Türkiye genelinde 96 istasyona ait aylık toplam yağış ve yıllık ortalama

Çizelge 3. Uzun Yıllar Aylık Toplam Yağış Verilerinin Eğilim Sonuçları
Table 3. Trend Results of Monthly Average Precipitation Data for Many Years

Aylar	Yağış					
	İstasyon Adı: Denizli		İstasyon Adı: Uşak		İstasyon Adı: Aydın	
	İstasyon No: 17237		İstasyon No: 17188		İstasyon No: 17234	
	Veri Aralığı: 1957-2016		Veri Aralığı: 1950-2014		Veri Aralığı: 1950-2016	
	Test Z	Eğilim	Test Z	Eğilim	Test Z	Eğilim
1	-0.26	↓	-0.67	↓	-0.69	↓
2	0.97	↑	-0.24	↓	-0.74	↓
3	-0.08	↓	-0.65	↓	0.38	↑
4	0.70	↑	2.05	*↑	0.63	↑
5	0.81	↑	-0.71	↓	0.27	↑
6	-0.43	↓	-0.79	↓	-0.18	↓
7	0.11	↑	-0.01	↓	-1.27	↓
8	0.71	↑	0.78	↑	-0.84	↓
9	-0.38	↓	-0.23	↓	-0.87	↓
10	0.78	↑	1.92	↑	0.32	↑
11	1.14	↑	0.29	↑	0.09	↑
12	-1.86	↓	0.29	↑	-0.79	↓

* %95 güven aralığında önemli eğilim

↑ Artma Yönünde Eğilim

↓ Azalma Yönünde Eğilim

yağış serileri ile yaptığı eğilim analizinden elde edilmiştir. Söz konusu çalışmada, zamansal mekânsal farklılıklar olmakla beraber Türkiye genelinde yağışlarda azalma eğilimi görülmüştür.. Önal ve Semazzi, (2006) yaptıkları bir çalışmada, Ege ve Akdeniz kıyılarında yağışların azalmakta olduğu belirtmişlerdir. Cengil (2009) doktora çalışmasında, bu çalışmayı destekleyen eğilimler bulmuştur. Buna göre Denizli’de sıcaklık açısından eğilimde, sürekli bir artış olmasına rağmen bu artışın kış sıcaklıklarında istatistiki olarak önemli olmadığı, ancak yaz sıcaklıklarında önemli olduğu görülmektedir. Yağışlar açısından, yıllık toplam yağışlarda azalma eğilimi olmasına rağmen bu eğilim istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Bununla birlikte Mann Kendall’a tabi tutulan Aydın Koçarlı AGİ verilerinde Temmuz ve Ağustos ayı hariç tüm aylarda azalma eğilimi görülürken, Şubat-Haziran arası ve Aralık aylarında, %5 anlamlılık seviyesinde oldukça belirgin azalma eğilimi göze çarpmaktadır. Yine Denizli Küçüksu AGİ verilerinin Z testi sonuçları ise akım verileri yılın tüm aylarında anlamlı azalma eğilimini göstermektedir (Çizelge 4). Özkul ve ark., (2008) ile Durdu (2010)’, Büyük Menderes Havzası akımlarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma eğilimi olduğunu ifade ettikleri çalışmalarıyla araştırmamızın sonuçlarını desteklemektedir.

