

TÜRKİYE’NİN YAĞIŞ TOPLAMI VE YOĞUNLUĞU DİZİLERİNDEKİ DEĞİŞİKLİKLERİN VE EĞİLİMLERİN ZAMANSAL VE ALANSAL ÇÖZÜMLEMESİ

Spatial and Temporal Analysis of the Changes and Trends in Precipitation Total and Intensity Series of Turkey

Murat TÜRKES

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen- Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, 17020
Çanakkale
murat.turkes@comu.edu.tr

Telat KOÇ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen- Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, 17020
Çanakkale
tkoc@comu.edu.tr

Faize SARIŞ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen- Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, 17020
Çanakkale
faize@comu.edu.tr

Özet: Çalışmada, Türkiye’deki 111 istasyonun yıllık ve mevsimlik yağış toplamı ve yağış yoğunluğu dizilerindeki uzun süreli değişiklikler ve eğilimler, zaman ve alandaki özellikleri dikkate alınarak çözümlendi. Yağış verilerinin homojenliği Kruskal-Wallis türdeşlik sınaması, yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki eğilimler ise, Mann-Kendall sıra ilişki katsayısı sınaması yöntemleri ile incelendi. Makalenin başlıca bulguları şöyle özetlenebilir: (1) Yıllık toplam yağışlarda ve yağış yoğunluğu tutarlarında belirgin olan azalma eğilimleri, Akdeniz ve Karadeniz yağış rejimi bölgelerinde daha kuvvetlidir. (2) Kış mevsimi toplam yağışlarında belirgin bir azalma (kuraklaşma) eğilimi bulunmasına karşın, ilkbahar, yaz ve sonbahar toplam yağışlarında genel bir artış eğilimi egemendir. (3) Yağış yoğunluğu tutarları, tüm mevsimlerde bir azalma gösterme eğilimindedir ve bu azalma, toplam yağışlarda bulunan azalmadan hem alansal dağılışın tutarlılığı hem de istatistiksel anlamlılığın büyüklüğü açısından daha kuvvetlidir. (4) Kış toplam yağışlarında gözlenen azalma eğilimi Akdeniz’de, yağış yoğunluğu tutarlarındaki azalma eğilimi ise Karadeniz yağış rejimi bölgesinde en kuvvetlidir. (5) Yağış yoğunluğundaki azalma eğilimi, yaklaşık 1950 yılından sonra kuvvetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yağış, gözlenen iklim değişikliği ve değişebilirliği, Kruskal-Wallis türdeşlik ve Mann-Kendall eğilim sınamaları.

Abstract: In the study, long-term changes and trends in the series of seasonal and annual precipitation total and precipitation intensity of 111 stations in Turkey were analyzed by considering their spatial and temporal characteristic. Homogeneity of precipitation series and trends in precipitation total and precipitation intensity series were tested with the methods of Kruskal-Wallis homogeneity test and Mann-Kendall rank correlation coefficient test, respectively. Major findings of the paper can be summarized as follows: (1) Apparent decreasing trends in annual precipitation totals and precipitation intensity amounts are stronger in the Mediterranean and Black Sea rainfall regime regions of Turkey. (2) There is an

apparent decreasing (drying) trend in the precipitation totals of winter season, while a general increasing trend is dominant in the precipitation totals of spring, summer and autumn. (3) Precipitation intensity amounts have tended to show a decrease in all seasons, and this decrease is stronger than the decrease detected in precipitation totals in terms of both coherence of the spatial distribution and magnitude of the statistical significance. (4) Decreasing trends observed in precipitation totals and precipitation intensity amounts are the strongest over the Mediterranean and the Black Sea rainfall regime regions. (5) Decreasing trend in precipitation intensity became stronger after the year 1950.

