



## Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler

Murat Türkeş<sup>1</sup> ve Zahide Acar Deniz<sup>2</sup>

### Özet

Çalışma alanı, Kuzeybatı Anadolu'da Güney Marmara bölümünde yer alır. Çalışma alanındaki istasyonlar, Akdeniz yağış rejimi ile Marmara geçiş iklimi özellikleriyle nitelenir. Çalışmada, bu istasyonların genel klimatolojik özellikleri belirlenerek, yörenin iklim özellikleri açıklandı. Ayrıca, yağış ve akım istasyonlarının zaman dizilerindeki uzun süreli değişimler ve eğilimler parametrik olmayan zaman dizisi çözümleme yöntemleri kullanılarak iklimsel değişkenlik bakımından incelendi. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

i) Thornthwaite iklim sınıflandırma sistemine göre, Bayramiç, Biga, Çan ve Bandırma, yazın şiddetli bir su açığı bulunan istasyonlardır. Çalışma alanının iklimi, yarı nemli (Bayramiç, Biga, Çan, Bandırma) ve kuru-yarı nemlidir (Edremit ve Bozcaada). ii) Güney Marmara bölümünde, Akdeniz yağış rejimine sahip olan istasyonlarda yıllık toplam yağış tutarlarında genel olarak azalma eğilimi egemendir. Çalışma alanı kış yağışlarındaki azalma eğilimi, 1970'lerde başlamış ve 1990'larda giderek belirginleşmiştir. (iii) Topografya özellikleri, sıcaklığın ve yağışın alana dağılımını, etkili olan basınç sistemleri ve hava dolaşımı özellikleri ise sıcaklığın ve yağışın alansal ve zamansal dağılımını belirleyen temel etmenlerdir. (iv) Güney Marmara bölümündeki akarsu akımlarında, kış mevsiminde 1990'lardan itibaren belirgin bir azalma eğilimi gözlenir. (v) İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde artan evapotranspirasyon, yağışlardaki mevsimsellik/değişkenlik, hava sıcaklıklarındaki anlamlı artış eğilimleri bölge su kaynakları için en büyük tehditlerdir. Ayrıca, akarsulardan sulama amaçlı su kullanımlarının artması da akarsu akımlarında önemli ölçüde azalmalara neden olur.

**Anahtar kelimeler:** Türkiye, klimatoloji, yağış ve akım, iklimsel değişim, eğilim, KruskalWallis türdeşlik sınaması, Mann-Kendall sıra ilişki sınaması.

<sup>1</sup> Prof. Dr. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, Terzioğlu Yerleşkesi, 17020 – Çanakkale. E-posta: murat.turkes@comu.edu.tr

<sup>2</sup> Arş. Gör. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, Terzioğlu Yerleşkesi, 17020 – Çanakkale. E-posta: zahide.deniz@hotmail.com

## **Climatology of South Marmara Division (North West Anatolia) and observed variations and trends in precipitation and stream-flow series**

**Murat Türkeş<sup>1</sup> and Zahide Acar Deniz<sup>2</sup>**

### **Abstract**

The study area is located in the northwestern part of Anatolia, Southern Marmara. Stations in the study area are characterized mainly with the Marmara transition climate and the Mediterranean rainfall regime. The climate of the sub-section was explained by determining the general climatic characteristics of the stations. In addition, long-term changes and trends in the time series of precipitation and stream-flow stations were investigated in terms of climatic variability by using nonparametric time series analysis methods. The results obtained are summarized as follows:

i) According to the Thornthwaite climate classification system, Bayramiç, Biga, Çan and Bandırma stations have a severe water deficit in summer. The climate of the study area is semi-humid (Bayramiç, Biga, Çan, Bandırma) and dry-semi-humid (Edremit and Bozcaada). ii) In the south of Marmara, the stations having the Mediterranean rainfall regime are dominated with decreasing trend in annual precipitation amounts. Decreasing trends in precipitation totals over the study area started in the 1970s and gradually became evident during the 1990s. iii) Topographic features are the basic factors that determine temperature and rainfall distributions in space, whereas characteristics of pressure systems and air circulation determine the spatial and temporal distributions of temperature and precipitation. iv) Series of stream-flows in south of the Marmara have a significant decreasing trend since the 1990s in winter. v) Increasing evapotranspiration in the spring, summer and autumn, high seasonality and year-to-year variability of precipitation totals, and significant increases in air temperatures are the biggest threats to the regional water resources. In addition, increased use of streams for irrigation purposes also caused significant decreasing trend in stream-flows.

**Keywords:** Turkey, climatology, precipitation and stream-flow, climatic variability, trend, Kruskal-Wallis homogeneity test, Mann-Kendall rank correlation test.

---

<sup>1</sup> Prof. Dr. Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Sciences and Arts, Department of Geography, Physical Geography Division, Terzioğlu Campus, 17020, Çanakkale, Turkey. E-mail: [comu.muratturkes@gmail.com](mailto:comu.muratturkes@gmail.com)

<sup>2</sup> Research Assist. Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Sciences and Arts, Department of Geography, Physical Geography Division, Terzioğlu Campus, 17020, Çanakkale, Turkey. E-mail: [zahide.deniz@hotmail.com](mailto:zahide.deniz@hotmail.com)

## Giriş

20. yüzyılda, orta enlem ve kutupsal kar örtüsü, kutupsal kara ve deniz buzları ile orta enlemlerin dağ buzulları eriyerek alansal ve hacimsel olarak azalırken, gel-git ve deniz seviyesi ölçerlerinin gözlem kayıtlarına göre küresel ortalama deniz seviyesi, yaklaşık 0.17 m (0.12-0.22 m arasında) yükselmiş ve okyanusların ısı içerikleri artmıştır (IPCC, 2001; IPCC 2007). Yağışlar kuzey yarımkürenin orta ve yüksek enlem bölgelerinde her on yılda yaklaşık % 0.5 ile % 1 arasında artarken, subtropikal karaların (Akdeniz Havzası'nı da içerir) önemli bir bölümünde her on yılda yaklaşık %3 azalmıştır (IPCC, 2001). IPCC dördüncü değerlendirme raporuna göre; küresel ortalama yüzey sıcaklığı, 1906-2005 döneminde 0.74C° artmıştır. 1901-2005 döneminde Amerika'nın doğu bölgeleri, Avrupa'nın kuzeyi ve Asya'nın kuzeyi ile iç kesimleri yağışların arttığı bölgelerken, Afrika'nın Sahel bölgesi, Akdeniz Havzası, Afrika'nın güneyi, Asya'nın güney kesimleri yağışlarda önemli azalmaların olduğu bölgelerdir.

Türkiye, subtropikal karalarının batı kıyılarında oluşan Akdeniz makroklima alanı içindedir. Genel olarak, yazın tropikal kökenli hava akımlarının, kışın polar kökenli hava akımlarının etkisi altındadır. Türkiye, kış mevsiminde Sibirya antisiklonu, polar cepheye bağlı orta enlem siklonları ile Akdeniz cephesi siklonlarının etkisine girer. Kış ve bahar mevsimlerinde orta enlem siklonları ve Akdeniz kökenli siklonlar ile birlikte etkili olan Azor antisiklonunun etki alanı yaz mevsiminde daha kuzey enlemlere kayar. Genel olarak, kışın Asya üzerinde etkili olan Sibirya yüksek basıncının yazın etkinliğini kaybetmesiyle, Tropiklerarası Yaklaşma Kuşağı (ITCZ) ile birlikte subtropikal yüksek basınçlar ve polar cephe de kuzeye doğru çekilir. ITCZ, genel olarak, bu sistemlerin güneyde terk ettikleri bölgelere kayarak, örneğin, güney ve güneybatı Asya ve Kuzey Afrika üzerine yerleşir. Böylece Türkiye ve çevresi, yazın Muson alçak basıncının sirkülasyon temelli etkisi altına girer. Muson alçak basıncındaki doğulu ve güneydoğulu akımlar, yazın Türkiye'nin doğu ve güney bölgelerinde genel hava akımının güneydoğulu ve doğulu olmasına neden olur (Türkeş, 1990, 2003, 2010b). Yazın, polar cephenin daha kuzey enlemlere çekilmesiyle, Karadeniz bölgesi dışında cephesel yağışların oluşma olasılığı azalır (Erinç, 1996; Erol, 1999; Kutiel vd., 2002; Türkeş ve Erlat, 2003, 2005, 2006; Türkeş, 1990; Türkeş vd., 2009).

Akdeniz'de iklim koşullarının alansal dağılışına kontrol eden fiziki coğrafya faktörler, atmosferik dolaşım, enlem, yükselti ve genel olarak orografi, deniz suyu sıcaklıklarının dağılışı, kara-deniz etkileşimi ve daha küçük ölçekli süreçlerdir (Lolis vd., 2002; Xoplaki vd.,

2000; Xoplaki, 2002; Xoplaki vd., 2003; Barry ve Chorley, 2003, Türkeş, 2010). Özellikle, belirli dönemlerde yağış ve sıcaklıklar geniş ölçekli atmosferik dolaşım ile şekillenir. Akdeniz havzası ve çevresi için özellikle 1990'lardan beri bu havzada etkili olan atmosfer koşulları incelenmekte, atmosferik dolaşım indisleri ile ilişkiler belirlenmeye çalışılmaktadır.

