



Alınış tarihi (Received): 21.04.2017
Kabul tarihi (Accepted): 27.12.2017

Baş editor/Editors-in-Chief: Ebubekir ALTUNTAŞ
Alan editörü/Area Editor: Hakan POLATCI

Büyük Menderes Havzasında Günlük Yağış Konsantrasyonundaki Son Değişimler

Ercan YEŞİLİRMAK^a

Ebru Elif ARSLANTAŞ^{a*}

^a Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Aydın
*: Sorumlu yazar, e-posta: ebru.arslantas@adu.edu.tr

ÖZET: Küresel ısınma günümüzün en önemli çevresel sorunudur. 20. Yüzyılın başından itibaren küresel ortalama sıcaklık değişiminin yönü ve büyüklüğü sabit değildir. 1910'dan 1940'larakadar bir ısınma, sonra 1970'lere kadar bir soğuma, ardından 1998'e kadar hızlı bir ısınma ve 21. Yüzyılında ilk on yılında da ısınma eğiliminin de bir yavaşlama (fasıla) dönemi söz konusudur. Küresel ısınmanın sadece toplam yağış miktarlarında değil aynı zamanda ekstrem yağış hadiselerinde de değişimlere neden olması beklenmektedir. Ekstrem yağış hadiseleri kuraklıkların ve sellerin daha sık meydana gelmesine sebep olabilecektir. Yağış homojenlik indisleri, ekstrem yağış hadiselerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, günlük yağış değerlerine dayalı bir yağış homojenlik indeksi (yani, yağış konsantrasyon indeksi) kullanılarak Büyük Menderes havzasında ekstrem yağış hadiselerindeki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla, havzada 1984 ile 2013 tarihleri arasında kaydedilen yağış verileri kullanılmıştır. Tüm zaman periyodu, küresel iklim değişikliğinin hızlı ısınma ve fasıla dönemlerine denk gelen alt-periyotlara ayrılmıştır. Alt-periyotlar arasındaki göreceli değişimleri araştırmak amacıyla, yeni bir trend analizi (innovative trend analysis) yöntemi kullanılarak herhangi bir alt-periyot için hesaplanan günlük yağış konsantrasyon indeksi bir önceki alt-periyot ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçların, iklim değişikliği bağlamında, Büyük Menderes havzası özelinde ekstrem yağış hadiselerinin soğuma, hızlı ısınma ve duraksama alt-dönemleri arasında karşılaştırılmasına olanak sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Küresel ısınma, yağış konsantrasyon indeksi, innovative trend analizi, Büyük Menderes havzası, ısınma fasılası

The Recent Changes in Daily Precipitation Concentration in Büyük Menderes Basin, Turkey

ABSTRACT: The global warming would be today's most important environmental problem. The direction and rate of global average temperature change since the beginning of 20th century has not been constant. There have been a warming period from 1910 to 1940s, then a cooling till 1970s, an accelerated warming toward 1998 and a hiatus period in the first decade of 21th century. Global warming is expected to lead to changes not only in the total amount of precipitation but also in extreme precipitation events. Extreme precipitation events would result in droughts and floods to occur more frequently. Precipitation homogeneity indices can be used to evaluate extreme precipitation events. In this study, a precipitation homogeneity index (namely, precipitation concentration index) based on daily precipitation amount were employed to explore the changes of extreme precipitation events using the data from 1984 to 2013 for Büyük Menderes Basin, Turkey. Whole period were divided into sub-periods pertaining to accelerated warming and hiatus phases of global climate change. The daily precipitation concentration index calculated for any sub-period was compared with that of previous sub-period with use of an innovative trend analysis methodology to explore the relative changes between sub-periods. The results are expected to provide a comparison of extreme precipitation events for Büyük Menderes Basin between adjacent sub-periods of cooling, accelerated warming and hiatus under changing climate.

Keywords: Global warming, precipitation concentration index, innovative trend analysis, Büyük Menderes Basin, warming hiatus

