

BÜYÜK MENDERES HAVZASINDA ORTALAMA, MAKSİMUM ve MİNİMUM SICAKLIK EĞİLİMLERİ¹

Erdi MACANA², Ercan YEŞİLİRMAK³

ÖZET

Bu çalışmada, Büyük Menderes Havzasında, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen sekiz istasyonda, 1970'li yıllardan 2011 yılına kadar olan dönem içinde, ortalama, minimum ve maksimum sıcaklıkların, aylık, mevsimlik ve yıllık ortalamalarının zamansal değişimlerinin iklim değişikliği bağlamında incelenmesi amaçlanmıştır. Serilerdeki eğilimlerin önem düzeyi Mann-Kendall testi, eğilimlerin büyüklükleri ise Sen'in eğim testi yöntemleri kullanılarak saptanmıştır. Seri korelasyon katsayısı %5 düzeyinde önemli olan ve yüksek varyasyon katsayısı içeren serilere TFPW (Trend-Free Prewhitening) süreci uygulanmıştır. İstasyonların büyük çoğunluğunda yıllık ortalama, yıllık ortalama maksimum ve yıllık ortalama minimum sıcaklıklarda istatistiksel olarak önemli artışlar görülmüştür. En yüksek artışların, yıllık ortalama maksimum sıcaklıklarda Yatağan'da 0.062 °C/yıl, yıllık ortalama minimum ile yıllık ortalama sıcaklıklarda ise Denizli'de sırasıyla 0.067 °C/yıl ve 0.050 °C/yıl olduğu belirlenmiştir. Yaz mevsimi ve dolayısıyla yaz ayları sıcaklık artışlarının %5 düzeyinde önemli olduğu ve artış miktarlarının en yüksek olduğu dönemlerdir. Diğer aylar ve mevsimlerde çok büyük çoğunlukla önemsiz artış veya azalışlar saptanmıştır. Her üç parametrenin de yıllık ortalamalarındaki artan yöndeki eğilimlerin en büyük sorumlusunun yaz aylarındaki artışlar olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, eğilim analizi, Büyük Menderes Havzası

Trends in Mean, Maximum and Minimum Temperatures in Büyük Menderes Basin

ABSTRACT

In this study, considering climate change phenomenon, it is aimed to investigate temporal trends of monthly, seasonal and annual averages of mean, maximum and minimum temperatures from 1970s to 2011 at eight stations in Büyük Menderes Basin, operated by State Meteorological Service of Turkey. Statistical significance of trends were assessed by non-parametric Mann-Kendall test and magnitudes of trends were quantified by Sen's Slope Estimator. Series having significant serial correlation at %5 level and high coefficient of variation were applied Trend-Free Prewhitening procedure.

The results showed that mean annual, mean annual maximum and mean annual minimum temperatures experienced statistically significant increasing trends at most of the stations. The highest trends for mean annual maximum, mean annual minimum and mean annual temperatures were 0.062 °C/year at Yatağan, 0.067 °C/year and 0.050 °C/year at Denizli, respectively. Summer season and summer months were the periods which had statistically significant increasing trends and the highest trend magnitudes. Other seasons and months had non-significant trends, either increasing or decreasing. It seemed that increasing trends in annual averages can be attributed to the increases in summer months

Key Words: Climate change, mean temperature, maximum temperature, minimum temperature, trend analysis, Büyük Menderes Basin

GİRİŞ

Dünya'nın iklimi var oluşundan beri doğal nedenlerden dolayı sürekli değişim göstermiş olup, Dünyamız halen, 50 milyon yıl önce başlayan soğuk dönem içerisinde ılık bir alt dönem geçirmektedir (Özey, 2001). Geçmişteki ısınma ve soğuma dönemlerinin tamamen doğal nedenlerden kaynaklandığı bilinmektedir. Dolayısıyla, insan etkisi dışında gerçekleşen iklimsel değişiklikler "Doğal İklim Değişiklikleri" olarak adlandırılır (Kadioğlu, 2001). Diğer yandan, 19. Yüzyılda hız kazanan sanayi devrimi ile birlikte atmosferdeki konsantrasyonu artan ve sera gazları olarak adlandırılan gazların (başta karbondioksit olmak üzere, metan, azot oksitler,

florokloro karbonlar vb.) yeryüzünden yayılan uzun dalga radyasyonu tutması nedeniyle ortalama yüzeysel hava sıcaklıklarında belirgin bir artış saptanmıştır. Nitekim, geçen yüzyılda 1906 ile 2005 arasında küresel ortalama sıcaklıkta 0.74 °C'lik bir artış olduğu belirlenmiştir (IPCC, 2007).

Atmosferdeki karbon dioksit ile hava sıcaklığı arasındaki ilişki ile ilgili ilk tespit İsveçli kimyacı Svante Arrhenius tarafından 1896 yılında yapılmıştır. Bu konu, iklim değişikliğinin etkilerinin belirgin şekilde dünyamızı tehdit etmeye başladığı 1980'li yıllarda tekrar gündeme gelmiş ve Dünya tarihinin hiçbir döneminde bu şekilde hızlı bir iklim değişiminin meydana gelmediği ortaya konmuştur (Güley, 2009).