Atmosferik dolaşım indislerindeki mevsimsel değişiklik ve değişkenlik çalışmalarında, çeşitli araştırmacılar tarafından Kuzey Atlantik Salınımı (NAO), Arktik Salınım (AO), Kuzey Denizi-Hazar Deseni (NCP), El-Niño Güney Salınımı (EÑSO) ile Akdeniz havzası için hesaplanan Doğu Akdeniz Deseni ve Akdeniz Dolaşımı indisleri kullanılarak, yağış ve hava sıcaklığı zaman dizilerindeki alansal ve zamansal değişkenlikler belirlenmiştir (Bartholy ve Pongracz, 2006; Feidas vd., 2007; Fraedrich ve Müller, 1992; Hatzaki vd., 2007; Hurrell, 2003; Kutiel vd., 2002; Kutiel ve Türkeş, 2005; Türkeş ve Acar, 2008; Türkeş ve Erlat, 2003, 2005, 2006, vb.).

Erlat (2002) ve Türkeş ve Erlat (2003; 2005) çalışmalarına göre, kışın daha belirgin olmak üzere, Türkiye yağışları ve NAO değişimleri arasında negatif bir ilişki vardır; ayrıca, kuvvetli (pozitif) NAO indisi evresinde, genellikle kurak koşullar, zayıf (negatif) NAO indisi evresinde ise, yağışlı koşullar egemendir. Ekstrem NAO indisi evrelerinde yağışlarda oluşan alansal olarak tutarlı ve anlamlı değişiklikler (yağışlı ve kurak koşullar), Türkiye'nin Karasal İç Anadolu bölgesinde ve genel olarak Akdeniz yağış rejimi özellikle batı bölgelerinde daha belirgindir Türkeş ve Erlat (2003; 2005).

Türkiye istasyonlarının çoğunda, yıllık yağışlar ve kış yağışları, 1960'lı yılların sonuna kadar genel bir artış eğilimiyle birlikte düşük sıklıklı bir dalgalanma gösterirken, 1970'li yıllardan başlayarak ortalamanın altındaki yağışların birbirini daha fazla izlediği, daha az değişken bir gidiş sergilediği belirlenmiştir (Türkeş, 1996, 1998; Türkeş vd., 2009). Bölgesel deniz seviyesi basıncı (DSB) değişimleri ile Türkiye'deki uzun süreli yağış değişimleri arasında ilişkinin en kuvvetli olduğu dönem kıştır (Kutiel vd., 2001). Türkiye yağışları kışın esas olarak bölgesel atmosferik dolaşım koşullarına ve basınç merkezlerine büyük bağlılık gösterirler (Kutiel vd., 2001; Türkeş, 1998; Türkeş vd., 2002).

Daha yeni bir çalışmada, Türkeş vd. (2009), Türkiye'deki 97 istasyonun yıllık ve mevsimlik yağış toplamlarına dayanarak, yağış dizilerindeki zamansal ve alansal değişiklikleri incelediler. Türkiye'nin batı ve güney batısı, geniş ölçekli atmosferik dolaşım ile bununla bağlantılı hava desenleri tarafından şekillendirilen Akdeniz yağış rejimi ile karakterize edilirken, Türkiye'nin kuzeydoğu ve doğusu, kuzeyli orta enlem siklonları ve

Türkeş, M., Acar Deniz, Z.. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

Doğu Avrupa, Sibiryaya kaynaklı kuzeyli ve doğulu dolaşım ile karakterize olur. Bu çalışmada, yıllık toplam yağışlarda ve yağış yoğunluğu tutarlarında belirgin olan azalma eğilimlerinin, Akdeniz yağış rejimi dışında Karadeniz yağış rejimi bölgesinde de etkili olduğu belirlenmiştir. Kuraklaşma eğilimlerinin giderek kuzey enlemlere doğru kaydığı araştırmanın sonuçları ve öngörülleri arasındadır.

Sarış vd. (2010)'nin yeni bir klimatolojik yaklaşımla Türkiye'nin yağış rejim bölgelerini belirledikleri çalışmada, Türkiye'de kıyı rejimi (Karadeniz, Marmara ve Ege denizi kıyıları), geçiş (karasal Ege bölgesi (iç Ege) ve güneydoğu Anadolu bölgesi) ve iç bölge (İç Anadolu ve Doğu Anadolu) yağış rejimi olarak üç ana bölge belirlendi. Bu çalışmada, kış mevsiminde kıyı bölge yağışlarında genel olarak geniş ölçekli atmosferik dolaşımın ve iç bölgelerdeki yağışlarda ise ilkbahar konveksiyonel yağışların önemli olduğu vurgulandı.

Maheras vd. (2004), Yunanistan'ın dolaşım tipleri ve yağış değişkenliğindeki değişiklikler arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında istasyonların çoğunda yağışlı gün sayısı ve yağış olasılığında siklonik dolaşım da gözlenen değişikliklerle tutarlı olarak bir azalma belirlediler.

Aksoy, (2007) ve Aksoy vd. (2007), Edirne, Lüleburgaz ve İpsala meteoroloji istasyonları ile Ergene, Hayrabolu akarsu akım istasyonlarını kullandıkları çalışmalarında, kuzeybatı Anadolu'nun hidroklimatolojik değerlendirmesini yaptılar. Bu bölge yağışlarında 1980'lerde belirginleşen azalma eğilimi (özellikle kış ve sonbahar yağışlarında) gözlemlendiler. Akarsu akımlarında istatistiksel olarak anlamlı olmayan (Ergene'de 1983 yılında negatif ve Hayrabolu'da 1998 yılında pozitif ) bir sıçrama buldular. Ayrıca, Aksoy vd. (2007) bu çalışmada, ECHAM4 ve HadCM2 iklim modellerine göre bölgenin gelecekteki iklimi değerlendirmiştir. Sıcaklıklarda 2100 yılına kadar 3,9 °C'lik bir artış, yağışlarda %13,8'lik bir azalış yaşanacağını öngörürler.

Kahya vd. (2002) ve Kahya ve Karabörk'de (2001), Türkiye akarsu akımlarındaki El Niño ve La Niña sinyallerinin klimatolojik analizlerini yaptıkları çalışmalarında, El Niño olayları süresince akım kayıtları Türkiye'nin doğu ve batı bölgelerinde nemli dönemler halinde kendini gösterirken La Niña olayları söz konusu olduğunda Türkiye'nin sadece doğu bölgelerinde yeterli kararlılık gösteren kurak dönemler görülür.

Kahya ve Kalaycı (2004), Türkiye akarsu akımlarını inceledikleri çalışmalarında, Türkiye akarsu akımlarının büyük bir kısmına azalma eğilimi buldular. Batı Karadeniz bölgesinden başlayarak İç Anadolu bölgesinin batı kesiminden Akdeniz bölgesinin büyük bir

Türkeş, M., Acar Deniz, Z.. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

kesimini içeren Türkiye'nin batı yarısındaki akarsu akımlarında anlamlı azalma eğilimleri gözlenmiştir. Akarsu akımlarındaki azalma eğilimini, yağışlardaki azalma ve sıcaklıklardaki artışlarla açıklamışlardır.

## 2. Veri ve Yöntem

Çalışma alanı, Marmara Bölgesi'nin Güney Marmara Bölümü'nü kapsar. Çalışmada, uzun süreli klimatolojik/hidrolojik veri değişimlerini izleyebilmek için kesintisiz ve istasyonların kuruluşundan günümüze kadar ölçülen veri dizilerinden yararlanılmıştır.

**Çizelge 1:** Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının genel özellikleri.

| İstasyonlar      | İstasyon Numarası | Veri Süresi (yıl) | Enlem Derecesi | Boylam Derecesi | Yükselti (metre) |
|------------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|------------------|
| Çanakkale        | 17112             | 75                | 40.08 K        | 26.24 D         | 5.5              |
| Bandırma         | 17114             | 56                | 40.19 K        | 27.59 D         | 63.0             |
| Edremit          | 17145             | 45                | 40.08 K        | 26.24 D         | 20.7             |
| Mustafakemalpaşa | 17675             | 42                | 40.02 K        | 28.24 D         | 60.0             |
| Gönen            | 17674             | 35                | 40.06 K        | 27.39 D         | 37.0             |
| Bi a             | 17630             | 60                | 40 13 K        | 27.15 D         | 25.0             |

Bu bağlamda, Güney Marmara bölümündeki 6 meteoroloji istasyonunda kaydedilen aylık toplam yağış verileri ve bu bölümdeki akarsuların aylık akım verileri kullanılarak yıllık ve mevsimlik zaman dizileri oluşturulmuştur(Çizelge 1 ve 2).

**Çizelge 2:** Çalışmada kullanılan akarsu akım istasyonlarının genel özellikleri.

| İstasyonlar      | İstasyon Numarası | Veri Süresi (yıl) | Enlem Derecesi | Boylam Derecesi | Yükselti (metre) |
|------------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|------------------|
| Mustafakemalpaşa | 302               | 60                | 39 57          | 28 30           | 40               |
| Orhaneli çayı    | 311               | 55                | 39 37          | 29 27           | 795              |
| Kocaçay          | 314               | 50                | 40 04          | 27 58           | 25               |
| Simav çayı       | 316               | 50                | 39 59          | 28 10           | 32               |
| Nilüfer çayı     | 321               | 50                | 40 16          | 28 56           | 6                |
| Karamenderes     | 407               | 30                | 39 50          | 26 19           | 35               |
| Sarıçay          | 2-65              | 22                | 40 03          | 26 35           | 70               |
| Tuzla çayı       | 4-11              | 28                | 39 36          | 26 27           | 244              |
| Havran çayı      | 4-4               | 31                | 39 34          | 27 11           | 93               |
| Kocabaş          | 2-10              | 35                | 40 10          | 27 13           | 29               |
| Uludere          | 2-36              | 25                | 40 14          | 26 40           | 20               |
| Üzümcü           | 0321              | 35                | 39 32          | 27 54           | 104              |

Veri dizilerindeki uzun süreli değişimleri ve/veya değişiklikleri görebilmek için bazı testler uygulandı. Öncelikle, veri dizilerinin güvenilirliğini sınamak ve dizilerinin

ortalamasında herhangi bir önemli değişikliğin olup olmadığına karar vermek için, Kruskal-Wallis (K-W) türdeşlik sınaması uygulandı (Sneyers, 1990; Türkeş vd., 2002).