1. Giriş

Sanayi devrimi ile birlikte fosil yakıt kullanımında meydana gelen hızlı artış ve arazi kullanımındaki değişiklikler nedeniyle atmosferdeki konsantrasyonu artıran karbondioksit, metan vb. gazların yeryüzünden uzaya salınan uzun dalga boylu radyasyonu daha fazla tutmasının yeryüzünün ortalama sıcaklığında artışa neden olarak bir iklim değişikliğine yol açtığı konusunda kuvvetli kanıtlar ve yaygın bir konsensüs bulunmaktadır. Sıcaklık ve yağış, iklim değişikliğinden en çok etkilenen ve etkilenmesi beklenen iklim elemanlarından. Geçen yüzyılda, 1906 ile 2005 arasında, küresel ortalama sıcaklıkta 0.74 °C'lik bir artış olduğu kaydedilmiştir. (IPCC 2007). Bununla birlikte, küresel ortalama sıcaklık değişiminin yönü ve büyüklüğü sabit değildir. 1910'dan 1940'lara kadar ısınma, sonra 1970'lere kadar bir soğuma, ardından 1998'e kadar hızlı bir ısınma ve 21. Yüzyılda ilk on yılında da ısınma eğiliminde bir yavaşlama (fasıla) dönemi söz konusudur (Gonzalez-Hidalgo ve ark. 2016).

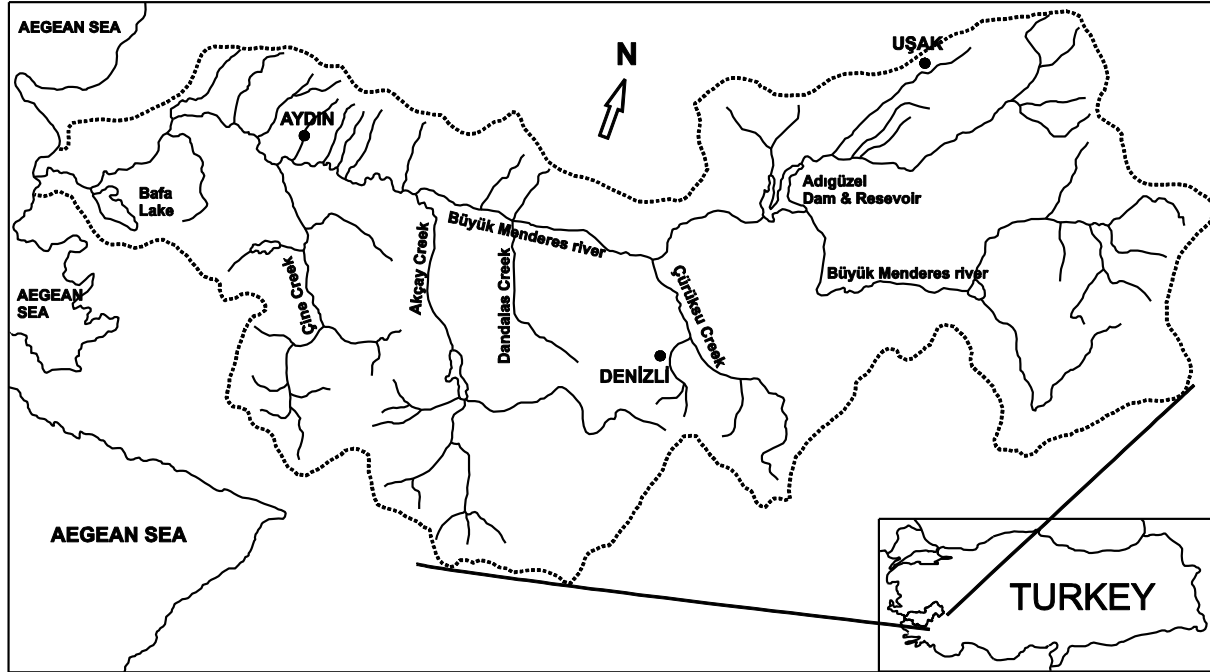
Küresel ısınma ile ortaya çıkan sıcaklık artışıyla, atmosferin nem tutma kapasitesinin artması ve dolayısıyla, hidrolojik döngünün hızlanması ve yağışların zamansal-konumsal dağılımının değişmesi beklenmektedir. Sadece toplam yağış miktarlarında değil aynı zamanda ekstrem yağış hadiselerinde de değişimler beklenmektedir. Küresel ısınmayla eşzamanlı olarak, 1901-2005 yılları arasında, yıllık toplam yağışların Kuzey ve Güney Amerika'da, Avrasya kıtasında ve Avustralya'da arttığı; Afrika'nın Batısında, Sahel'de, Güney Amerika'nın batı kıyılarında ve Akdeniz havzasında ise azaldığı gözlemlenmiştir (Homar ve ark.2010). Araştırmalar sonucunda, ortalama değerlerin yanında sel ve kuraklık gibi ekstrem hava olaylarının şiddetinde ve frekansında değişimler gözlemlenmiştir. Dünyanın pek çok bölgesinde, yağışlı gün sayılarında önemli bir azalma ve buna karşın yağış şiddetinde önemli bir artma meydana geldiği saptanmıştır (Zhang ve ark.2009). Bir yıl içinde düşen yağışın daha kısa bir zaman içinde meydana gelmesi (yani, yüksek yağış konsantrasyonu) sele ve kuraklığa yol açma potansiyeline sahiptir (Coscarelli ve Caloiero2012). Yağış miktarında ve şiddetinde meydana gelebilecek artış toprakların erozyona daha duyarlı hale gelmesine ve şev stabilitesinin bozulmasına yol açabilecektir. Sel ve erozyon olaylarının daha sık ve daha şiddetli meydana gelmesi, daha fazla ekonomik zarara ve can kaybına neden olabilecektir. Bu nedenle, sel risklerinin tahmini, hidrolik yapıların tasarımı ile erozyon ve toprak kayması çalışmaları için, günlük yağış değerlerine dayanarak, iklim değişikliği bağlamında yağış oranlarının istatistiksel yapısının incelenmesi büyük önem arz etmektedir (Wang ve ark.2013; Coscarelli ve Caloiero2012). Bu amaca yönelik olarak, Martin-Vide (2004) en yağışlı günlerin toplam yağış içindeki katkısını değerlendirmek üzere bir konsantrasyon indeksi (CI) önermiştir. CI, yağış düzensizliğini ölçer ve yüksek bir CI değeri, daha heterojen yağış dağılımını ifade eder (Shi ve ark.2013) ve heterojen (dengesiz) bir yağış dağılımı aşırı yağışlı ve kurak dönemlere yol açar (Coscarelli ve Caloiero 2012).