¹Bu makale yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

²TİGEM Ceylanpınar Tarım İşletmesi ŞANLIURFA

³Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü AYDIN

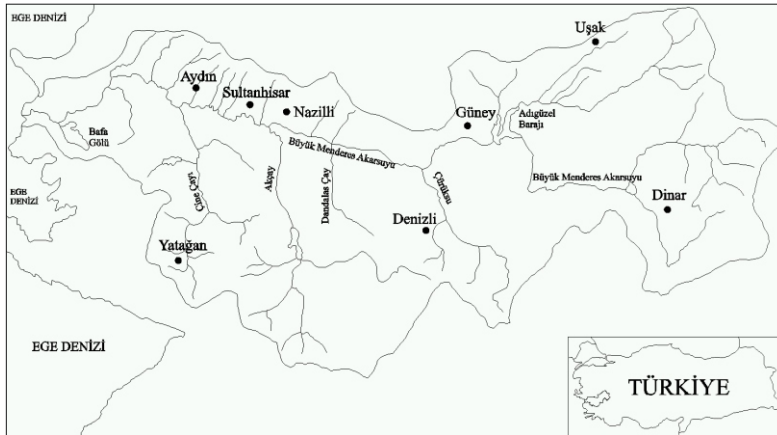
Türkiye iklim değişikliğinin olumsuz etkileri açısından “risk grubundaki ülkeler” arasında sayılmaktadır (Yamanoğlu, 2006; Anonim, 2014a). Araştırmacılar, iklim kuşaklarının ekvator dan kutuplara doğru yüzlerce kilometre kayabileceğini, bunun sonucunda Türkiye'nin, bugün Orta Doğu ve Kuzey Afrika'da hâkim olan sıcak ve kurak iklim kuşağının etkisine girebileceğini belirtmişlerdir (Türkeş, 1998). Bunun yanında, Türkiye'nin farklı bölgelerinin iklim değişikliğinden farklı biçimde ve değişik derecelerde etkileneceği tahmin edilmektedir. Örneğin, kurak ve yarı kurak bölgeler ile yarı nemli bölgelerin (Güneydoğu, İç Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgeleri) daha fazla etkilenmesi beklenmektedir (Türkeş, 1998).

İklim değişikliği ile birlikte, iklim elemanlarının sadece ortalama değil aynı zamanda ekstrem değerlerinde de değişiklikler beklenmektedir. Bu çalışmanın amacı, Büyük Menderes havzasında, iklim değişikliği bağlamında 1970 sonrasında ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık parametrelerinin, aylık, mevsimlik ve yıllık ortalamalarının zamansal değişimlerini araştırmaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

Büyük Menderes havzası, Türkiye'nin



Şekil 1. İstasyonların Büyük Menderes havzasındaki konumları.

Çizelge 1. Meteoroloji İstasyonları ile ilgili bilgiler (Anonim, 2014b)

İstasyon Adı	Veri Aralığı	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
Dinar	1970 – 2011	38.0600 K	30.1538 D	864
Denizli	1970 – 2011	37.7620 K	29.0921 D	425
Uşak	1970 – 2011	38.6712 K	29.4040 D	919
Yatağan	1970 – 2011	37.3395 K	28.1369 D	365
Sultanhisar	1972 – 2011	37.8843 K	28.1504 D	73
Nazilli	1972 – 2011	37.9135 K	28.3437 D	84
Aydın	1970 – 2011	37.8402 K	27.8379 D	56
Güney	1970 – 2011	38.1515 K	29.0587 D	825

güneybatı kısmında 37° 12'-38° 40' kuzey enlemleri ile 27° 15'-30° 15' batı boylamları arasında yer alır. 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).

Veriler

Bu çalışmada, Büyük Menderes Havzasında Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen sekiz istasyonda kaydedilmiş aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama maksimum sıcaklık ve aylık ortalama minimum sıcaklık verileri kullanılmıştır. Mevsimlik ortalamalar, ilgili mevsimdeki ayların aritmetik ortalaması, yıllık ortalamalar da takvim yılında on iki ayın aritmetik ortalaması olarak hesaplanmıştır. İstasyonlarla ilgili bazı bilgiler Çizelge 1'de; havza içindeki konumları ise Şekil 1'de yer almaktadır.

Yöntem

Sıcaklık serilerindeki eğilimlerin önem düzeyi Mann-Kendall testi, eğilimlerin büyüklükleri (eğimleri) ise Sen'in eğim testi yöntemleri kullanılarak

saptanmıştır (Partal ve Kahya, 2006). Bu testler, MAKESENS Excel programı kullanılarak uygulanmıştır (Salmi ve ark., 2002). İstatistiksel olarak önemli seri korelasyon ve yüksek varyasyon katsayısı içeren serilere TFPW (Trend-Free Prewhitening) süreci uygulanmıştır (Yue ve ark., 2002).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Eğilim analizinde, serisi içindeki veriler arasındaki korelasyonun dikkate alınmasına yönelik olarak geliştirilen yöntemlerden birisi de TFPW sürecidir (Yue ve ark., 2002). Diğer taraftan, Bayazit ve Önöz (2007) tüm örnek sayıları için varyasyon katsayısının çok düşük (0.1) olması durumunda prewhitening yapılmasını önermemektedir. Bu nedenle, TFPW süreci sadece, AR(1) otokorelasyon katsayısı %5 düzeyinde önemli olan ve varyasyon katsayısı 0.1'den büyük olan Güney istasyonu ilkbahar minimum ve Nazilli istasyonu kış minimum serilerine uygulanmıştır.

Maksimum Sıcaklık Eğilimleri

Maksimum sıcaklık serileri için yapılan Mann-Kendall ve Sen'in Eğim Testi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Kış mevsiminde, Aydın ve Yatağan'da istatistiksel olarak önemli, diğer istasyonlarda önemsiz artışlar saptanmıştır. Kış mevsiminde en yüksek artışın Yatağan'da (0.048 °C/yıl) olduğu ve onu Aydın'ın (0.030°C/yıl) izlediği görülmektedir. Aralık ayında, Aydın, Denizli, Dinar, Güney, Uşak ve

Yatağan'da önemli, Nazilli ve Sultanhisar'da ise önemli olmayan bir ısınma eğilimi gözlemlenmiştir. Ocak ayında tüm istasyonlarda bir artış (ısınma) eğilimi gözlenmesine rağmen sadece Yatağan'daki artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Şubat ayı için ise tüm istasyonlarda artış eğilimi gözlemlenmesine rağmen hiçbiri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