Verilerin türdeş olup olmayışı, zaman dizisi çözümlerinde, özellikle iklimsel değişebilirlik araştırmalarında tümüyle dikkate alınması gereken önemli bir etmendir. Yağış ve akım dizilerindeki inhomojenlik (türdeş olmama) durumu, bir dizinin ortalamasındaki doğal olmayan kuvvetli sıçramaları karşılar. Bu test istatistiğinde orijinal gözlemlerin ( $X_i$ ) yerine onların küçükten büyüğe doğru sıralanmasıyla oluşturulan toplam sıralı dizideki sıra numaraları (rank) kullanılır. Yöntem şu şekilde ifade edilebilir (Sneyers 1990):

$$R_j = \sum_{i=1}^{n_j} r_{ij} \quad (1)$$

$$n = \sum_{j=1}^k n_j \quad (2)$$

$$X_k = \left[ \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} \right] - 3(n+1) \quad (3)$$

$R_j$  = Bağımsız dizideki sıra numaralarının toplamı

$r_{ij}$  =  $j$  alt dizilerindeki  $i$  gözlemlerinden oluşan toplam sıralı dizideki sıra numaraları

$n$  = Toplam sıralı dizinin gözlem sayısı

$n_j$  =  $j = 1, \dots, k$  ya kadar  $j$  alt dizilerinin örneklem boyutu (gözlem sayısı)

$X_k$  = Sınama örneklem değeri'dir.

Mann-Kendall (M-K) sıra ilişki katsayısı yöntemi ile uzun süreli eğilim ve değişiklikler belirlendi. Dizilerdeki önemli değişiklik noktaları ve/ya da ani değişiklikler  $M-K$  yönteminin ardışık çözümlenmesinin grafiksel gösterimi ile incelendi.

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (4)$$

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad (5)$$

$$u(t) = [t - E(t)] / \sqrt{\text{var}(t)} \quad (6)$$

eşitliği ile gösterildiğinde, boş hipotez  $|u(t)|$ 'nin büyük değerleri için reddedilir.  $M-K$ ,  $u(t)$  sınama örneklemdeğerinin ardışık analizi, gözlem dizisinde anlamlı bir eğilimin bulunması durumunda, eğilimin başlangıcını ve genel olarak gözlem dizisindeki değişiklik noktasını ya da noktalarını bulmak için kullanılan bir yöntemdir.

Klimatolojik gözlemler genellikle rasgele olmayan bir değişim göstermesine karşın, çeşitli süreçlerin büyüklüğü ve zamanlaması stokastik olabilir. Rasgele olmayan olaylar, pozitif dizisel bir ilişki (*PDI*) ya da ısrar, dönemsellik, sıçrama ya da basamak şeklinde değişiklik, aşırı olay ve afet gibi bir bileşen ya da bunların çeşitli birleşimlerini içerebilir (Sneyers 1990; Türkeş vd., 2002). İklimsel, atmosferik ya da hidrolojik dizilerdeki değişimlere ilişkin çalışmalarda, rasgeleliğin ya da türdeşliğin alternatiflerini, belirgin iklimsel dalgalanma ya da dönemsellik, kuvvetli eğilim ve ani ya da basamak biçimli değişiklik gibi değişim tipleri oluşturur (Türkeş vd., 2002 ).

### ***Thorntwaite İklim Sınıflandırması***

Thorntwaite iklim sınıflandırma sistemi kullanılarak çalışma alanının iklimi ayrıntılı olarak belirlendi. Thorntwaite iklim sınıflandırması ve su bütçesi, Willmott (1977)'un iklimsel su bilançosu için geliştirmiş olduğu WATBUG programında kullanılan yaklaşım dikkate alınarak hesaplandı. WATBUG'un ürettiği bazı çıktılar şunlardır: Düzeltilmemiş potansiyel evapotranspirasyon (DPE), (mm); düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon (APE), (mm); toprakta biriken nem (depo suyu), (mm); gerçek evapotranspirasyon (AE), (mm); toprak nem açığı (su açığı), (mm); toprak nem fazlası (su fazlası), (mm). WATBUG, aylık ya da günlük PE'leri Thorntwaite (1948) yöntemine göre, aylık (ya da günlük) hesaplar. Thorntwaite'in iklim sınıflandırması, yağış, sıcaklık ve buharlaşma tutarları arasındaki ilişkiye dayanır. Thorntwaite'in nemlilik indisi (1948), aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$L_m = \frac{100S - 60D}{PE} \quad (7)$$

Burada S, yıllık su fazlası (mm); D, yıllık su açığı (mm); PE, yıllık düzenlenmiş potansiyel evapotranspirasyona karşılık gelir (Türkeş, 2007). Çalışmada, Çanakkale, Edremit, Bandırma, Biga, Bayramiç, Çan, Etili, Yenice, Bozcaada, Gökçeada istasyonlarına ait veriler kullanılarak, Thorntwaite'in nemlilik indisleri hesaplandı. Thorntwaite (1948)'e göre, nemlilik indisinin negatif değerleri, kurak iklimlerde bulunurken; pozitif değerler, nemli iklimlerde bulunur.



Türkeş, M., Acar Deniz, Z.. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

**Çizelge 3:** Nemlilik İndisine ( $L_m$ ) karşılık gelen Thornthwaite iklim tipleri. Carter ve Mather (1966)'e göre Essenwanger (2001)'e dayanarak yeniden düzenlendi (Türkeş, 2007).

| Nemlilik İndisi ( $L_m$ ) | İklim tipi           |
|---------------------------|----------------------|
| 100 ve üzeri              | A Çok nemli          |
| 800-100                   | $B_4$ Nemli          |
| 60-80                     | $B_3$ Nemli          |
| 40-60                     | $B_2$ Nemli          |
| 20-40                     | $B_1$ Nemli          |
| 0-20                      | $C_2$ Yarınemli      |
| -20 to 0                  | $C_1$ Kuru-yarınemli |
| -40 to -20                | D Yarı Kurak         |
| -60 to -40                | E Kurak              |

### **Yağış Rejimi İndisi**

Thornthwaite nemlilik ve kuraklık (Aridite) İndisi, yağış rejimini (yağışın mevsimselliğini), başka bir deyişle etkili nemin, mevsimlik değişimini belirlemek için kullanılır (Türkeş, 2007). Nemlilik indisi ( $l_h$ );

$$l_h = \left( \frac{S}{PE} \right) \times 100 \quad (8)$$

Burada;

$S$ : Yıllık toplam su fazlası

$PE$ : Potansiyel evapotranspirasyon'dur.

Kuraklık indisi ( $l_a$ ) ise;

$$l_a = \left( \frac{D}{PE} \right) \times 100 \quad (9)$$

Burada;

$D$ : Yıllık toplam su açığı

$PE$ : Potansiyel evapotranspirasyon'a karşılık gelir.

### **Sıcaklık Etkinlik İndisi**

Thornthwaite'in sıcaklık (termal) etkinlik indisi, bir bölgedeki iklim tiplerinin termal sınıflandırmasını yapmak amacıyla kullanılır (Çizelge 4). Megatermal iklimleri, mesotermal iklimlerden ayırmak amacıyla, teorik olarak ortalama sıcaklığı her ay 23°C olan gün ve uzunluğu değişmediği kabul edilen bir istasyondaki 114 cm'lik bir PE değeri temel alınır (Türkeş, 2007).

Türkeş, M., Acar Deniz, Z.. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

**Çizelge 4:** Thornthwaite Sıcaklık Etkinlik İndisi için kabul edilen sınıflandırma.

| Yıllık PE (cm)   | İfade ettiği harf | İklim özelliği      |
|------------------|-------------------|---------------------|
| 14.2 ve daha az  | E'                | Donlu               |
| 14.3 – 28.5      | D'                | Tundra              |
| 28.6 – 42.7      | C' <sub>1</sub>   | Birinci Mikrotermal |
| 42.8 – 57.0      | C' <sub>2</sub>   | İkinci Mikrotermal  |
| 57.1 – 71.2      | B' <sub>1</sub>   | Birinci Mesotermal  |
| 71.3 – 85.5      | B' <sub>2</sub>   | İkinci Mesotermal   |
| 85.6 – 99.7      | B' <sub>3</sub>   | Üçüncü Mesotermal   |
| 99.8 – 114       | B' <sub>4</sub>   | Dördüncü Mesotermal |
| 114.0 ve fazlası | A'                | Megatermal          |

**3. Çalışma alanının genel iklim özellikleri**

Türkiye’de, yağışın dağılımında esas olarak fiziki coğrafya etmenleri rol oynar. En önemli olanlar, yer şekilleri ile cephesel depresyonların yörüngesinde ve yağış getiren nemli hava akımlarına göre istasyonların yerleridir (Türkeş, 1990). Genel dolaşımında yaz ve kış mevsimlerindeki değişiklik, yaz boyunca Karadeniz ve Kuzeydoğu Anadolu dışında Türkiye’nin büyük kısmında uzun süreli kuraklıkların yaşanmasına neden olur.