Bu çalışmada, Büyük Menderes havzasındaki üç istasyon için yağış konsantrasyon indeksinin hızlı ısınma (1984-1998) ile fasıla (1999-2013) dönemlerindeki içindeki zamansal değişimi ile bu dönemler arasındaki değişimi incelenmiş ve iklim değişikliği bağlamında değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Büyük Menderes Havzası, Türkiye'nin güneybatı kısmında 37° 12'-38° 40' kuzey enlemleri ile 27° 15'-30° 15' batı boylamları arasında yer alır (Şekil 1). Havza, toplam

24,976 km²'lik drenaj alanına sahiptir ve yıllık debisi 3 km³ 'tür; bu değer Türkiye'nin su potansiyelinin % 1.6'sına tekabül eder (Apak ve Ubay 2007). Büyük Menderes Havzası'nın kuzeyi kışları soğuk ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen karasal iklim özelliği; güneyi ve batısı kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen Akdeniz iklim özelliği göstermektedir (Akçay 2007).



Şekil 1. Büyük Menderes havzası ve istasyonların havza içindeki konumları
Figure 1. Büyük Menderes basin and the locations of the stations within the basin

Bu çalışmada Büyük Menderes Havzası'nda Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen 3 gözlem istasyonunda (Aydın, Denizli ve Uşak) kaydedilen günlük sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır. Bu üç istasyon havza içinde en uzun süreli ve kesintisiz ve en az sayıda eksik veriye sahip olan istasyonlardır. İstasyonların havza içindeki konumları Şekil 1'de gösterilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan günlük yağış verilerine dayanan yağış konsantrasyon indeksi (CI), en yüksek yağışlı günlerin toplam yağışa olan katkısını değerlendirmek amacıyla önerilmiştir. Belirli bir yerde ve dönem içinde, düşük yağışlı günlerin meydana gelme olasılığı yüksek yağışlı günlerin meydana gelme olasılığından fazladır. Yağış konsantrasyon indeksinin hesaplama yöntemi aşağıda verilmiştir (Shi ve ark.2013):

- (i) Uygun bir yağış sınıf aralığı belirlenir (bu çalışmada 1 mm sınıf aralığı kullanılmıştır).
- (ii) Her bir aralığa denk gelen yağışlı gün sayısı hesaplanır ve ilgili yağış miktarı hesaplanır.
- (iii) Bir önceki adımda saptanan değerlerin kümülatif toplamı hesaplanır.
- (iv) Bir önceki adımda elde edilen sonuçlara dayanarak, yağışlı günlerin ve ilgili yağış miktarının kümülatif yüzdesi (sırasıyla, X ve Y) hesaplanır. X ve Y arasında eksponensiyel bir ilişki söz konusudur:

$$Y = aX \exp(bX) \quad (1)$$

Burada, a ve b en küçük kareler yöntemiyle tahmin edilen katsayılarıdır. Bu katsayılar hesaplandıktan sonra, normalleştirilmiş günlük yağış konsantrasyon indeksi aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$CI = \frac{A}{5000} \quad (2)$$

Burada, , aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$A = 5000 - \int_0^{100} ax \exp(bx) dx \quad (3)$$

CI ve yıllık ortalama sıcaklık serilerindeki eğilimlerin büyüklükleri Sen'in eğim testi kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntem parametrik olmayan bir yöntem olup, eğilimin büyüklüğü, , veri kümesi içindeki olası tüm ikili çiftlerin medyanıdır (Partal ve Kahya 2006; Salmi ve ark. 2002).