Key words: *Precipitation, observed climate change and variability, Kruskal-Wallis homogeneity and Mann-Kendall trend tests.*

1. Giriş

Küresel iklimin değiştiğine ilişkin bulgular, çeşitli alan ve zaman ölçeklerinde gerçekleşmiş ve gerçekleşmekte olan iklimsel değişebilirliği ve değişikliği anlamaya, ortaya çıkarmaya ve izlemeye yönelik bilimsel çalışmaların artması ile daha da kuvvetlenmektedir. Yağışlarda gözlenen ve/ya da olması beklenen değişikliklerin güncel olarak incelenmesi, özellikle kuraklaşmanın giderek arttığı ve bir tehdit oluşturduğu bölgeler açısından önem taşır. Yağışlarda yıllararası değişim ve uzun süreli dalgalanma ya da eğilim şeklinde gözlenen değişiklikleri, geniş ölçekli atmosfer dolaşımı ve uzak bağlantı desenleri denetler. Yağış tutarlarında gözlenen uzun süreli değişimlerin izlenmesinin yanı sıra, yağış etkinliği, yağışlı gün sayıları ve yağış olasılığı, kurak ve nemli dönemlerin gidışı, yağış anomalileri, yağış şiddeti, yağış yoğunluğu gibi özelliklerde gözlenen değişiklikler de araştırılmaktadır.

Genel olarak Akdeniz Havzası, Doğu Akdeniz ve Türkiye'deki yağış tutarlarındaki değişimlere ve uzun süreli eğilimlere ilişkin bazı kaynak çalışmalar şunlardır: Kutiel *vd.* (1996); Maheras *vd.* (1999); Brunetti *vd.* (2001); Ramos (2001); Xoplaki (2002); Norrant ve Douguedroit (2006). Türkiye için yapılan çalışmalara da, Koçman *vd.* (1996); Türkeş (1996, 1998, 1999 ve 2003), Kadioğlu ve Şen (1998); Koç (2001); Kutiel *vd.* (2001); Türkeş *vd.* (2002); Karabörk ve Kahya (2003); Tatlı *vd.* (2004); İrdem (2005), Sarış (2006) ve Erbekci (2006) örnek olarak verilebilir.

Kutiel *vd.* (1996) Doğu Akdeniz'deki nemli ve kurak yılları, mevsimleri ve dönemleri ele aldıkları çalışmada; ekstrem nemli yılların ya da mevsimlerin ekstrem kurak yıl ve mevsimlerin iki katı olduğunu; nemli dönemlerin kurak dönemlerden daha az ve daha kısa sürdüğünü belirtmiştir. Maheras *vd.* (1999), Akdeniz Havzası'nda 1860-1990 döneminde, normal olmayan kurak ve nemli dönemleri tanımladıkları çalışmada, Batı Akdeniz ile Orta Akdeniz'de genellikle Doğu Akdeniz'e göre normal ya da zayıf ancak zaman zaman kuvvetli negatif ve pozitif anomalilere; Doğu Akdeniz'de ise kuvvetli negatif ve pozitif anomalilere rastlandığını vurgulamıştır. Ramos (2001), Akdeniz'deki yağış dağılım desenlerini ve değişimlerini incelediği çalışmasında, yıllık yağışın belirgin bir eğilim göstermemekle birlikte, son on yılda yıllararası değişkenliğin azaldığını, kurak yılların oranının artmadığını ancak nemli ve çok nemli yılların azaldığını açıklamıştır. Brunetti *vd.* (2001), Kuzeydoğu İtalya'yı temsil eden 7 istasyonun 1920-1998 dönemindeki günlük yağış verilerini kullanarak mevsimlik ve yıllık yağışlar ile yağışlı gün sayılarını analiz etmeyi amaçladıkları çalışmada, her yağışlı güne düşen ortalama yağış tutarını ve şiddetli-şiddetli olmayan yağış sınıflarını belirlemiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre; yağışlı günlerin sayısında bir azalma eğilimi, şiddetli yağış olaylarında ise 1920'den beri bir artış eğilimi vardır. Xoplaki'nin (2002) Akdeniz üzerindeki iklim değişkenliği ile ilgili çalışmasında, Yunanistan'daki 23 istasyon temel alınarak yapılan eğilim analizlerinde, tüm ülkede kış yağışlarında azalma olduğu vurgulanmıştır. Dönemler açısından ise, farklı soğuk ve 'kötü' koşulların olduğu dönemler, ılık ara koşulların olduğu dönemler ile kurak ve nemli dönemlerin olduğu belirtilmiştir. Norrant ve Douguedroit (2006), 20. yüzyılın ikinci yarısı boyunca Akdeniz yağışlarındaki aylık, mevsimlik ve yıllık olası anlamlı doğrusal eğilimleri incelemiştir. Aynı yazarlar, yağışlarda anlamlı bir azalmanın gözlemlendiğine; bu azalmaya Doğu Akdeniz'de yıl boyunca, ama özellikle kış mevsiminde rastlandığına işaret etmiştir.