**Şekil 1:** Çalışmada kullanılan meteoroloji ve akım istasyonlarının lokasyon haritası.

Çalışma alanı, Türkiye’nin kuzeybatısında, Marmara bölgesinin güney Marmara bölümünde yer alır (Şekil 1). Akdeniz makro iklim bölgesinde yer alan Türkiye’de bu iklim bölgesinin karakteristik bir özelliği olan yaz kuraklığı belirgindir. Koç (2001)’e göre,

Türkeş, M., Acar Deniz, Z.. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

kuzeybatı Anadolu genel olarak, sıcak dönemde; Azor yüksek basıncı ile Muson alçak basıncı, soğuk dönemde; Sibiryaya yüksek basıncı, Azor yüksek basıncı, İzlanda alçak basıncı ve orta enlem depresyonları tarafından şekillendirilir.

Sıcaklık özelliği bakımından Marmara geçiş ikliminde, yağış özelliği olarak da Akdeniz yağış rejiminde yer alır. Topografya özellikleri, etkili olan basınç sistemleri ve hava dolaşımı özellikleri, sıcaklığın ve yağışın alana ve zamana dağılışı iklim özelliklerini belirleyen temel etmenlerdir. Kış mevsimi ortalama yağış tutarları, çalışma alanının en yüksek kesimini oluşturan Kazdağı ve çevresinden daha iç kesimde yer alan Yenice istasyonuna kadar güney kıyıları boyunca en yüksek değerlerine ulaşır.

Akdeniz makro iklim bölgesinin normal bir iklim özelliği olarak bilinen yaz kuraklığı ve yağışlardaki yüksek yıllararası değişkenlik ile bağlantılı olarak, her mevsimde rastlanan kurak dönemler, Türkiye su kaynakları üzerinde büyük baskı yaratır (Türkeş 1996; Türkeş, 1998; Türkeş, 2007; Türkeş ve Tatlı, 2009; Türkeş, 2010a, 2010b; vb.).

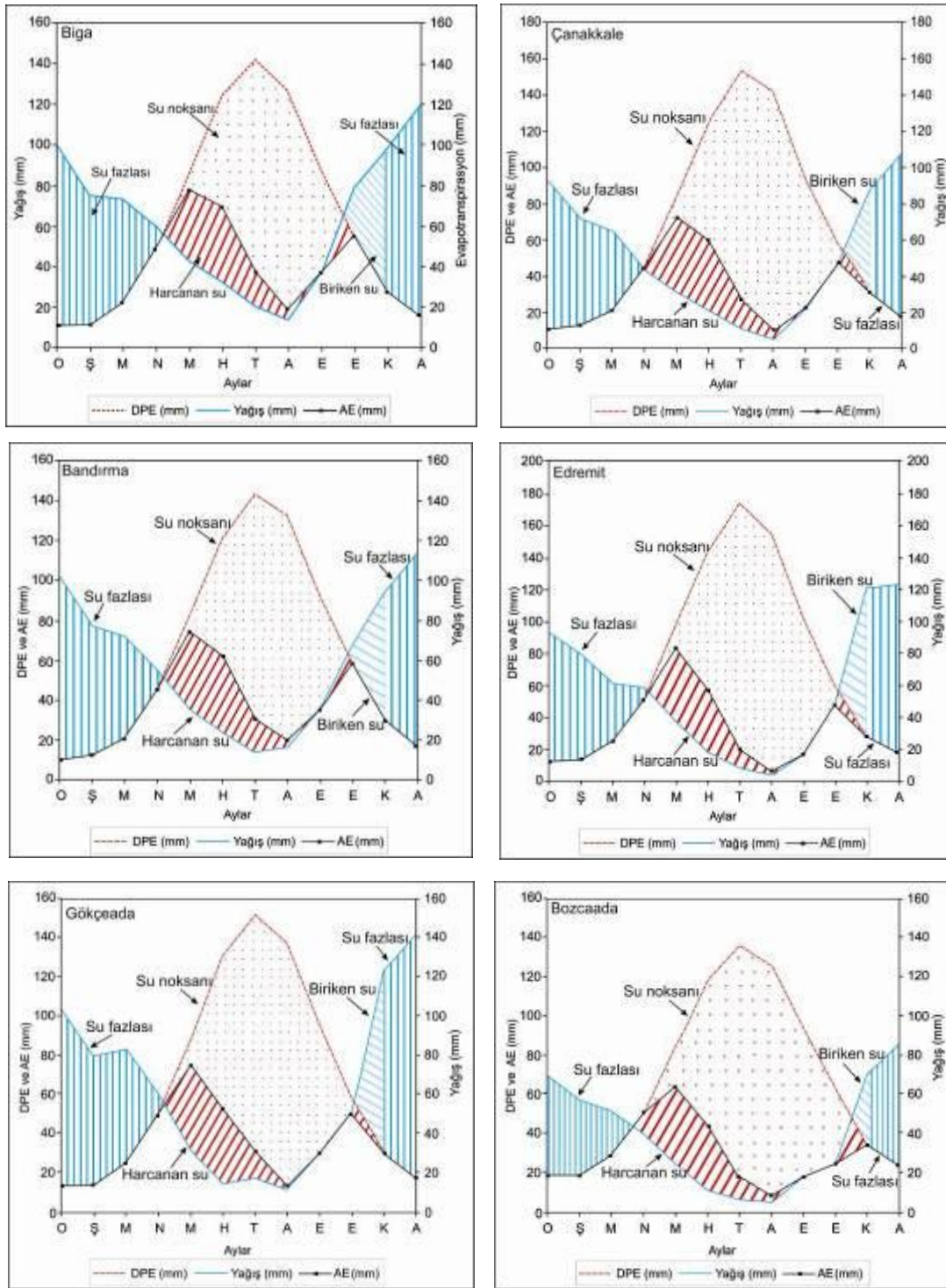
**Çizelge 5:** Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre çalışma alanının ayrıntılı iklim türleri.

| İstasyon Adı | Nemlilik indisi ( $L_m$ ) | Sıcaklık etkinliği | Hümidite İndisi ( $I_h$ ) | Yaz konsantrasyonu (%) | İklim tipi sembolleri  |
|--------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| Bandırma     | 10.1                      | 76.7               | 45.7                      | 51.7                   | $C_2, B'_2, s_2, b'_4$ |
| Bayramiç     | 0.69                      | 77.5               | 49.8                      | 52.5                   | $C_2, B'_2, s_2, b'_3$ |
| Biga         | 15.3                      | 75.2               | 42.5                      | 50.3                   | $C_2, B'_2, s_2, b'_4$ |
| Bozcaada     | -19.1                     | 79.4               | 14.3                      | 47.9                   | $C_1, B'_2, d, a'$     |
| Çan          | 4.1                       | 74.1               | 30.9                      | 51.8                   | $C_2, B'_2, s_2, b'_4$ |
| Çanakkale    | 1.7                       | 79.6               | 29.6                      | 52.7                   | $C_2, B'_2, s, b'_3$   |
| Edremit      | -1.4                      | 87.8               | 32.9                      | 53.7                   | $C_1, B'_3, s, b'_3$   |
| Gökçeada     | 12.1                      | 80.4               | 50.3                      | 51.9                   | $C_2, B'_2, s_2, b'_4$ |

Çalışmanın bu bölümünde, Thornthwaite iklim sınıflandırma sistemi kullanılarak güney Marmara bölümü ve çevresinin iklimi ayrıntılı olarak belirlendi. Çalışma alanının iklimi, Bandırma, Bayramiç, Biga, Çan, Çanakkale ve Gökçeada istasyonlarında yarımimli, Edremit ve Bozcaada'da kuru-yarımimli'dir (Çizelge 5).

Sıcaklık etkinlik indisine göre; Edremit istasyonu, üçüncü mesotermal diğer tüm istasyonlar ikinci mesotermal'dir. Etkili nemin mevsimlik değişimi, Thornthwaite sınıflandırmasına göre; yaz mevsiminde, Bandırma, Bayramiç, Biga, Çan ve Gökçeada istasyonlarında şiddetli bir su açığı bulunurken, Çanakkale istasyonunda orta düzeyde su açığı bulunur. Edremit'te, kışın orta düzeyde su fazlası vardır. Bozcaada'da tüm yıl boyunca su fazlası yoktur ya da çok az su fazlası vardır (Şekil 2).

Türkeş, M., Acar Deniz, Z.. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) iklimolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>



**Şekil 2:** Güney Marmara bölümünden seçilen istasyonların Thornthwaite yöntemine göre hesaplanmış iklimsel su bilançoları.

Sıcaklık etkinliği, yaz konsantrasyonu için kabul edilen sınıflandırmaya göre; Bayramiç, Çanakkale ve Edremit istasyonları üçüncü mesotermal, Bandırma, Biga, Çan ve Gökçeada dördüncü mesotermal'dir. Bozcaada, megatermal sınıfa girer (Çizelge 5).