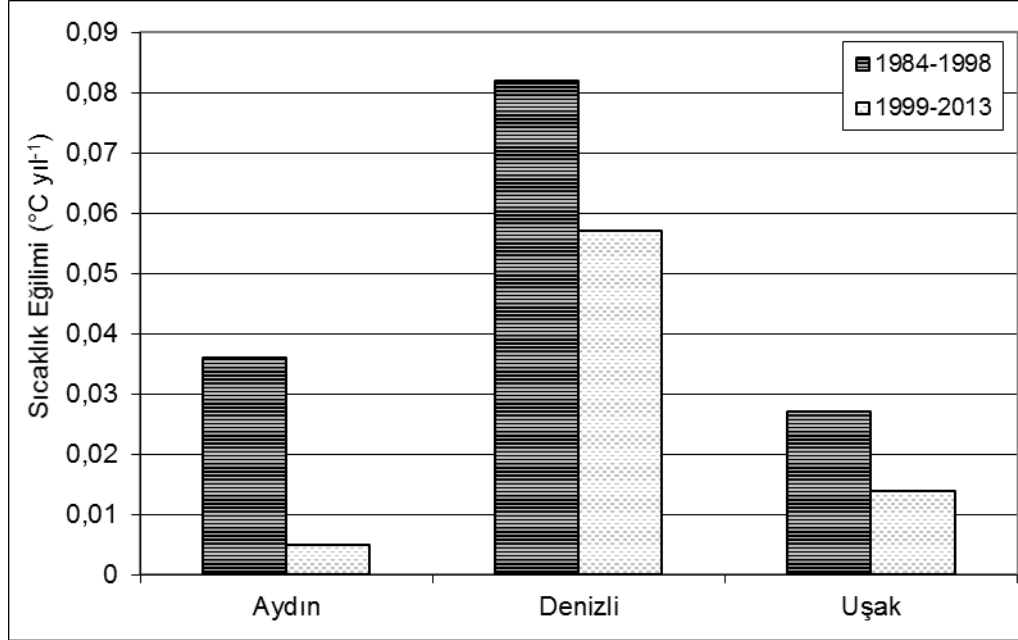
$$\beta = \text{Medyan} \left(\frac{x_j - x_k}{j - k} \right), \quad \forall j > k \quad (4)$$

Hızlı ısınma ve fasıla dönemlerindeki CI değerleri Şen (2012) tarafından önerilen innovative trend analizi yöntemi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu yöntemde bir hidro-klimatik zaman serisi eşitlikli alt seriye ayrılır. Her bir alt seri ayrı ayrı küçükten büyüğe sıralanır. Bir Kartezyen koordinat sisteminde ilk alt seri x-eksenine, ikinci alt seri y-eksenine yerleştirilir. Koordinat sisteminde eğer noktalar 1:1 (45°) çizgisi üzerinde yer alırsa, zaman serisinde “trend yoktur” denir. Noktaların 1:1 çizgisinin üstünde olması artan, altında olması azalan bir trend olduğunu gösterir. Bu yöntem, seri korelasyondan etkilenmez ve küçük örnek kümelerine uygulanabilir (Şen 2012).