Türkeş (1996) iklim değişkenliği bağlamında Türkiye'nin yıllık yağış verilerinin alansal ve zamansal özelliklerini araştırdığı çalışmada, ortalama yağış anomalilerinin rejim bölgelerine göre değişme eğiliminde olduğunu vurgulamıştır. Türkiye'nin Akdeniz İklim Bölgesi'nde 1940'ların başlarında ve 1960'ların ortalarında ilkbahar yağışlarında artış ancak sonraki dönemlerde de azalma eğilimi olduğunu ve Akdeniz bölgesinin yağışın azaldığı bölgelerden olduğunu belirtmiştir. Türkiye'nin büyük kısmında normal koşullardan daha kurak koşulların başlangıcına ait değişim noktasının 1970 ve 1980'lerin başlarında oluştuğunu açıklamıştır. Koçman vd. (1996) Ege ovalarının bulunduğu bölge üzerindeki 6 istasyonun verilerinden yola çıkarak ovalarda yağışın yıllararası değişimini ve yıl içinde yağışın dağılımı karakterini ortaya koydukları çalışmada, Ege ovalarında süreleri birbirine eşit olmayan kurak ve nemli dönemlerin arka arkaya geldiği; 48 yıllık dönemde yağışta genel bir artış ya da azalışı işaret eden bir eğilimin bulunmadığını belirlemiştir. Türkiye (1998), Türkiye'deki yıllık ve mevsimlik yağış verilerindeki eğilim ve dalgalanmaları analiz ettiği çalışmada yıllık yağış anomalilerinin, düşük frekanslı bir dalgalanma ile birlikte, ortalama önemli sayılabilecek bir azalma eğilimi gösterdiğini; bu durumun Akdeniz Bölgesi için belirgin olduğunu; nemli koşulların 1970 yılından bu yana kurak koşulların lehine değiştiğini ve özellikle son 20 yılda etkin olan yağışlardaki azalmanın kış yağışlarındaki azalmadan kaynaklandığını belirtmiştir. Türkiye (1999, 2003), yıllık mevsimlik yağışların ve yıllık kuraklık indisinin ortalama koşulları ile bunlara ilişkin dizilerdeki değişimleri de dikkate alarak gerçekleştirdiği çalışmada, Türkiye'de çölleşmeye eğilimli olabilecek alanları belirlemeye çalışmıştır. Elde ettiği önemli sonuçlar, yarıkurak ve kurak-yarınemli iklim koşullarının iç bölgelerde ve Güneydoğu Anadolu üzerinde egemen olduğu; birçok istasyonun yıllık kuraklık indisi değerlerinde, nemli ya da yarınemli koşullardan kurak-yarınemli koşullara doğru genel bir azalma eğilimi bulunduğudur. Türkiye iklim etmenleri ve bitki örtüsünü dikkate alarak, Türkiye'de karasal iç bölgelerin ve Güneydoğu Anadolu bölgesinin çölleşmeye eğilimli kurak alanlar olduklarını; başka doğal ve antropojen etmenleri dikkate alarak da Akdeniz ve Ege bölgelerinin gelecekte çölleşme süreçlerinden daha fazla etkilenebilecek alanlar olduklarını vurgulamıştır.