## 4. Analiz Sonuçları

### 4.1 Uzun süreli yağış dizilerindeki değişimler ve eğilimler

Akdeniz makro iklim bölgesinin normal bir iklim karakteristiği olarak bilinen yaz kuraklığı ve yağıştaki yüksek yıllar arası değişkenlik ile bağlantılı, her mevsimde olabilen uzun süreli kurak olaylar, Türkiye su kaynakları üzerinde büyük baskı yaratır (Türkeş, 1996; Acar, 2008). Kış mevsimi yağışlarında, *K-W* türdeşlik sınamasına göre, Bandırma, Gönen ve Biga istasyonlarında anlamlı inhomojenlik vardır. Diğer mevsimlerdeki değişiklikler, istatistiksel olarak anlamlı değildir. Burada inhomojenlik (türdeş olmama) durumu, veri dizilerinin ortalamasındaki doğal olmayan kuvvetli sıçramaları karşılar (Çizelge 6).

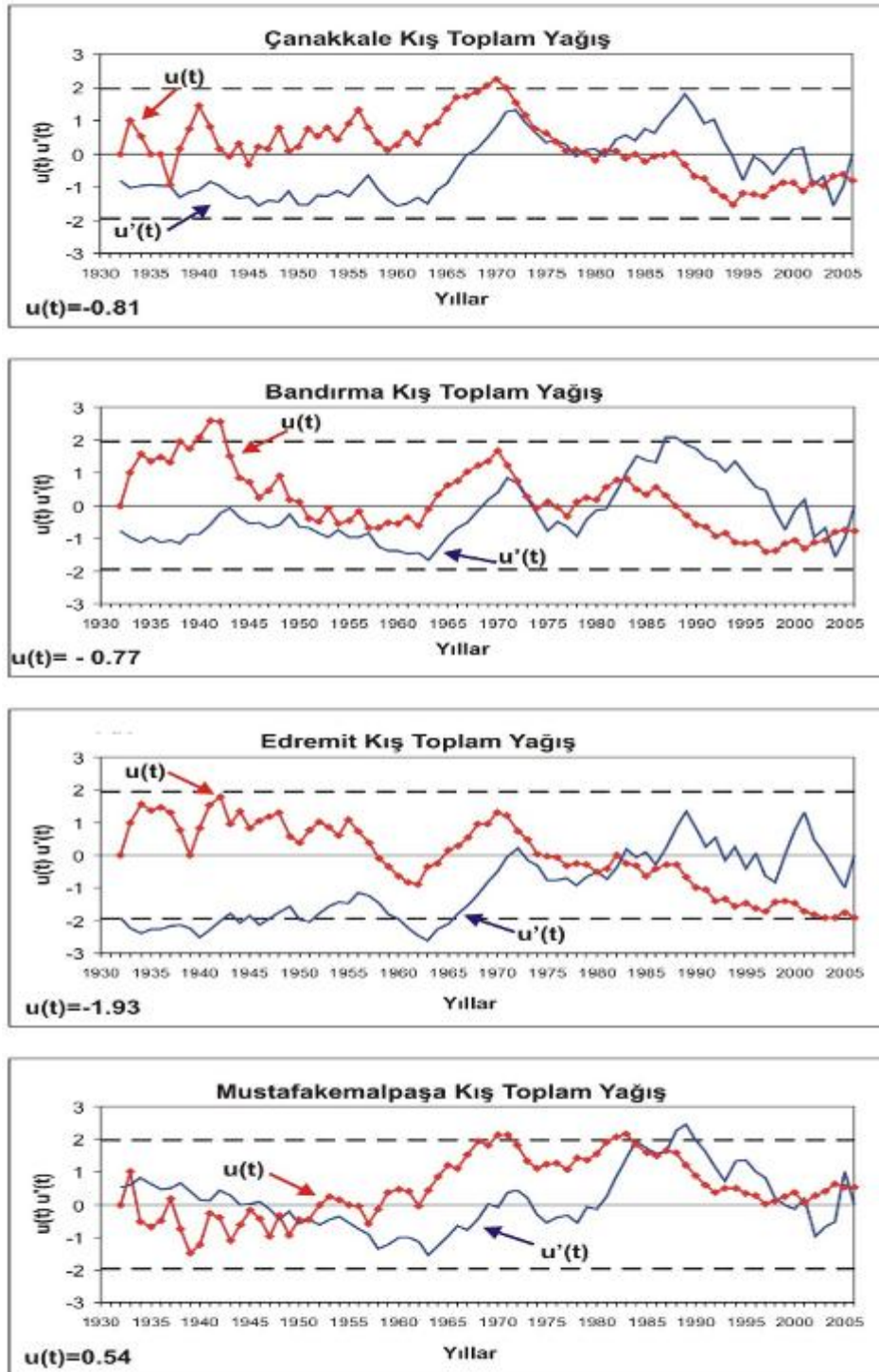
**Çizelge 6:** Toplam yağış verilerinin Kruskal-Wallis (*K-W*) sınama örneklem değerleri ( $X_k$ ) ve  $\chi^2$  dağılımına göre anlamlılık düzeyleri ( $\alpha_1$ ). ( $k$ ),  $n_j = 5$  yıl olmak üzere, alt dönemlerin sayısını gösterir.

| İstasyonlar      | $k$ | Kış    |            | İlkbahar |            | Yaz   |            | Sonbahar |            |
|------------------|-----|--------|------------|----------|------------|-------|------------|----------|------------|
|                  |     | $X_k$  | Anlamlılık | $X_k$    | Anlamlılık | $X_k$ | Anlamlılık | $X_k$    | Anlamlılık |
| Edremit          | 15  | 22.35  | 0.072      | 17.61    | 0.225      | 11.90 | 0.614      | 16.45    | 0.287      |
| Gönen            | 11  | 20.31* | 0.026      | 9.21     | 0.512      | 5.60  | 0.848      | 6.62     | 0.761      |
| Mustafakemalpaşa | 15  | 14.90  | 0.385      | 11.33    | 0.660      | 9.54  | 0.795      | 11.76    | 0.626      |
| Bandırma         | 15  | 24.52* | 0.040      | 11.42    | 0.653      | 8.27  | 0.875      | 15.50    | 0.345      |
| Çanakkale        | 15  | 18.70  | 0.177      | 15.47    | 0.347      | 21.65 | 0.086      | 17.51    | 0.230      |
| Biga             | 12  | 19.81* | 0.048      | 10.46    | 0.490      | 5.55  | 0.902      | 6.59     | 0.831      |

(\*) 0.05 ve (\*\*) 0.01 anlamlılık düzeyinde anlamlı.

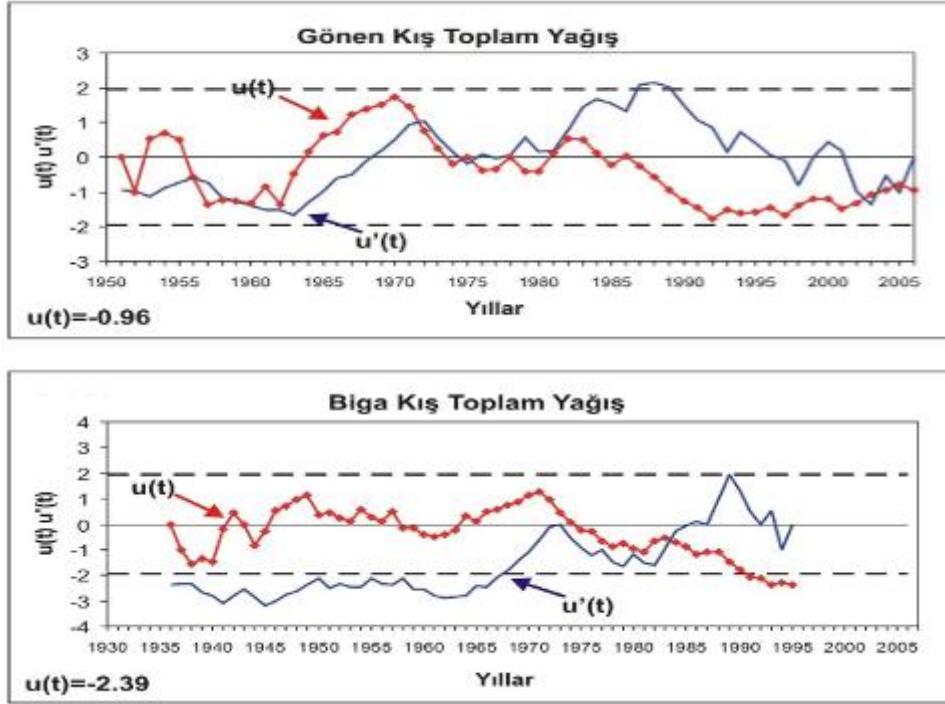
Güney Marmara bölümü kış mevsimi yağışlarında, genel bir azalma eğilimi gözlenir (Şekil 4). Çanakkale kış yağışları, 1970'li yıllara kadar artma eğilimi gösterirken, 1970'li yılların başından itibaren anlamlı olmayan sistematik bir azalma eğilimi vardır. Çanakkale istasyonunda, iki farklı özellik gösteren dönemlerden bahsetmek mümkündür. 1932 yılından 1970'li yılların başına kadar, nemli koşullar, 1970'lerin başından itibaren kurak koşullara doğru bir eğilim egemen olmaya başlar. Çanakkale kış yağışlarındaki azalma eğilimi, istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bandırma'da, 1930'li yılların başı ile 1960'lardan 1970'e kadar kış yağışlarında artış eğilimi görülürken, 1980'li yılların ortasından itibaren anlamlı olmayan azalma eğilimi vardır. Edremit kış yağışları, istasyon kayıt tarihinden itibaren uzun süreli ortalamaya göre, azalma yönünde bir eğilim içerir. 1940-1955 yılları ortalamadan daha nemli bir dönem, 1955-1960 yılları yağışlardaki azalma eğilimiyle görece kurak yıllardır. 1970'lerin ortalarından itibaren yağışlarda belirgin azalma eğilimi egemendir. 2002–2006 kışları, Edremit istasyonunda önemli kurak dönemlerdir.