3. Bulgular ve Tartışma

Havzada yer alan üç istasyona ait yıllık ortalama sıcaklıkların 1984-1998 ile 1999-2013 dönemleri içindeki sıcaklık artış eğilimleri (trendleri) karşılaştırıldığında ikinci dönemde artış eğiliminin oldukça azaldığı görülmektedir (Şekil 2). Küresel ortalama sıcaklıklardaki hızlı ısınma dönemine denk gelen 1984-1998 aralığında en yüksek artış 0.082 °C yıl-1 ile Denizli’de gerçekleşmiş, onu sırasıyla 0.036 °C yıl-1 ile Aydın ve 0.027 °C yıl-1 ile Uşak takip etmiştir. Bu dönemin ardından gelen “fasıla” döneminde (1999-2013 arası), her üç istasyonda da sıcaklık artış eğilimi oldukça azalmıştır. Sıcaklık artış hızı 1999 ile 2013 arasında Aydın’da 0.005 °C yıl-1, Denizli’de 0.057 °C yıl-1 ve Uşak’ta 0.014 °C yıl-1 değerlerine düşmüştür. Bu sonuçlar, global ölçekte 1998 yılı sonrasında saptanan sıcaklık artış hızındaki yavaşlamanın yerel ölçekte Büyük Menderes havzasında da gerçekleştiğini göstermektedir. Benzer şekilde dünyanın bazı bölgelerinde, örneğin İspanya’da (Gonzalez-Hidalgo ve ark. 2016), Çin’de (Li ve ark. 2015; Xie ve ark. 2017), Tibet platosunda (An ve ark. 2017) sıcaklık artış hızında yavaşlama saptanmıştır. Sıcaklık artış hızındaki yavaşlama iklim değişikliği teorisi ve iklim değişikliği modelleri hakkındaspekülyasyonlara yol açmıştır (Trenberth2015). Beklenti, atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonundaki sürekli artışa bağlı olarak ortalama sıcaklıktaki artış hızının aynen devam etmesi hatta daha da yükselmesi yönündeydi. Sıcaklık artış hızındaki yavaşlamayı açıklamak üzere bazı

hipotezler öne sürülmüştür. En yaygın ve kabul gören görüş, söz konusu yavaşlamanın sera gazları tarafından tutulan ısının bir kısmının okyanus derinliklerine transfer olması nedeniyle oluştuğu; uzun dönemli sıcaklık artışı içinde buna benzer yavaşlama dönemlerinin geçmişte olduğu gibi bugün de ve gelecekte de olabileceği; 15 yıl veya daha kısa süreli dönemlerde gözlenen eğilimlerin uzun dönemli eğilimleri yansıtmada yeterli olmayacağı şeklindedir (Meehl 2015; Lewandowsky ve ark. 2016; England ve ark. 2014).

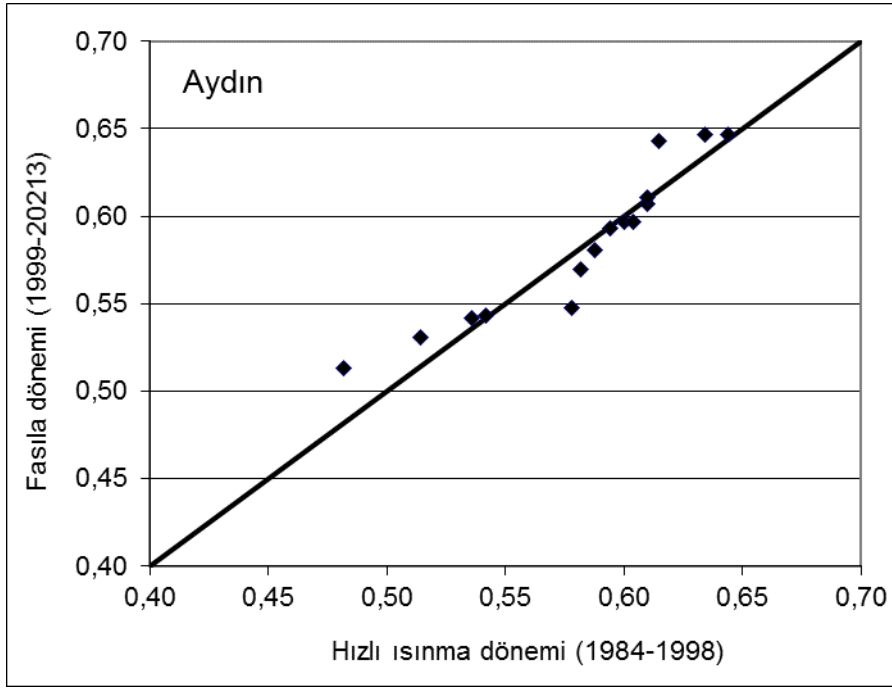


Şekil 2. Havzadaki üç istasyona ait yıllık ortalama sıcaklıkların 1984-1998 ile 1999-2013 dönemleri içindeki sıcaklık eğilimleri

Figure 2. Mean annual temperature trends at three stations in the basin over the periods 1984-1998 and 1999-2013