İlkbahar mevsiminde Aydın ve Yatağan istasyonlarında anlamlı artışlara rastlanmıştır, diğer istasyonlardaki artan yöndeki eğilimler istatistiksel olarak önemli değildir. İlkbahara ait eğim değerleri incelendiğinde değer olarak en fazla artışın Yatağan'da ikinci olarak da Aydın'da görülmektedir. Artış miktarı Yatağan'da 0.050 °C/yıl, Aydın'da ise 0.031 °C/yıl'dır. İlkbahar mevsimindeki aylar ayrı ayrı incelendiğinde, Mart ve Nisan aylarında sıcaklık eğilimlerin de genel olarak önemli olmayan artışlar gözlemlenmesi karşın Mart ayında Güney ve Nazilli istasyonlarında istatistiksel olarak önemli olmayan azalış eğilimleri saptanmıştır. Mayıs ayı için ise Aydın, Denizli, Uşak ve Yatağan istasyonlarında önemli artışlar gözlemlenmiş; diğer istasyonlardaki artışlar önemli bulunmamıştır.

Yaz mevsimi gerek mevsimsel gerekse de bu mevsimdeki aylara ait eğilimler açısından diğer mevsimlerden ve aylardan belirgin bir şekilde farklılık göstermektedir. Söz konusu dönemlerde tüm istasyonlarda artan yönde istatistiksel olarak önemli eğilimler gözlemlenmiştir. Yaz mevsiminde eğim değerleri incelendiğinde değer olarak en fazla artışın Yatağan'da (0.099 °C/yıl) olduğu, onu sırasıyla

Çizelge 2. Büyük Menderes Havzasında maksimum sıcaklıkların aylık, mevsimlik ve yıllık ortalamalarına ait eğilimlerin büyüklükleri (°C/yıl)

Dönem	Aydın	Denizli	Dinar	Güney	Nazilli	S.hisar	Uşak	Yatağan
Ocak	0.029	0.025	0.025	0.027	0.031	0.039	0.029	0.054
Şubat	0.018	0.006	0.010	0.000	0.000	0.006	0.000	0.031
Mart	0.014	0.011	0.015	0.000	-0.014	0.001	0.003	0.035
Nisan	0.036	0.030	0.025	0.013	0.025	0.033	0.017	0.044
Mayıs	0.053	0.052	0.040	0.043	0.033	0.044	0.044	0.067
Haziran	0.054	0.060	0.052	0.040	0.034	0.052	0.048	0.075
Temmuz	0.065	0.088	0.068	0.069	0.073	0.068	0.063	0.103
Ağustos	0.071	0.113	0.090	0.092	0.100	0.084	0.092	0.114
Eylül	0.025	0.046	0.021	0.008	0.018	0.021	0.017	0.049
Ekim	0.033	0.036	0.030	0.025	0.000	0.000	0.014	0.055
Kasım	0.024	0.024	0.021	0.000	-0.002	0.022	0.022	0.050
Aralık	0.042	0.042	0.055	0.043	0.006	0.020	0.046	0.058
Kış	0.030	0.026	0.033	0.025	0.009	0.021	0.025	0.048
İlkbahar	0.031	0.031	0.023	0.016	0.013	0.031	0.018	0.050
Yaz	0.062	0.083	0.071	0.062	0.070	0.062	0.067	0.099
Sonbahar	0.032	0.044	0.032	0.021	0.011	0.023	0.028	0.057
Yıllık	0.039	0.044	0.036	0.026	0.023	0.032	0.030	0.062

*%5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli eğilimler koyu olarak belirtilmiştir

Denizli (0.083 °C/yıl), Dinar (0.071 °C/yıl), Nazilli(0.070 °C/yıl) ve Uşak'ın (0.067 °C/yıl) izlediği, en düşük artışın ise Aydın, Güney ve Sultanhisar istasyonlarında eşit değerlerde (0.062 °C/yıl) olduğu görülmektedir.

Sonbahar mevsimi için Aydın, Denizli, Dinar, Uşak, ve Yatağan istasyonlarında önemli artışlar gözlenmesine karşın Güney, Nazilli ve Sultanhisar'da saptanan artan yöndeki eğilimler önemli bulunmamıştır. Isınma eğilimi nispeten diğer istasyonlara göre Yatağan istasyonunda daha belirgindir. Sonbahar'a ait eğim değerleri ele alındığında ise değer olarak artışın en fazla Yatağan'da (0.057 °C/yıl) olduğu, onu Denizli (0.044 °C/yıl), Aydın (0.032°C/yıl), Dinar (0.032°C/yıl), Uşak (0.028°C/yıl), Sultanhisar (0.023°C/yıl) ve Güney (0.021°C/yıl) istasyonlarının izlediği, en az artışın ise Nazilli'de (0.011 °C/yıl) olduğu görülmüştür. Eylül ayında Denizli ve Yatağan istasyonlarında artan sıcaklık eğilimlerinin önemli olduğu, diğer istasyonlar ise eğilimlerin önemli olmadığı bulunmuştur. Ekim ayı için ise hiçbir istasyonda istatistiksel olarak önemli bir eğilime rastlanmamıştır. Kasım ayında Yatağan istasyonunda önemli bir sıcaklık artışı, Nazilli istasyonunda ise önemli olmayan bir sıcaklık azalışı gözlemlenmiştir. Diğer istasyonda önemli olmayan artışlar saptanmıştır.

Aylık ve mevsimsel sıcaklık eğilimlerindeki artışlara paralel olarak tüm istasyonların yıllık ortalama maksimum sıcaklıklarda da istatistiksel olarak önemli artışlar gözlenmiştir. Eğim değerleri göz önüne alındığında, en yüksek artış Yatağan istasyonunda (0.062°C/yıl) gözlenmiştir. Yatağan istasyonunu Denizli (0.044°C/yıl), Aydın (0.039°C/yıl), Dinar (0.036°C/yıl), Sultanhisar (0.032°C/yıl), Uşak (0.030°C/yıl) ve Güney (0.026°C/yıl) istasyonlarının izlediği; en düşük sıcaklık artışının ise Nazilli (0.023°C/yıl) istasyonunda olduğu görülmüştür.