Türkeş, M., Acar Deniz, Z.. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>



**Şekil 4:** Mann-Kendall sınamasının ardışık çözümlenmesinden elde edilen  $u(t)$  (—•—) ve  $u'(t)$  (—) değerlerine göre, kış toplam yağış dizilerinde gözlenen uzun süreli eğilimler. (---), normal dağılımın 0.05 anlamlılık düzeyindeki  $\pm 1.96$  olan kritik değeri gösterir.

Şekil 4'ün devamı



Mustafakemalpaşa'da kış yağışları, herhangi bir eğilime karşı rasgeledir. 1940'lı yılların başından 1970'li yıllara kadar yağışlarda nemli koşullar etkilidir. 1980'lerden sonra daha kış yağışlarında kurak koşullara doğru bir eğilim etkilidir. 1970-1971 ve 1982-1983, Mustafakemalpaşa istasyonunda anlamlı bol yağışlı yıllardır. Gönen istasyonu kış mevsiminde, herhangi bir eğilime karşı rasgeledir. 1960'lı yılların başlarında yağışlarda önemli artışın olduğu, daha nemli koşullara doğru olan eğilim 1970'li yılların başında değişmiş ve 1980'li yılların başlarına kadar görece kurak koşullar gözlenir. 1980'li yıllardan sonra yağışlarda, anlamlı olmayan azalma eğilimi gözlenir.

Biga istasyonu kış yağışları, önemli değişiklik yılı olan 1983'ten sonra 1991'den itibaren anlamlı azalma eğilimi içerir. Bu istasyon kapatıldığı için, son kayıt yılı olan 1995 yılına kadar olan veriler değerlendirildi. 1970'li yılların başından itibaren, daha kurak koşullara doğru olan bir eğilim etkili olmaya başlamıştır. Yağışlarda daha nemli koşullara doğru olan eğilim, tüm mevsimlerde 1960'lı yılların ortalarına kadar sürmüştü, 1970'li yılların başından itibaren, daha kurak koşullara doğru olan bir eğilim etkili olmaya başlamıştır (Acar ve Türkeş, 2008; Acar, 2008).

Akdeniz havzasındaki toplam yağış tutarlarında, özellikle son 30 yıldır mevsimsel değişimlere bağlı olarak yağışların gerçekleşme olasılığı ağırlıklı olarak bahar dönemlerine

Türkeş, M., Acar Deniz, Z.. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

kaymıştır ve yağışlar, ilkbaharda artış eğilimi içindedir (Ramos, 2001). İlkbahar yağışlarında azalma eğilimi, Türkeş (1998), Türkiye yağışlarının alansal ve zamansal özelliklerinin araştırdığı çalışmasında, Türkiye'nin Akdeniz iklim bölgesinde 1940'lı yılların başında ve 1960'lı yılların ortalarında artış ancak sonraki dönemlerde azalma eğilimi olduğunu ve Akdeniz yağış rejimi bölgesinin, yağışın azaldığı bölgelerden olduğunu belirtmiştir.

#### 4.2. Uzun süreli akarsu akım dizilerindeki değişimler ve eğilimler

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından kaydedilen Susurluk ve Kuzey Ege havzalarında ait ve insan müdahalesinin en az olduğu yukarı havza kesimlerinde ölçümleri yapılan, uzun yıllık akarsu akımlarının iklimsel değişkenlikten etkilenebilirliği değerlendirilmeye çalışılmıştır.

**Çizelge 7:** Akarsu akım verilerinin Kruskal-Wallis ( $K-W$ ) sına örneklem değerleri ( $X_K$ ) ve  $\chi^2$  dağılımına göre anlamlılık düzeyleri ( $\alpha_1$ ). ( $k$ ),  $n_{j=5}$  yıl olmak üzere, alt dönemlerin sayısını gösterir.

| İstasyonlar      | $k$ | Kış     |            | İlkbahar |            | Yaz     |            | Sonbahar |            |
|------------------|-----|---------|------------|----------|------------|---------|------------|----------|------------|
|                  |     | $X_K$   | Anlamlılık | $X_K$    | Anlamlılık | $X_K$   | Anlamlılık | $X_K$    | Anlamlılık |
| Mustafakemalpaşa | 12  | 30.26** | 0.001      | 21.74*   | 0.026      | 30.79** | 0.001      | 27.75**  | 0.004      |
| Orhaneli         | 11  | 31.69** | 0.000      | 23.41**  | 0.009      | 27.41** | 0.002      | 31.69**  | 0.000      |
| Kocaçay          | 10  | 9.99    | 0.351      | 7.37     | 0.598      | 10.50   | 0.311      | 7.55     | 0.580      |
| Kocabaş          | 7   | 15.69*  | 0.016      | 6.68     | 0.351      | 6.70    | 0.350      | 12.16    | 0.058      |
| Simav            | 10  | 24.16** | 0.004      | 15.45    | 0.079      | 17.00*  | 0.049      | 15.71    | 0.073      |
| Nilüfer          | 10  | 17.40*  | 0.043      | 19.91*   | 0.019      | 17.27*  | 0.045      | 15.39    | 0.081      |
| Karamenderes     | 6   | 10.91   | 0.053      | 7.51     | 0.185      | 10.97   | 0.052      | 11.59*   | 0.041      |
| Üzümcü           | 7   | 12.12   | 0.059      | 6.30     | 0.390      | 2.36    | 0.884      | 5.95     | 0.429      |
| Uludere          | 5   | 2.24    | 0.692      | 3.95     | 0.413      | 8.07    | 0.089      | 5.49     | 0.240      |
| Sarıçay          | 4   | 1.90    | 0.593      | 2.00     | 0.572      | 0.98    | 0.806      | 1.44     | 0.697      |
| Bigaçayı         | 7   | 9.83    | 0.132      | 6.65     | 0.354      | 2.16    | 0.904      | 10.83    | 0.094      |
| Havran           | 6   | 5.12    | 0.402      | 11.46*   | 0.043      | 5.74    | 0.333      | 7.81     | 0.167      |
| Tuzla            | 5   | 6.62    | 0.157      | 1.65     | 0.800      | 3.18    | 0.529      | 6.86     | 0.144      |

(\*) 0.05 ve (\*\*) 0.01 anlamlılık düzeyinde anlamlı.

Mustafakemalpaşa, Orhaneli, Kocabaş, Simav ve Nilüfer akarsu akım dizilerindeki  $K-W$  testiyle bulunan inhomojenlikler (bazı mevsimler hariç) neredeyse tüm mevsimlerde görülür. Akımlardaki inhomojenlikler, anlamlı azalma eğilimleriyle açıklanabilir (Çizelge 7).

$M-K$  sonuçlarına göre; kışın, Mustafakemalpaşa, Orhaneli, Kocabaş, Simav, Karamenderes akarsu akım istasyonlarında azalma eğilimi vardır. Bu eğilimler, özellikle son 5 yılda istatistiksel olarak anlamlılık düzeyine ulaşmıştır. Gözlenen azalma eğilimleri, akarsuların beslenmesinde en önemli kaynak olan kış yağışlarındaki azalma eğilimiyle