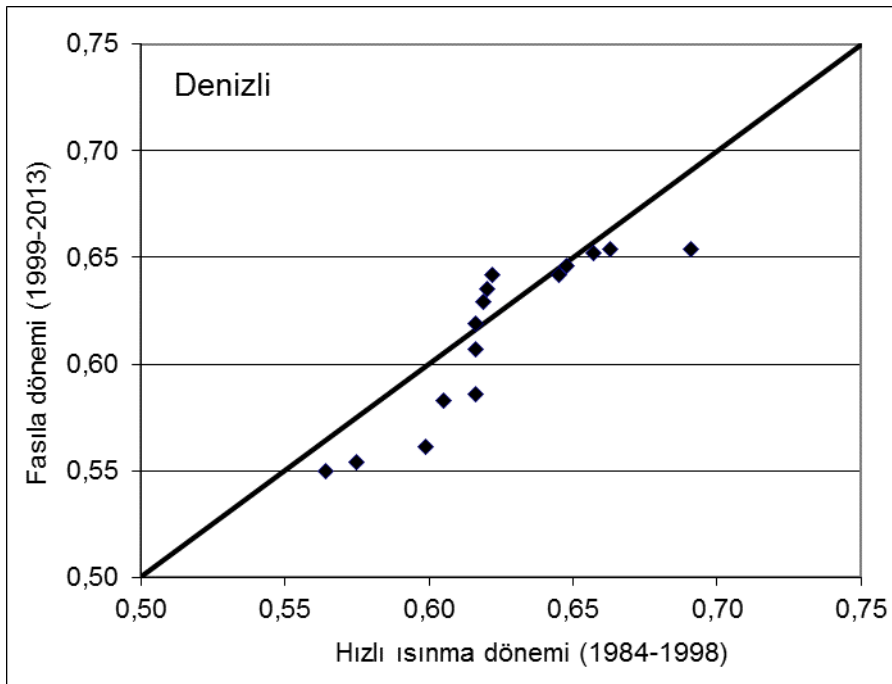
Aydın, Denizli ve Uşak istasyonları için, CI değerlerinin hızlı ısınma ile fasıla dönemleri arasındaki değişimin innovativ trend analizi kullanılarak yapılarak karşılaştırması, sırasıyla, Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5’de verilmiştir.

Şekil 3’de verilen Aydın istasyonuna ait grafikte, 1:1 çizgisinin üzerindeki noktalar sonraki dönemde önceki döneme göre artışı ifade etmektedir. Tüm noktalar içinde, nispeten düşük ve yüksek CI değerlerinin bir miktar arttığı göze çarpmaktadır. Hızlı ısınma döneminde nispeten düşük ve yüksek düzensizlikteki yağışlar bir miktar daha düzensiz hale gelmiştir. Orta büyüklükteki CI değerlerindeki azalış ise sonraki dönemde bir önceki döneme göre bir miktar düzenlilik ifade etmektedir. Fakat tüm noktalar birlikte değerlendirildiğinde, genel olarak, fasıla döneminde bir önceki hızlı ısınma dönemine göre yağış düzensizliğinde bir değişim olmadığı söylenebilir. Başka bir ifadeyle, Aydın için sel ve kuraklık hadiselerine yol açabilecek yağış rejiminde bir değişim olmadığı söylenebilir.



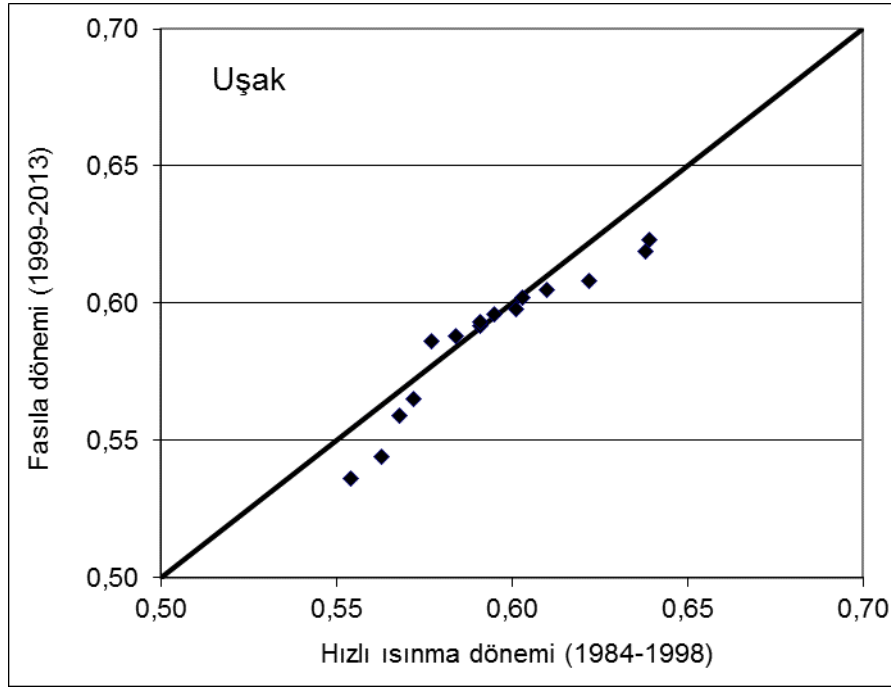
Şekil 3. Aydın için yağış konsantrasyon indeksinin (CI) hızlı ısınma ve fasıla dönemleri arasında karşılaştırılması