Kutiel vd. (2001), Türkiye'de kurak ya da nemli aylık yağış koşullarıyla ilişkili deniz seviyesi basıncı (*DSB*) desenlerini inceledikleri çalışmada, *DSB*'deki değişkenliğin Balkanlardan Arap Yarımadasına doğru giderek azalmakta olduğunu ve bu durumun yaz ile karşılaştırdığında kış mevsiminde çok daha büyük olduğunu vurgulamıştır. Aynı çalışmada, Türkiye yağışları ve *DSB* arasında kış mevsiminde önemli-büyük bir ilişkinin varlığı ve kurak koşullarla bağlantılı basınç desenlerinin, genellikle pozitif *DSB* anomalisi gösterirken, nemli koşullarla bağlantılı basınç desenlerinin ise, genellikle negatif *DSB* anomalisi gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca, nemli koşullarla bağlantılı basınç desenleri ve aynı aylara ait korelasyon haritaları arasında büyük benzerlik olduğu vurgulanmıştır. Türkiye vd. (2002) Türkiye'deki 91 istasyonun yıllık ve mevsimlik normalleştirilmiş yağış anomalisi dizilerindeki ısrar ve dönemsellik bileşenlerini inceledikleri çalışmada, kış yağışlarında 31 istasyonda istatistiksel olarak anlamlı olan, çoğunlukla pozitif dizisel ilişki gözlemlendiğini; 17 istasyonun yıllararası değişebilirliğinde de pozitif ilişkinin olduğunu ifade etmişlerdir. İlkbahar yağışlarında ise istasyonların önemli bir bölümünde negatif ilişkinin; yaz yağışlarında istasyonların bir bölümünde pozitif, bir bölümünde negatif ilişkinin; sonbahar yağışlarında ise 4 istasyon dışında, çoğunlukla dizisel bağımlılığa karşı rasgele bir durumun varlığı vurgulanmıştır. Koç (2001) Kuzeybatı Anadolu'da 9 istasyona ait yağış verileriyle gerçekleştirdiği analizlerde; yıllık en fazla yağış yoğunluğunun Uludağ'da sonrasında da Ayvalık'ta olduğunu; Ege bölgesine yakın istasyonlarda yağış yoğunluğunun Akdeniz ikliminin de etkisiyle daha fazla olduğunu vurgulamıştır. Yağış yoğunluğu ve yağış olasılığı arasında tersine bir ilişkinin; dolayısıyla da şiddetli yağışların varlığını belirtmiştir. Tatlı vd. (2004), bölgesel iklim süreçleri için yeni bir ölçek küçültme yöntemini ele aldıkları çalışmada, model sonuçlarının Türkiye'nin kıyı bölgelerinin (Akdeniz, Ege, Marmara ve Batı Karadeniz) yağış rejiminin (nemli ve kurak dönemlerin her ikisinde de) geniş ölçekli basınç sistemlerinin ve yüksek atmosfer dolaşımının etkisi altında olduğunu göstermiştir. Ayrıca, yazarlar, özellikle Karadeniz Bölgesinde, geniş ölçekli süreçlere ek olarak yerel özelliklerin

(topografya ve bakı) yağış şiddeti olasılığını belirleyebileceğini vurgulamışlardır. İç bölgeler için, yerel süreçlerin geniş ölçekli süreçlerden daha etkili olduğunun açıklandığı çalışmada, Türkiye'nin güneydoğu bölümünün (özellikle Diyarbakır) hem Akdeniz hem de Muson alçağından etkilendiği belirtilmiştir. Tatlı vd. (2004)'ın sonuçları, Kutiel vd. (2001), Türkeş (1998), Türkeş vd. (2002) ile Türkeş ve Erlat (2003, 2005, 2006)'ın Türkiye'deki yağış değişimleri ve atmosferik bağlantıları ve/ya da nedenlerine ilişkin bulgularını ve değerlendirmelerini destekler niteliktedir.