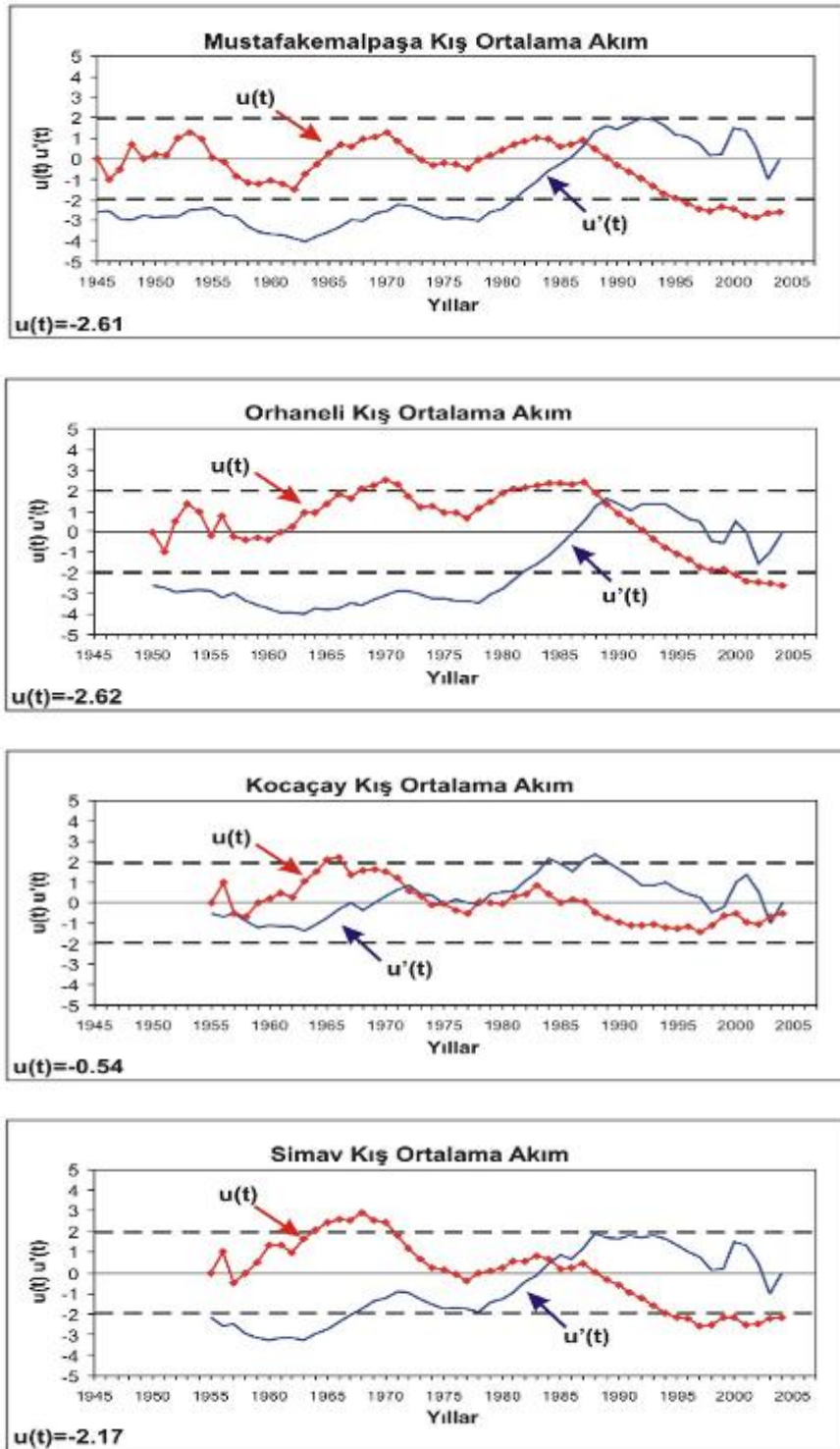


ilişkilidir. Dağlık alanlardaki kar yağışları dışında, Akdeniz yağış rejiminin egemen olduğu bölgelerde, özellikle kış yağışlarından başka beslenme kaynağı olmayan akarsularda, akarsuyun sürekliliği için kış yağışlarının yaşamsal bir önemi vardır. Kış mevsimi dışındaki mevsimlerin yıllık toplam yağışlara katkısı daha az olduğundan ve akarsular yazın şiddetli buharlaşmaya uğradıkları için, kış mevsiminde yeterli ölçekte beslenemeyen akarsular yazın çeşitli amaçlarla yapılan su kullanımlarının da katkısıyla, önemli bir kurumayla karşı karşıya kalmaktadır.

İlkbahar ve sonbahar mevsimlerindeki azalma eğilimleri yağışlardaki azalmadan daha çok, 1995 yılında akarsuların birçoğu üzerinde sulama amaçlı büyük su işleri projeleri ve gölet yapımı için akarsu akımlarında doğal olmayan değişikliklerin yapılması, akarsu üzerinde sulama, taşkın vb. amaçla yapılan yapıların artmasıyla ilgilidir (Acar ve Türkeş, 2008). Akarsular üzerinde yapılan sulama projeleri ve su yapıları, akarsu havzalarının doğal akış özelliklerini veren üst havzalara kadar uzanmaktadır. Yukarı havzalardan yörenin içme ya da sulama ihtiyacını karşılamak için de yararlanılmaktadır.

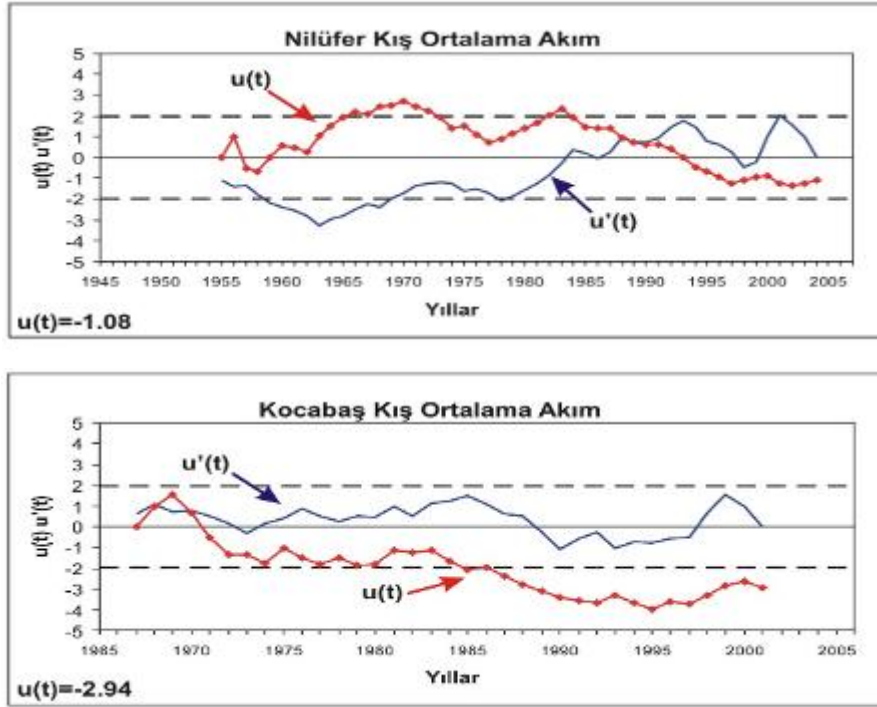
Akım miktarlarında, özellikle 1990'lı yılların başlarından itibaren ortalamadan önemli şekilde azalma gözlenir. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerindeki azalma eğilimleri yağışlardaki azalmadan çok, 1990'lı yılların ortalarından başlayarak akarsuların birçoğu üzerinde yapılan projelerle bağlantılı doğal olmayan değişikliklerle ilgili olabilir. Öte yandan, dağlık alanlarda doğrudan kar gözlemleri yapılmamakla birlikte, çalışma alanı ve çevresinde yüzey hava sıcaklıklarının 1990'larla birlikte artmış olması, kar yağışı şeklindeki yağışların da azalmasına neden olmuş olabilir (Türkeş, 2008; Türkeş vd., 2002; Türkeş ve Sümer, 2004; Türkeş ve Acar, 2008; Acar, 2008; vb.). Bu yüzden, ilkbahar mevsiminde dağlık alanlardaki kar erimelerinden kaynaklı bir debi yükselmesinin alansal ve zamansal olarak yerel koşullarla bağlantılı olması ve bunun önemli bir debi artışına neden olabileceğine ilişkin ciddi kanıtların bulunmaması vb. gibi çeşitli etmenler, temel olarak yağışlardaki azalma eğilimlerinin ilkbahar mevsimindeki akım azalma eğilimlerinin açıklanabilmesi açısından daha doğru kabul edilebilir.

Türkeş, M., Acar Deniz, Z.. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) iklimolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>



**Şekil 5:** Seçilen istasyonların Mann-Kendall sınamasının ardışık çözümlemesinden elde edilen  $u(t)$  (—•—) ve  $u'(t)$  (—) değerlerine göre, kış ortalama akım dizilerinde gözlenen uzun süreli eğilimler. (---), normal dağılımın 0.05 anlamlılık düzeyindeki  $\pm 1.96$  olan kritik değeri gösterir.

### Şekil 5'in devamı



## 5. Sonuçlar

Güney Marmara bölümü yıllık yağışları, 1980'lerin ortalarından beri azalma eğilimi içerir. Çalışma alanı kış yağışlarında, 1970'lerde başlayan ve 1990'larda giderek belirginleşen bir azalma eğilimi gözlenir. Yağış dizilerindeki türdeş olmama durumu, istasyonlardaki uzun süreli dalgalanmalara karşılık gelir. İlkbahar, yaz ve sonbahar yağışlarında azalma ve zayıf artış eğilimleri gözlenir. Mustafakemalpaşa, Edremit ve Bandırma istasyonları yıllık yağışlarında genel olarak, zayıf bir artış eğilimi, Çanakkale, Gönen ve Biga yağışlarında, zayıf bir azalma eğilimi gözlenir.

Akarsu akımları, kış mevsiminde 1990'lardan itibaren belirgin bir azalma eğilimi gösterir. Akdeniz havzasındaki, sıcaklıklardaki önemli artış ve yağışlardaki azalma eğilimlerini değerlendiren tüm çalışmalarda en önemli konulardan biri kuraklaşmadır. Bu çalışmada, akarsu akım verilerinden yararlanılarak iklim değişikliği/değişkenliği konusunda önemli ipuçları yakalanacağı düşünülmüştür. Ancak, son yıllarda hızla artan içme ve sulama amacıyla akarsulardan yoğun bir şekilde yararlanılması, özellikle yazın akarsu akımlarındaki doğal değişimlerin ve eğilimlerin belirlenmesi açısından bir sorun oluşturur.

Akdeniz yağış rejiminde, yıllar arası değişkenliğe ek olarak 1970'lerde başlayan ve 1990'larda belirginleşen azalma eğilimi kuraklaşma açısından değerlendirilmelidir. Sıcaklık

Türkeş, M., Acar Deniz, Z.. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

ve yağışlarda, atmosferik salının indislerine olan bağlılık izlenmeli, gelecek yıllar için öngörüler yapılarak, su yapılarının daha akılcı planlaması yapılmalıdır.