Figure 3. A comparison of precipitation concentration index (CI) between the periods of accelerated warming and hiatus for Aydın



Şekil 4. Denizli için yağış konsantrasyon indeksinin (CI) hızlı ısınma ve fasıla dönemleri arasında karşılaştırılması

Figure 4. A comparison of precipitation concentration index (CI) between the periods of accelerated warming and hiatus for Denizli



Şekil 5. Uşak için yağış konsantrasyon indeksinin (CI) hızlı ısınma ve fasıla dönemleri arasında karşılaştırılması

Figure 5. A comparison of precipitation concentration index (CI) between the periods of accelerated warming and hiatus for Uşak

Denizli’de ise nispeten düşük ve yüksek CI değerlerinde azalma, orta büyüklükteki CI değerlerinde az bir miktar artış göze çarpmaktadır (Şekil 4). Düşük ve yüksek CI değerlerinin 1:1 çizgisinde azalma yönündeki sapma miktarlarındaki fazlalık dikkati çekmektedir. Bu durum, fasıla döneminde yağışların bir miktar daha düzenli hale geldiğini göstermekte, yani şiddeti daha az sel ve kuraklık hadiselerini işaret etmektedir.

Uşak istasyonunda görece düşük ve yüksek CI değerlerinde azalma görülmektedir (Şekil 5). Bu durum nispeten daha düzenli bir yağış rejimine geçişi işaret etmektedir. Orta büyüklükteki CI değerleri 1:1 çizgisi üzerinde toplanmış olup iki dönem arasında bir değişim olmadığını otaya koymaktadır. Genel olarak, Uşak’ta genel bir azalma eğilimi olduğu, sonraki dönemde önceki döneme göre şiddeti daha az sel ve kuraklık hadiselerinin gerçekleştiği söylenebilir.

Global ölçekte ve dünyanın bazı bölgelerinde saptandığı şekilde, Büyük Menderes havzasında da 1999 yılından itibaren olan dönem içinde yıllık ortalama sıcaklık artış hızında 1998 yılı öncesindeki hızlı ısınma dönemine göre bir yavaşlama olduğu görülmektedir. Burada söz konusu olan, sıcaklık artış hızının azalmasıdır. Son tahlilde, yıllık ortalama sıcaklık daha düşük bir hızda da olsa yine de artmaya devam etmiştir. Hava sıcaklığındaki artışın atmosferin nem tutma kapasitesinin artmasına, bunun da hidrolojik döngünün hızlanmasına neden olması beklenmektedir. Dolayısıyla, yıllık toplam yağış miktarındaki değişim yanında, bir yıllık toplam yağışın daha kısa bir zaman diliminde düşerek sel ve kuraklık hadiselerinin daha sık meydana gelmesi beklenmektedir. Günlük yağış verileri kullanılarak elde edilen CI değeri söz konusu yağış düzensizliğini ölçer. Yüksek CI değeri yağış düzensizliğini, yani yıllık toplam yağışın nispeten daha dar zaman dilimlerinde yağdığını gösterir. Bu da daha fazla ve/veya daha şiddetli sel ve kuraklık hadisesi demektir. Büyük Menderes havzasında 1984-1998 ile 1999-2013 dönemleri

arasındaki CI değerleri karşılaştırıldığında, hava sıcaklığındaki artış nedeniyle daha yüksek CI değerleri beklenmesine rağmen genel olarak nispeten daha düşük değerlerin gerçekleştiği saptanmıştır. Başka bir ifadeyle, beklenenin aksi bir durum söz konusudur. Bunun en olası nedeni, Büyük Menderes havzasında yıllık ortalama sıcaklık artışının en önemli kısmının yaz mevsiminde meydana gelmiş olmasına karşın (Yeşilirmak 2014), yıllık toplam yağışın ancak çok az bir kısmının (Aydın'da %3, Denizli'de %8, Uşak'ta %9) yaz mevsiminde düşmesi olabilir.