SONUÇLAR

Bu araştırmada alan olarak Büyük Menderes Havzasının %75 ini kaplayan Aydın, Denizli ve Uşak illerinde bulunan MGİ’lerden yağış, sıcaklık ve AGİ’lerden akım verilerinin uzun yıllar boyunca aylık olarak değişimleri ve eğilimleri incelenmiştir. Buna göre özellikle havza sıcaklığında genel bir artış eğiliminin olduğu ve bu eğilimin de havzanın ortasında ve kuzeydoğusunda daha belirgin olarak ortaya çıktığı görülmüştür. Bununla birlikte yağışlarda ise aylara göre değişen hem azalma hem de artma eğilimi görülmekle birlikte Uşak istasyonunda sadece nisan ayında ($\alpha=0.05$) anlamlı bir eğilim bulunmuştur. Denizli istasyonunda sıcaklıklardaki aşırı artış eğilimi ve yağışlardaki azalma eğiliminin havzadaki akımları azalma yönünde etkilediği görülmektedir. Nitekim havzanın akım eğilimlerini incelediğimizde özellikle havzanın ortasında yer alan Denizli Çürüksu AGİ verilerinde istatistiki anlamda önemli bir azalma eğilimi görülmüştür (Çizelge 4). Havzanın batısında yer alan Aydın Koçarlı AGİ verilerinde ise genel olarak azalma eğilimi dikkat çekmektedir. Sıcaklık, yağış ve akım verilerinin bu eğilimleri değerlendirildiğinde havzanın orta kısmında görülen sıcaklıklardaki artış yağışlardaki azalış ve akımlardaki belirgin azalış eğiliminin bölgeyi kuraklık tehlikesiyle yüz yüze getirmesi muhtemeldir.

Çizelge 4. Uzun Yıllar Aylık Toplam Akım Verilerinin Eğilim Sonuçları
Table 4. Trend Results of Monthly Average Streamflow Data for Many Years

Aylar	Akım			
	İstasyon Adı: Denizli/Çürüksu AGİ		İstasyon Adı: Aydın/Koçarlı AGİ	
	İstasyon No: D07A059	İstasyon No: D07A062	Veri Aralığı: 1985-2015	Veri Aralığı: 1968-2015
	Test Z	Eğilim	Test Z	Eğilim
1	-3.17	*↓	-1.81	↓
2	-3.04	*↓	-2.63	*↓
3	-3.68	*↓	-3.53	*↓
4	-2.71	*↓	-2.25	*↓
5	-3.22	*↓	-2.68	*↓
6	-3.97	*↓	-3.75	*↓
7	-2.11	*↓	1.27	↑
8	-2.81	*↓	2.06	*↑
9	-3.85	*↓	-1.38	↓
10	-3.89	*↓	-1.56	↓
11	-3.44	*↓	-1.43	↓
12	-3.42	*↓	-2.30	*↓