## Kaynaklar

Acar, Z. (2008). Variations in precipitation and streamflow series of Biga Peninsula (Southern Marmara, Turkey) and relationships with atmospheric oscillation patterns. METIER, 3-7 November, Helsinki, Finland. (Poster Presentation)

Acar, Z. (2008). Biga Yarımadasındaki Yağış ve Akım Değişimlerinin ve Atmosferik Salınım İndisleri ile Bağlantılarının İncelenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, 195s.

Acar, Z., Türkeş, M. (2008). Biga Yarımadası akarsu havzaları'ndaki hidro-klimatik değişimler, Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu 2008 Bildiri Kitabı, 369-379, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafya Bölümü 20-23 Ekim 2008, Çanakkale.

Aksoy, H. (2007). Hydrological variability of the European part of Turkey. *Iranian Journal of Science and Technology*. Accepted for Publication.

Aksoy, H., Ünal, N.Ü., Alexandrov, V., Dakova, S. (2007). Hydrometeorological analysis of northwestern Turkey with links to climate change. *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.1599.

Barry R.G. ve Chorley R. J. (2003). Atmosphere, Weather and Climate, Eighth Edition *Routledge Taylor and Francis Group New York*.

Bartholy, J. ve Pongracz, R. (2006). Regional effects of EÑSO in Central/Eastern Europe, *Advances in Geosciences*, 6: 133-137.

Carter, D.B. ve Mather, J.R. (1966). Climatic classification for environmental biology. *In Climatology*, XIX, 4: 305-395, Laboratory of Climatology, Elmer.

Eriñ, S. (1996). Klimatoloji ve Metodları. Alfa Basım ve Dağıtım. 538s. İstanbul.

Erlat, E., 2002. Türkiye'de minimum sıcaklık anomalileri ve Kuzey Atlantik Salınımı ile ilişkisi, Klimatoloji Çalıştayı Bildiri Kitabı, 107-118.

Erol, O. (1999). Genel Klimatoloji. Çantay Kitabevi. 445s. İstanbul.

Essenwanger, O.M. (2001). Classification of climates, *World Survey of Climatology*, Volume 1c, Epilogue by Landsberg, H.E., Elsevier, Amsterdam-Netherlands.

Fraedrich, K. ve Müller, K. (1992). Climate anomalies in Europe associated with EÑSO extremes. *International Journal of Climatology*, 12: 25-31.

Feidas, H., Nouloupoulou, Ch., Makrogiannis, T., Bora-Senta, E. (2007). Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955–2001, *Theoretical and Applied Climatology*, 87: 155-177.

Hatzaki, M., Flocas, H. A., Asimakopoulou D.N., Maheras P. (2007). The eastern Mediterranean teleconnection pattern: identification and definition. *International Journal of Climatology*, 27: 727-737.

Hurrell, J.W. (2003). Climate Variability: North Atlantic and Arctic Oscillation. *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*: pp. 439-445. J. Holton, J. Pyle, and J. Curry, Eds.

IPCC, Climate Change. (2001). The scientific basic - contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Eds: J. T. Houghton et al., Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC, Climate Change. (2007). The physical science basis: summary for policymakers - contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC Secretariat, WMO, Geneva.

Türkeş, M., Acar Deniz, Z.. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

Kahya, E. ve Kalaycı, S. (2004). Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, **289**: 128-144.

Kahya, E. ve Karabörk Ç. (2001). The Analysis of El Niño and La Niña signals in stream flows of Turkey, *International Journal of Climatology*, **21**: 1231-1250.

Kahya, E., Karabörk, Ç., Karaca, M. (2002). Türkiye'de nehir akımlarındaki El Niño ve La Niña sinyallerinin klimatolojik analizi, *Klimatoloji Çalıştay Bildiri Kitabı*, 211-225.

Koç, T. (2001). Kuzeybatı Anadolu'da iklim ve ortam: sinoptik, istatistik ve uygulama boyutlarıyla, İstanbul, Çantay Kitabevi. 372s.

Kutiel, H. Ve Türkeş, M. 2005. New evidence about the role of the North Sea- Caspian Pattern (NCP) on the temperature and precipitation regimes in continental central Turkey, *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography* **87**: 501-513.

Kutiel, H., Maheras, P., Türkeş, M., Paz, S. (2002). North Sea-Caspian Pattern (NCP)–an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: implications on the regional climate, *Theoretical and Applied Climatology*, **72**: 173-192.

Kutiel, H., Hirsch-Eshkol, T.R., Türkeş, M. (2001). Sea level pressure patterns associated with dry or wet monthly rainfall conditions in Turkey, *Theoretical and Applied Climatology*, **69**: 39–67.

Lolis, C.J., Bartzokas, A., Katsoulis, B.D. (2002). Spatial and temporal 850 hPa air temperature and sea-surface temperature covariances in the Mediterranean region and their connection to atmospheric circulation, *International Journal of Climatology*, **22**: 663-676.

Maheras,P., Tolika, K., Anagnostopoulou, C., Vafiadis, M., Patrikas, I., Flocas, H. (2004). On the relationships between circulation types and changes in rainfall variability in Greece. *International Journal of Climatology*, **24**: 1695-1712.

Ramos, M.C. (2001). Rainfall distribution patterns and their changes over time in a Mediterranean area, *Theoretical and Applied Climatology*, **69**:163-170.

Sariş, F., Hannah, D.M.,Eastwood, W.J. (2010). Spatial variability of precipitation regimes over Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, **55**: 2, 234-249.

Sneyers, R. (1990). On the statistical analysis of series of observations, WMO Publication No. 415 (Tech Note no. 143), WMO, Geneva.

Thorntwaite, C.V. (1948). An Approach Toward A Rational Classification of Climate, *Geography Review*, **38**: 55-94.

Türkeş, M. (1990). Türkiye'de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, 195s.

Türkeş, M. (1996). Spatial and temporal patterns analyses of rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, **16**: 1057-1076.

Türkeş, M. (1998). İklimsel değişebilirlik açısından Türkiye'de çölleşmeye eğilimli alanlar. DMI/İTÜ II. Hidrometeoroloji Sempozyumu Bildiri Kitabı, 45-57.

Türkeş, M. (2003). Spatial and temporal variations in precipitation and aridity index series of Turkey. In: Mediterranean Climate-Variability and Trends, Hans-Jürgen Bolle, (ed.), Regional Climate Studies. Springer Verlag, Heidelberg, pp. 181-213.

Türkeş, M. (2007). Orta Kızılırmak Bölümü güney kesiminin (Kapadokya Yöresi) iklimi ve çölleşmeden etkilenebilirliği. *Ege Coğrafya Dergisi*, **14**: 75-99.

Türkeş, M. (2008). Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi İklim değişikliği ve küresel ısınma olgusu: Bilimsel değerlendirme, Bağlam Yayınevi.

Türkeş, M. (2010a). BM çölleşme ile savaşım sözleşmesi'nin iklim, iklim değişikliği ve kuraklık açısından çözümlenmesi ve Türkiye'deki uygulamalar. Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 601-616. 17-18 Haziran 2010, Çorum.

Türkeş, M., Acar Deniz, Z.. (2011). Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 8:1. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

---

Türkeş, M. (2010b). *Klimatoloji ve Meteoroloji (Climatology and Meteorology)*. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi - Yayın No. 63, Fiziki Coğrafya Serisi No. 1, ISBN: 978-605-5863-39-6, 650 + XXII sayfa, İstanbul.

Türkeş, M. ve Acar, Z. (2008). Biga Yarımadası hava sıcaklıklarındaki eğilimler-değişiklikler ve atmosferik uzakbağlantı desenleri ile ilişkileri, 4. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 426-436, İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 25-28 Mart 2008, İstanbul.

Türkeş, M. ve Erlat, E. (2003). Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2000. *International Journal of Climatology*, **23**:1771-1796.

Türkeş, M. ve Erlat, E. (2005). Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930–2001, *Theoretical and Applied Climatology*, **81**: 45–69.

Türkeş, M. ve Erlat, E. (2006). Influences of the North Atlantic Oscillation on precipitation variability and changes in Turkey. *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics*, **29**: 117-135.

Türkeş, M. ve Sümer, U. M. (2004). Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*. **77**: 195-227.

Türkeş, M. ve Tatlı, H. (2009). Use of the Standardized Precipitation Index (SPI) and modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey, *International Journal of Climatology*, **29**: 2270–2282.

Türkeş, M., Sümer, U.M., Kılıç, G. (2002). Persistence and periodicity in the precipitation series of Turkey and associations with 500 hpa geopotential heights, *Climate Research*, **21**:59-81.

Türkeş, M., Koç, T., Sarıç, F. (2009). Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology*, **29**: 1056-1074.

Willmott, C.J. (1977). Watbug: A Fortran 4 algorithm for calculating the climatic water budget, Water Resources Center, University of Delaware, Newark, Delaware.

Xoplaki, E. (2002). Climate variability over the Mediterranean. Inauguraldissertation der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern, PhD Thesis (unpublished), 195 pp., BERN.

Xoplaki, E., Luterbacher, J., Burkard, R., Patrikas, I., Maheras, P. (2000). Connecting between the large-scale 500 hpa geopotential height fields and precipitation over Greece during wintertime, *Climate Research*, **14**:129-146.