4. Sonuç

Global ve bir kısım bölgesel ölçekteki çalışmaların gösterdiği şekilde, Büyük Menderes havzası da yıllık ortalama sıcaklık artış hızında bir yavaşlama yaşamıştır. Bu çalışmada ele alınan üç istasyonda da 1999-2013 döneminde sıcaklık artış hızı 1984-1998 döneminden daha düşüktür. Her ne kadar yıllık ortalama sıcaklık daha yavaş artsa da, artan hava sıcaklığının atmosferin nem tutma kapasitesini artırması nedeniyle 1999-2013 döneminde yıl içinde daha düzensiz bir yağış dağılımı, başka bir ifadeyle daha yüksek CI değerleri beklenmesine karşın, az da olsa nispeten daha düşük CI değerleri (yıl içinde daha düzenli yağış dağılımı) gözlenmiştir. Bu çelişki, yıllık ortalama sıcaklık artışında yaz mevsiminin payının daha fazla olmasına rağmen, toplam yağışın ancak çok az bir kısmının yaz mevsiminde düşmesine bağlanmıştır.

Kaynaklar

- Akçay SM (2007). Aşağı Büyük Menderes Havzası Sulama Şebekelerinin Devir Sonrası Performanslarının Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir.
- An W, Hou S, Hu Y and Wu S (2017). Delayed warming hiatus over the Tibetan Plateau. *Earth and Space Science*, 4, doi: 10.1002/2016EA000179.
- Apak G ve Ubay B (2007). Türkiye İklim Değişikliği 1. Ulusal Bildirimi. Çevre ve Orman Bakanlığı, [http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/bildirim1.pdf], Erişim: 31.03.2015.
- Coscarelli R and Caloiero T (2012). Analysis of daily and monthly rainfall concentration in Southern Italy (Calabria region). *Journal of Hydrology*, 416–417: 145–156.
- England MH, McGregor S, Spence P, Meehl GA, Timmermann A, Cai W, Sen Gupta A and McPhaden MJ (2014). Slowdown of surface greenhouse warming due to recent Pacific trade wind acceleration. *Nature Climate Change*, 4: 222-227.
- Gonzalez-Hidalgo JC, Dhais Peña-Angulo DP, Brunetti M and Cortesi N (2016). Recent trend in temperature evolution in Spanish mainland (1951–2010): from warming to hiatus, *International Journal of Climatology*, 36: 2405-2416.
- Homar V, Ramis C, Romero R, Alonso S (2010). Recent trends in temperature and precipitation over the Balearic Islands (Spain). *Climatic Change*, 98: 199–211.
- IPCC (2007). Summary for Policymakers, In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Lewandowsky S, Risbey JS and Oreskes N (2016). The “pause” in global warming: turning a routine fluctuation into a problem for science”. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 97: 723-733.
- Li X, Jiang F, Li L, Wang G (2011). Spatial and temporal variability of precipitation concentration index, concentration degree and concentration period in Xinjiang, China. *International Journal of Climatology* 31:1679–1693.
- Li Q, Yang S, Xu W, Wang XL, Jones P, Parker D, Zhou L, Feng Y and Gao Y (2015). China experiencing the recent warming hiatus, *Geophysical Research Letters*, 42: 889-898.
- Martin-Vide J (2004). Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. *International Journal of Climatology*, 24:959–971.
- Meehl GA (2015). Decadal climate variability and the early-2000s hiatus. *US Clivar*, 13: 1-6.
- Partal T and Kahya E (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*, 20: 2011-2026.

- Salmi T, Määttä A, Anttila P, Ruoho-Airola T and Amnell T (2002). Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants by the Mann–Kendall Test and Sen's Slope Estimates 'the Excel Template Application MAKESENS'. Publications on Air Quality, Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland.
- Shi W, Yu X, Liao W, Wang Y and Jia B (2013). Spatial and temporal variability of daily precipitation concentration in the Lancang River basin, China. *Journal of Hydrology*, 495: 197–207.
- Şen Z (2012). Innovative trend analysis methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17: 1042-1046.
- Trenberth KE (2015). Has there been a hiatus? *Science*, 349: 691-692.
- Wang W, Xing W, Yang T, Shao Q, Peng S, Yu Z and Yong B (2013). Characterizing the changing behaviours of precipitation concentration in the Yangtze River Basin, China. *Hydrological Processes*, 27: 3375-3393.
- Xie Y, Huang J and Liu Y (2017). From accelerated warming to warming hiatus in China. *International Journal Climatology*, 37: 1758-1773.
- Yeşilirmak E (2014). Soil temperature trends in Büyük Menderes Basin, Turkey. *Meteorological Applications*, 21: 859–866.
- Zhang Q, Xu C-Y, Gemmer M, Chen YD and Liu C (2009). Changing properties of precipitation concentration in the Pearl River basin, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 23: 377–385.