Türkeş ve ark.(2002), 1929-1999 arası dönemde maksimum sıcaklıkların yıllık ortalamasında batı bölgelerinde genel olarak zayıf bir artma eğilimi görüldüğünü ortaya koymuşlardır. Türkeş ve ark. (2002) ile bu çalışmada 2 istasyon (Aydın ve Uşak) ortakdır. Türkeş ve ark. (2002) yıllık ortalama maksimum sıcaklık için %5 düzeyinde olmak üzere Uşak'da istatistiksel olarak önemli, Aydın'da önemsiz eğilim saptamışlardır. Bu çalışmada ise, her iki istasyonda önemli eğilimler saptanmıştır. Bu iki çalışma karşılaştırıldığında, yakın dönemde (2000 yılı sonrasında) maksimum sıcaklıklarda artış eğiliminde bir yükselme olduğu yani sıcaklık artışlarının hızlandığı ortaya çıkmaktadır.

Kadıoğlu (1997), 1939–1989 yılları arasındaki dönemde ülke çapında 17 istasyonu ele aldığı çalışmada sadece Kütahya'nın ilkbahar mevsiminde istatistiksel olarak önemli bir artış saptamıştır. Diğer yandan, Samsun, Van ve Şanlıurfa'nın yaz değerlerinde; Samsun, Trabzon, Van ve Şanlıurfa'nın

sonbahar verilerinde; Samsun'un ise değerlerinde önemli azalmalar olduğunu belirlemiştir. Kadıoğlu (1997)'nin 1939–1989 aralığında kaydedilmiş veriler kullandığı göz önünde bulundurulursa küresel ısınmanın söz konusu yerlerde maksimum sıcaklıklar üzerindeki etkilerine henüz rastlanmadığı izlenimi doğmaktadır.

Demirci ve ark. (2009) İstanbul'da 1975 ile 2006 yılları arasında ortalama maksimum sıcaklıklardaki eğilimlerini ilkbahar için 1.15°C/31yıl (0.03 °C/yıl), yaz için 1.73°C/31yıl (0.05 °C/yıl), sonbahar için 1.38°C/31yıl (0.04 °C/yıl), kış için 0.16°C/31yıl (0.005 °C/yıl), yıllık ortalama için 1.16°C/31yıl (0.03 °C/yıl) bulmuşlardır. Bu çalışmada elde edilen yıllık ve mevsimlik sıcaklık eğilimleri ile karşılaştırıldığında ise ilkbahar eğiliminin Aydın, Denizli, Sultanhisar ve Yatağan istasyonlarından elde edilen ilkbahar tendlerinden düşük, diğer istasyonlarda elde edilen ilkbahar eğilimlerinden yüksek olduğu; yaz eğiliminin tüm istasyonlarda elde edilen eğilimlerden düşük olduğu; sonbahar eğiliminin Denizli ve Yatağan istasyonlarından elde edilen eğilimlerden düşük diğer istasyonlardan yüksek olduğu, kış eğiliminin ise tüm istasyonlarda elde edilen eğilimlerden düşük olduğu görülmektedir. Demirci ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışma bu çalışma ile büyük benzerlikler taşıdığı, her iki çalışmada da yaz mevsiminde artan yöndeki eğilimler olduğu görülmektedir.

Tecer ve Cerit (2009) Rize'de 1975-2007 arasında maksimum sıcaklıkların yıllık ortalamasında %5 düzeyinde önemli bir artış saptamışlardır. Bu çalışmada da tüm istasyonlarda yıllık ortalama maksimum sıcaklıklar için (%5 önem düzeyinde) artan yönde önemli eğilimler saptanmıştır. İki çalışmanın da ele aldığı zaman aralığının benzer olduğu düşünüldüğünde, çalışmaların yapıldığı bölgelerin coğrafi özelliklerindeki farklılıklara rağmen eğilim değerlerindeki kısmen benzer artışlar, gözlenen değişimlerin daha geniş bir alanda hissedilebildiğini ortaya koymaktadır.

Minimum Sıcaklık Eğilimleri

Minimum sıcaklık serileri için yapılan Mann-Kendall ve Sen'in Eğim Testi sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Kış mevsiminde, Denizli'de istatistiksel olarak önemli bir artış gözlenmiş; diğer istasyonlarda, Nazilli'deki istatistiksel olarak önemsiz bir azalma haricinde, artış eğilimleri tespit edilmesine karşın %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Kış mevsiminde elde edilen eğim değerleri incelendiğinde en fazla artışın Denizli'de (0.051 °C/yıl) olduğu ve onu Güney (0.033 °C/yıl) ve Aydın'ın (0.031 °C/yıl) izlediği görülmektedir. Aralık ayında; Aydın, Denizli, Dinar, Güney ve Sultanhisar'da önemli bir ısınma, Nazilli, Uşak ve Yatağan'da ise önemli olmayan bir ısınma eğilimi gözlemlenmiştir. Ocak ayı için tüm istasyonlarda artış

Çizelge 3. Büyük Menderes Havzasında minimum sıcaklıkların aylık, mevsimlik ve yıllık ortalamalarına ait eğilimlerin büyüklükleri (°C/yıl)