* %95 güven aralığında önemli eğilim

↑ Artma Yönünde Eğilim

↓ Azalma Yönünde Eğilim

Yine havzanın batısında kalan Aydın istasyonunda görülen eğilimler bölgede başta su kaynakları olmak üzere, havza ekonomisinde önemli bir yer tutan tarımsal faaliyetleri olumsuz yönde etkilemesi olasıdır. Sonuç olarak havzanın %44'ünün tarım alanı olduğu ve tarımsal faaliyetlerin en çok Aydın ve Denizli illerinde yapıldığı düşünüldüğünde (Anonim, 2016) bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, önlem alınmadığı takdirde, su kaynaklarının ve dolayısıyla tarımsal faaliyetlerin tehdit altında olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim (2010). Büyük Menderes Havza kirlilik eylem planı, T.C. Çevre Şehircilik ve Orman Bakanlığı. <https://webdosya.csb.gov.tr/>.
- Anonim (2016). Büyük Menderes Havzası Kirlilik Önleme Eylem Planı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ekim 2016. <https://webdosya.csb.gov.tr/csb/dokumanlar/cygm0013.pdf>
- Bahadır M (2011). Kızılırmak Nehri akım değişimlerinin istatistiksel analizi. Turkish Studies-International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic, Volume 6/3, 1339-1356.
- Burn DH, Elnur MAH (2002). Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*, 255, 107-122.
- Cengil B (2009). İklim değişiminin Büyük Menderes Havzasında zeytin yetiştirme alanları üzerine etkisi. Ege Üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Cengiz TM, Kahya E (2006). Türkiye göl su seviyelerinin eğilim ve harmonik analizi, İTÜ Dergisi. 5 (3) 2: 215-224.
- Chaponniere A, Smakhtin V (2006). A review of climate change scenarios and preliminary rainfall trend analysis in the Oum Er Rbia Basin, Morocco. IWMI, Working Paper 110, Drought Series: Paper 8, Colombo, Sri Lanka.
- Çakmak Ö, Baran T (2015). Büyük Menderes Havzası yağışlarında eğilim analizi. 4. Su Yapıları Sempozyumu 419-427.
- Durdu ÖF (2010). Effects of climate change on water resources of the Büyük Menderes River Basin, Western Turkey. *Turk J. Agric For*, 34, 319-332, TÜBİTAK.
- Erdoğan F (1989). Türkiye'de yaygın kuraklık. *Meteoroloji Mühendisleri Odası Bülteni* 2:1-4.
- İçağa Y (1994). Analysis of trends in water quality using nonparametric methods. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kadioğlu M (1997). Trends in surface air temperature data over Turkey. *Int. J. Climatol.*, 17: 511-520.
- Kahya E, Kalaycı S (2004). Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289, 128-144.
- Kalaycı S, Kahya E (1998). Susurluk Havzası nehirlerinde su kalitesi trendlerinin belirlenmesi. *Journal of Engineering and Environmental Science*.
- Koçman A, Işık Ş, Mutluer M (1996). Ege ovalarında yağış değişkenliği ve kuraklık sorunu. *Ege Coğrafya Dergisi*, 8, 25-36.
- Kosif K (2001). Samsun ilinde iklim trendleri. *DSİ Teknik Bülteni*, Cilt 98, Sayfa 3-13.
- Önel B, Semazzi FHM (2006). Regionalization of climate change simulations over the Eastern Mediterranean. *American Meteorological Society*.
- Özfidaner M (2007). Türkiye yağış verilerinin trend analizi ve nehir akımları üzerine etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), 73 s., Adana.
- Özkul S, Fıstıkoğlu O, Harmancıoğlu N (2008). İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin Büyük Menderes ve Gediz havzaları örneğinde değerlendirilmesi. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı*, 309-322.
- Özkul S (2009). Assessment of climate change effects in Aegean River basins: the case of Gediz and Büyük Menderes Basins. *Climatic Change*, 97: 253-283.
- Özel N (2004). Türkiye'deki nehir akımları aylık verilerinin parametrik olmayan trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Partal T, Kahya E (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*, 20: 2011-2026.
- Sütgibi S (2009). Büyük Menderes havzasının sıcaklık, yağış ve akım değerlerindeki değişimler ve eğilimler. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 31, 398-414.
- Toros H (1993). Klimatolojik serilerden Türkiye genelinde trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Türkeş M (1996). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16, 1057-1076.
- Türkeş M, Koç T, Sarış F (2009). Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29, 1056-1074.
- Türkeş M, Deniz ZA (2011). Güney Marmara bölümünün (Kuzey Batı Anadolu) Klimatolojisi ile yağış ve akım dizelerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8/1, 1579-1600.
- Yeşilirmak E, Akçay S, Dağdelen N (2011). Büyük Menderes havzasında yıllık toplam yağışların zamansal değişimleri. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1) : 37 – 46.
- Yıldırım YE, Türkeş M, Tekiner M (2004). Time-Series analysis of long-term variations in stream-flow data of some stream-flow stations over the Gediz Basin and in precipitation of the Akhisar Station. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7: 17-24.
- Yue YS, Zou S, Whittemore D (1993). Non parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150, 61-80.
- Yue S, Wang CY (2002). Regional streamflow trend detection with consideration of both temporal and spatial correlation. *International Journal of Climatology*, 22(8):933-946.
- Zhang X, Harvey KD, Hoggy WD, Yuzyk TR (2001). Trends in Canadian streamflow. *Water Resour. Res.*, 37,4: 987-998.