Dönem	Aydın	Denizli	Dinar	Güney	Nazilli	S.Hisar	Uşak	Yatağan
Ocak	0.025	0.052	0.031	0.040	0.000	0.031	0.021	0.010
Şubat	0.009	0.027	-0.009	0.013	-0.020	0.005	0.000	-0.015
Mart	0.004	0.032	0.000	0.014	-0.009	0.016	0.000	-0.018
Nisan	0.030	0.044	0.018	0.010	0.000	0.033	0.013	0.000
Mayıs	0.036	0.061	0.020	0.030	0.010	0.029	0.012	0.000
Haziran	0.059	0.086	0.053	0.020	0.056	0.066	0.033	0.025
Temmuz	0.068	0.100	0.059	0.056	0.066	0.070	0.050	0.025
Ağustos	0.078	0.123	0.073	0.081	0.100	0.087	0.072	0.050
Eylül	0.061	0.076	0.029	0.025	0.048	0.058	0.028	0.024
Ekim	0.044	0.067	0.044	0.033	0.022	0.039	0.029	0.021
Kasım	0.028	0.047	0.022	0.022	0.006	0.027	0.018	0.011
Aralık	0.057	0.076	0.042	0.050	0.017	0.046	0.038	0.044
Kış	0.031	0.051	0.025	0.033	<u>-0.010</u>	0.026	0.023	0.009
İlkbahar	0.024	0.048	0.013	<u>0.021</u>	-0.003	0.028	0.009	-0.004
Yaz	0.071	0.100	0.062	0.049	0.072	0.075	0.052	0.033
Sonbahar	0.044	0.065	0.029	0.026	0.017	0.041	0.026	0.017
Yıllık	0.037	0.067	0.029	0.021	0.017	0.041	0.027	0.009

*%5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli eğilimler koyu olarak belirtilmiştir, TFPW süreci uygulanan 2 serinin altı çizilidir

eğilimi; Şubat ayında Dinar, Nazilli ve Yatağan'da azalan, diğerlerinde artan bir eğilim gözlemlenmesine rağmen hiçbiri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

İlkbahar mevsiminde Aydın, Denizli ve Sultanhisar istasyonlarında istatistiksel olarak önemli artışlara rastlanmıştır; Nazilli ve Yatağan'da azalan yönde, diğer istasyonlarda ise artan yöndeki eğilimler istatistiksel olarak önemli değildir. İlkbahara ait eğitim değerleri incelendiğinde en fazla artış sırasıyla Denizli'de (0.048 °C/yıl), Sultanhisar'da (0.028 °C/yıl) ve Aydın'da (0.024 °C/yıl) görülmüştür. İlkbahar mevsimindeki aylar ayrı yarı incelendiğinde, Mart ayında istatistiksel olarak önemli olmayan değişimler saptanmıştır. Bu değişimler Nazilli, Uşak ve Yatağan'da azalan yönde, diğer istasyonlarda artan yöndedir. Nisan ayı için Denizli ve Sultanhisar'da önemli artışlar saptanmıştır. Nazilli'de önemli olmayan bir azalma diğer istasyonlarda önemsiz artışlar gözlemlenmiştir. Mayıs ayı için ise Aydın, Denizli ve Sultanhisar istasyonlarında önemli artışlar gözlemlenmiş; diğer istasyonlardaki artışlar önemli bulunmamıştır.

Yaz mevsimi gerek mevsimsel gerekse de bu mevsimdeki aylara ait eğilimler açısından diğer mevsimlerden ve aylardan belirgin bir şekilde farklılık göstermektedir. Söz konusu dönemlerde tüm istasyonlarda artan yönde istatistiksel olarak önemli eğilimler gözlemlenmiştir. Yaz'a ait eğitim değerleri incelendiğinde diğer olarak en fazla artışın Denizli'de

(0.100 °C/yıl) gözlemlendiği, onu sırasıyla Sultanhisar (0.075 °C/yıl), Nazilli (0.072 °C/yıl), Aydın (0.071 °C/yıl) ve Dinar'ın (0.062 °C/yıl) izlediği görülmektedir. Haziran ayı Güney istasyonunda gözlenen önemsiz bir artışın dışında Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının üçünde de tüm istasyonlarda önemli artışlar gözlemlenmiştir.

Sonbahar mevsimi için Nazilli ve Yatağan dışındaki tüm istasyonlarda istatistiksel olarak önemli artışlar gözlemlenmiştir. Sonbahara ait eğitim değerleri ele alındığında ise artışın en fazla Denizli'de (0.065 °C/yıl) görüldüğü, onu Aydın (0.044 °C/yıl) ve Sultanhisar'ın (0.041 °C/yıl) izlediği söylenebilir. Eylül ayında Dinar ve Uşak istasyonları dışındaki tüm istasyonlarda artan sıcaklık eğilimlerinin önemli olduğu saptanmıştır. Ekim ayı için Güney, Nazilli, Uşak ve Yatağan dışındaki istasyonlarda önemli artışlar gözlemlenmiştir. Kasım ayında ise sadece Denizli istasyonunda istatistiksel olarak önemli bir artış saptanmış diğer istasyonlardaki artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Aylık ve mevsimsel sıcaklık değerlerine paralel olarak tüm istasyonlarda minimum sıcaklıkların yıllık ortalamalarında belirgin artışlar saptanmıştır. Başka bir ifadeyle, minimum sıcaklıkların yıllık ortalaması tüm istasyonlarda artış göstermiş, fakat bu artışlar sadece Nazilli ve Yatağan'da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Eğitim değerleri göz önünde bulundurulduğunda en yüksek eğilimin Denizli istasyonunda olduğu (0.067°C/yıl), onu Sultanhisar

(0.041°C/yıl) ve Aydın (0.037°C/yıl) istasyonlarının izlediği görülmektedir.

Türkeş ve ark. (2002), 1929-1999 arasında Kütahya, Uşak, Afyon, Manisa, İzmir ve Bodrum istasyonlarında yıllık ortalama minimum sıcaklık değerlerinde 0.05 düzeyinde önemli eğilim değerleri elde etmişlerdir. Aydın ve Muğla istasyonuna ait yıllık minimum değerlerinin sıcaklık eğiliminde istatistiksel olarak önemsiz bir azalış; diğer istasyonlarda ise istatistiksel olarak önemsiz bir artış gözlemlenmiştir. Türkeş ve ark. (2002) ile bu çalışma, kullanılan verilerin zaman aralığı ve istasyonlar açısından karşılaştırıldığında, bu çalışmanın daha yakın tarihli iklim kayıtlarını içerdiği ve iki istasyonun (Aydın ve Uşak) ortak olduğu görülmektedir. Her iki çalışma da Uşak istasyonunda yıllık ortalama minimum sıcaklıklarda %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli artan yönde eğilimler bulunmuştur. Aydın istasyonu için ise Türkeş ve ark. (2002) azalan yönde istatistiksel olarak önemsiz bir eğim bulmasına rağmen, bu çalışmada istatistiksel olarak önemli bir eğilim bulunmuştur. Diğer taraftan, Kadıoğlu (1997), yıllık ortalama minimum sıcaklıkların ülke genelinde 1939-1989 yılları arasında önemli bir artış, 1955-1989 arasında ise önemsiz bir azalış eğilimi sergilediği saptamıştır. Türkeş ve ark. (2002) ile Kadıoğlu (1997) tarafından elde edilen bulgular, daha yakın tarihli verilerin kullanıldığı bu çalışma ile karşılaştırıldığında, yıllık ortalama minimum sıcaklıklardaki artış eğiliminin yakın dönemde kuvvetlendiği ortaya çıkmaktadır.

Demirci ve ark. (2009) İstanbul için ilkbahar ve kış mevsimlerinin minimum sıcaklık ortalamalarında istatistiksel olarak önemli olmayan negatif bir eğilim saptamışlardır. Minimum sıcaklıklar ilkbaharda 0.32°C, kışta ise 0.48°C azalmıştır. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise ortalama minimum sıcaklıklarda artış saptanmıştır. Bu artışlar yaz mevsimi için 1.92 °C, sonbahar mevsimi için 0.51 °C'dir. Tüm mevsimler için sadece yaz mevsimindeki artış %99 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Demirci ve ark. (2009) tarafından elde edilen sonuçlarla bu çalışmada elde edilen sonuçlar arasındaki en önemli benzerlik her iki coğrafi bölgede yaz mevsiminde saptanan istatistiksel olarak önemli artışlardır.

Tecer ve Cerit (2009), Rize'de 1975-2007 arasında minimum sıcaklıkların yıllık ortalamasında istatistiksel olarak önemli bir artış saptamışlardır. Bu çalışmada da sekiz istasyondan altısında minimum sıcaklıklar için %5 önem düzeyinde artan yönde önemli eğilimler saptanmıştır. Maksimum sıcaklıklarda olduğu gibi eğilim değerlerindeki benzer artışlar, artış eğiliminin, başka diğer çalışmalarda da görüleceği üzere, ülkemizin oldukça geniş bir coğrafyasında hissedilebildiğini ortaya koymaktadır.

Ortalama Sıcaklık Eğilimleri

Ortalama sıcaklık serileri için yapılan Mann-

Kendall ve Sen'in Eğim Testi sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir.

Kış mevsiminde, sadece Denizli'de ortalama sıcaklıklarda önemli bir artış gözlenmiş; diğer istasyonlarda artış eğilimleri tespit edilmesine karşın %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kış mevsiminde en fazla artışın Denizli'de (0.039 °C/yıl) olduğu ve onu Sultanhisar (0.026 °C/yıl) ve Aydın'ın (0.025 °C/yıl) izlediği görülmektedir. Aralık ayında; Aydın, Denizli, Dinar, Güney ve Yatağan'da önemli bir ısınma, geri kalan istasyonlarda ise önemli olmayan bir ısınma eğilimi gözlemlenmiştir. Ocak ayında tüm istasyonlarda istatistiksel olarak önemli olmayan artışlar; Şubat ayında ise Dinar, Nazilli ve Yatağan'da istatistiksel olarak önemli olmayan düşüşler, diğer istasyonlarda önemli olmayan artışlar gözlemlenmiştir.

İlkbahar mevsiminde Denizli ve Sultanhisar istasyonlarında önemli artışlara rastlanmıştır. Nazilli'de azalan yönde, geri kalan istasyonlarda ise artan yöndeki eğilimler istatistiksel olarak önemli değildir. İlkbahara ait eğim değerleri incelendiğinde en yüksek artışın, sırasıyla, Denizli'de (0.032 °C/yıl), Sultanhisar'da (0.026 °C/yıl) ve Yatağan ile Aydın'da (0.017 °C/yıl) olduğu görülmektedir. İlkbahar mevsimindeki aylar ayrı ayrı incelendiğinde, Mart ayında sıcaklık eğilimlerinde genel olarak anlamlı olmayan artışlar gözlemlenmesi karşın Nazilli istasyonunda istatistiksel olarak önemli olmayan bir azalış eğilimi saptanmıştır. Nisan ayı için tüm istasyonlarda saptanan artışlar istatistiksel olarak önemli değildir. Mayıs ayı için ise, Denizli, Yatağan ve Sultanhisar istasyonlarında önemli artışlar gözlemlenmiş; diğer istasyonlardaki artışlar önemli değildir.

Yaz mevsimi gerek mevsimsel gerekse de bu mevsimdeki aylara ait eğilimler açısından diğer mevsimlerden ve aylardan belirgin bir şekilde farklılık göstermektedir. Söz konusu dönemlerde tüm istasyonlarda artan yönde istatistiksel olarak önemli eğilimler gözlemlenmiştir. Yaza ait eğim değerleri incelendiğinde en fazla artışın Denizli'de (0.077 °C/yıl) gözlemlendiği, onu sırasıyla Sultanhisar (0.063 °C/yıl), Yatağan'ın (0.057 °C/yıl) izlediği saptanmıştır. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının üçünde de tüm istasyonlarda istatistiksel olarak önemli artışlar gözlemlenmiştir.

Sonbahar mevsiminde ise, Nazilli dışındaki tüm istasyonlarda önemli artışlar gözlemlenmiştir. Sonbahara ait eğim değerleri ele alındığında ise artışın en fazla Denizli'de (0.054 °C/yıl) görüldüğü, onu Aydın (0.035 °C/yıl) ve Sultanhisar ile Yatağan'ın (0.030 °C/yıl) izlediği görülmüştür. Eylül ayında Aydın, Denizli, Sultanhisar ve Yatağan istasyonlarında artan sıcaklık eğilimlerinin önemli olduğu belirlenmiştir. Geriye kalan istasyonlardaki artışlar önemli değildir. Ekim ayında Denizli istasyonunda önemli bir artış, diğer istasyonlarda önemli olmayan artışlar gözlemlenmiştir. Kasım

Çizelge 4. Büyük Menderes Havzasında aylık, mevsimlik ve yıllık ortalama sıcaklıkların eğilimlerinin büyüklükleri (°C/yıl)

Dönem	Aydın	Denizli	Dinar	Güney	Nazilli	S.hisar	Uşak	Yatağan
Ocak	0.017	0.043	0.023	0.029	0.017	0.034	0.024	0.020
Şubat	0.003	0.025	-0.003	0.007	-0.004	0.014	0.005	0.000
Mart	0.004	0.021	0.000	0.000	-0.013	0.013	0.000	0.003
Nisan	0.018	0.033	0.014	0.008	0.004	0.033	0.014	0.019
Mayıs	0.028	0.050	0.018	0.034	0.009	0.036	0.030	0.028
Haziran	0.043	0.065	0.040	0.028	0.039	0.062	0.027	0.046
Temmuz	0.047	0.083	0.054	0.056	0.043	0.055	0.050	0.055
Ağustos	0.059	0.105	0.075	0.078	0.067	0.082	0.082	0.076
Eylül	0.032	0.056	0.020	0.020	0.018	0.038	0.023	0.026
Ekim	0.036	0.054	0.032	0.025	0.000	0.030	0.025	0.029
Kasım	0.021	0.038	0.016	0.025	-0.006	0.029	0.017	0.028
Aralık	0.041	0.060	0.043	0.046	0.013	0.033	0.032	0.041
Kış	0.025	0.039	0.024	0.024	0.006	0.026	0.022	0.022
İlkbahar	0.017	0.032	0.007	0.010	0.000	0.026	0.012	0.017
Yaz	0.046	0.077	0.056	0.050	0.048	0.063	0.053	0.057
Sonbahar	0.035	0.054	0.024	0.029	0.004	0.030	0.026	0.030
Yıllık	0.028	0.050	0.026	0.024	0.011	0.036	0.025	0.032

*%5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli eğilimler koyu olarak belirtilmiştir

ayında gözlenen artışların hiçbiri istatistiksel olarak önemli değildir; Nazilli istasyonunda hem Ekim ayında hem de Kasım ayında önemli olmayan bir azalma saptanmıştır.

Aylık ve mevsimsel sıcaklık eğilimlerindeki artışlar doğrultusunda tüm istasyonların yıllık serileri üzerinde de belirgin artış eğilimleri gözlenmiştir. Yıllık ortalamalardaki artışın, yaz aylarındaki artışlardan kaynaklandığı göze çarpmaktadır. Eğim değerleri göz önüne alındığında en yüksek sıcaklık eğiliminin Denizli istasyonunda (0.050°C/yıl) olduğu, onu Sultanhisar (0.036°C/yıl) ve Yatağan (0.032°C/yıl) istasyonlarının izlediği görülmektedir.

Türkeş ve ark. (2002), Ülkemiz geneline yayılmış 70 istasyonda 1929-1999 arasında yıllık ortalama sıcaklık serilerindeki ısınma oranlarının her on yılda 0.07 °C ile 0.34 °C arasında değiştiğini; yaz ortalama sıcaklıklarının Türkiye'nin batı bölümü üzerindeki çok sayıda istasyonda zayıf bir ısınma eğiliminde olduğunu saptamışlardır. Diğer taraftan, Kadioğlu (1997) ülkemizdeki 17 istasyonda yıllık ortalama sıcaklıklarda 1939-1989 arasında bir ısınma eğilimi, 1955-1989 yılları arasında ise bir soğuma eğilimi saptamıştır. Bu çalışmada ise, her iki çalışmadan farklı olarak 1970-2011 arasında hem yıllık ortalama sıcaklıklarda hem de yaz ortalama sıcaklıklarında önemli ve kuvvetli artış eğilimleri dikkati çekmektedir. Bu fark, son 20-30 yıl içerisinde sıcaklık artışlarının hızlandığını göstermektedir.

Demirci ve ark. (2009) İstanbul ili için 1975'den 2006'ya kadar olan dönemde, yaz mevsimi ortalama

sıcaklığı ve yıllık ortalama sıcaklık için önemli artış, kış için önemsiz azalış, ilkbahar ve sonbahar ortalama sıcaklıkları için önemsiz artış saptamıştır. Aylık serilerde ise, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının ortalama sıcaklıklarında önemli artış, diğer aylarda ise önemsiz artış veya azalışlar olduğunu belirlemişlerdir. Tecer ve Cerit (2009) ise Rize'de 1975-2007 arasında kapsayan dönemde, yıllık ortalama ile yaz ve sonbahar mevsimi ortalama sıcaklıklarında (buna bağlı olarak Mayıs, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında) önemli artışlar, diğer mevsimlerde (aylarda) önemsiz artışlar saptamışlardır. Hem Tecer ve Cerit (2009) hem de Demirci ve ark. (2009) tarafından elde edilen bulgular, tüm zaman ölçeklerinde bu çalışmanın sonuçları ile oldukça uyumludur. Diğer bir ifadeyle, ülkemizin birbirinden oldukça uzak üç farklı coğrafyasında (Büyük Menderes havzası, Rize ve İstanbul) yaz ortalama sıcaklıkları ile yıllık ortalama sıcaklıklarında, yirminci yüz yılın son çeyreği ile yirmi birinci yüz yılın ilk yıllarını kapsayan dönemde önemli artışlar meydana gelmiştir.

Demir ve ark. (2008) Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklığın 1952 ile 2006 yılları arasında kapsayan dönemde doğrusal ısınma oranlarının her on yılda 0.121°C ile 0.312°C arasında değiştiğini, Türkiye'de ortalama sıcaklıkların küresel ortalama yüzey sıcaklıklarına benzer şekilde artış eğiliminde olduğunu ancak küresel olarak 1980'li yıllardan bu yana devam eden hızlı sıcaklık artışının Türkiye'de 1990'lı yıllardan itibaren gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Demir ve ark. (2008)'nin ortaya

koymuş oldukları sonuçlar bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla paralellik gösterdiği söylenebilir. Demir ve ark. (2008)'e göre daha yakın dönemlerin verilerinin kullanıldığı bu çalışmada yıllık ortalama sıcaklıklar için elde edilen istatistiksel olarak önemli ve yüksek eğimli eğilimler, Demir ve ark. (2008) tarafından elde edilen bulgularla uyumludur.

SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlemiştir:

1) Büyük Menderes havzasında yıllık ortalama, yıllık ortalama maksimum ve yıllık ortalama minimum sıcaklıklarda istatistiksel olarak önemli artışlar görülmüştür.

2) Yaz mevsimi ve dolayısıyla yaz ayları ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık artışlarının en yüksek olduğu dönemlerdir.

3) Yıllık ortalamalardaki artan yöndeki eğilimlerin en büyük sorumlusu yaz aylarındaki artışlardır.

4) Saptanan az sayıdaki azalan yöndeki eğilimlerin tamamı istatistiksel olarak önemsizdir.

5) Önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında, 1980'li yıllarla birlikte sıcaklarda artış eğiliminin başladığı veya mevcut artış eğiliminin hızlandığı görülmektedir. Bunun nedeni, atmosferdeki sera gazlarındaki hızlı artış ve/veya başka bir fiziksel faktör (örneğin, yeryüzüne düşen güneş enerjisi miktarındaki artış) olabilir. Gerek Büyük Menderes Havzası gerekse de ülkemizin diğer bölgeleri için 1980'ler öncesi ve sonrası için sıcaklık eğilimlerinin istatistiksel önem düzeylerinin ve eğilim miktarlarının, olası nedenleri ile birlikte, ayrı bir çalışma olarak araştırılması yerinde olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akçay SM (2007) Aşağı Büyük Menderes Havzası Sulama Şebekelerinin Devir Sonrası Performanslarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Anonim (2014a) Ankara Ticaret Odası (ATO) Küresel Isınma Kıskaçında Türkiye Raporu, [http://www.atonet.org.tr/yeni/index.php?p=303&l=1], Erişim Tarihi: 12.02.2014.
- Anonim (2014b) Meteoroloji Genel Müdürlüğü İstasyon Bilgileri Veritabanı [http://www.dmi.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx], Erişim Tarihi: 23.01.2014.
- Apak G, Ubay B (2007) Türkiye İklim Değişikliği 1. Ulusal Bildirimi. Çevre ve Orman Bakanlığı, [http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/bildirim1.pdf], Erişim: 23.12.2013.
- Bayazıt, M, Önöz B (2007) To Prewhitten or not to Prewhitten in Trend Analysis. Hydrological Sciences Journal, 52: 611-624.
- Demir İ, Kılıç G, Coşkun M, Sümer UM (2008) Türkiye'de Maksimum, Minimum ve Ortalama Hava Sıcaklıkları ile Yağış Dizilerinde Gözlenen Değişiklikler ve Eğilimler. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, 13-

- 14 Mart 2008, Ankara, 69-84.
- Demirci A, Karaburun A, Kara F (2009) Uzun Dönem Sıcaklık Verilerinde Thiessen ve Mann Kendall Metodları ile Trend Analizlerinin Yapılması: İstanbul Örneği. 3. Ulusal DEÜ CBS Sempozyumu, 10-11 Aralık 2009, İzmir, 31-42.
- Güley AÖ (2009) Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Öğrencilerinin Küresel Isınma Hakkındaki Bilgi Düzeylerinin Ölçülmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- IPCC (2007) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kadıoğlu M (1997) Trends in Surface Air Temperature Data over Turkey. International Journal of Climatology 17:511-520.
- Kadıoğlu M (2001) Bildiğiniz Havaların Sonu, Küresel İklim Değişimi ve Türkiye. Güncel Yayıncılık, İstanbul.
- Özey R (2001) Çevre Sorunları. Aktif Yayınevi, İstanbul.
- Partal T, Kahya E (2006) Trend Analysis in Turkish Precipitation Data. Hydrological Processes 20: 2011-2026.
- 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 'the Excel Template Application MAKESENS'. Publications on Air Quality, Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland.
- Tecer LH, Cerit O (2009) Temperature Trends and Changes in Rize, Turkey, for the Period 1975 to 2007. CLEAN-Soil, Air, Water 37: 150-159.
- Türkeş M (1998) Influence of Geopotential Heights, Cyclone Frequency and Southern Oscillation on Rainfall Variations in Turkey. International Journal of Climatology 18: 649-680.
- Türkeş M, Sümer UM, Demir İ (2002) Türkiye'nin Günlük Ortalama, Maksimum ve Minimum Hava Sıcaklıkları ile Sıcaklık Genişliğindeki Eğilimler ve Değişiklikler. Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı, 11-13 Nisan 2002, İzmir, 89-106.
- Yamaoğlu GÇ (2006) Türkiye'de Küresel Isınmaya Yol Açan Sera Gazı Emisyonlarındaki Artış ile Mücadelede İktisadi Araçların Rolü. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Yue S, Pilon P, Phinney B, Cavadias G (2002) The Influence of Autocorrelation on the Ability to Detect Trend in Hydrological Series. Hydrological Processes 16: 1807-1829.

Sorumlu Yazar

Ercan YEŞİLİRMAK
eyesilirmak@adu.edu.tr

Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Bölümü, AYDIN

Geliş Tarihi : 19.09.2014

Kabul Tarihi : 13.03.2015