İrdem (2005), Türkiye'de veri süreleri yaklaşık 40-73 yıl arasında değişen 112 istasyonun günlük yağış şiddetindeki zamansal ve alansal özellikleri belirlemek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada, Türkiye genelinde özellikle kış mevsiminde hafif yağışlarda (0-10 mm) artış eğilimi olduğunu ve bu eğilimin Karadeniz bölgesinde baskın olduğunu belirtmiştir. Ayrıca İrdem (2005), normal (10.1-25 mm) ve orta şiddetli yağışlarda (25.1-50 mm) azalma olduğunu, Marmara Geçiş yağış rejimi bölgesi ile Karasal Akdeniz yağış rejimi bölgelerinde orta şiddetteki yağışlarda artış olduğunu ifade etmiştir. Sarış (2006), Türkiye'de yağış yoğunluğunun zamansal ve alansal değişimini ele aldığı çalışmasında, kış mevsimi ve yıllık yağış yoğunluğu serilerinde 20. yüzyılın ikinci yarısından beri süregelen bir azalmanın olduğunu ve bu azalma eğiliminin yağışlardaki azalma desenleriyle de uyumlu bir biçimde, Türkiye'de yağış tutarlarının en yüksek olduğu Akdeniz ve Karadeniz yağış rejimi bölgelerinde gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Son olarak Erbekci (2006), Türkiye'de yağış olasılığının zamansal ve alansal değişimi ve eğilimlerini çözümlendiği çalışmasında, alansal olarak Akdeniz bölgesi, zamansal olarak da kış mevsimi dışında Türkiye genelinde yağış olasılıklarında artış eğilimi olduğunu; Türkiye'de yağışların önemli bir bölümünün kışın Akdeniz'de gerçekleştiğini dikkate alarak, bu bölgedeki ve mevsimdeki azalmanın önemli olduğunu belirtmiştir.

Hem Doğu Akdeniz havzası hem de Türkiye için yapılan çalışmaların sonuçları, yağışlarda özellikle 1970'lerden sonra daha da kuvvetlenmek koşuluyla genel bir azalmanın olduğunu ve söz konusu alanlarda kurak koşulların etkisini giderek arttırdığını göstermiştir. Yağıştaki bu uzun dönemli azalma eğiliminin yanı sıra, ekstrem nemli dönemlerin de frekansında önemli artışların olduğunu altı çizilmiştir. Bu çalışmalara ek olarak, *Türkiye'de yağış toplamı ve yoğunluğundaki değişim ve eğilimleri ortaya koymak üzere gerçekleştirilen bu çalışmanın başlıca amaçları aşağıdaki gibidir:*

(1) Yağış toplamı ve yağış yoğunluğu zaman dizilerinin istatistik açıdan anlamlı herhangi bir eğilim (artış ya da azalış) gösterip göstermediğini nesnel olarak belirlemek; (2) yağış yoğunluğundaki eğilimlere ilişkin sonuçları, yağış toplamlarındaki eğilimler ile karşılaştırmak ve olası bağlantılarını kurmak; (3) istatistiksel açıdan anlamlı uzun süreli eğilimlerin alansal dağılımlarını yağış rejim bölgelerine göre açıklamak; (4) istatistik açıdan anlamlı sonuçları, yıllararası değişkenlikleri, dalgalanmaları ve dönemsellikleri de dikkate alarak değerlendirmek; (5) yağışlardaki eğilimin olası nedenlerini ve bağlantılarını önceki çalışmaların sonuçlarından da yararlanarak açıklamak; elde edilen sonuçları Akdeniz Havzası ve Türkiye ile ilgili çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırarak benzer ya da farklı özellikleri ortaya çıkarmaktır.

Çizelge 1. Türkiye yağış rejim bölgeleri ve temel özellikleri

Yağış rejimi bölgesi
Karadeniz (KARD): En yüksek yağışı sonbaharda olan, her mevsim yağışlı; ılıman.
Marmara (Akdeniz'den Karadeniz'e) Geçiş (MARG): Sıcak ve az yağışlı bir yaz mevsimi ile birlikte, her mevsim oldukça yağışlı.
Akdeniz (AKD): Çok yağışlı ılık bir kış ve sıcak kurak bir yaz mevsimi ile birlikte, gerçek mevsimsel; nemli ve yarınemli subtropikal.
Karasal Akdeniz (KAKD): Orta yağışlı bir kış/ilkbahar ve çok sıcak kurak bir yaz mevsimi ile birlikte, oldukça mevsimsel; yarıkurak ve kurak-yarınemli subtropikal.
Akdeniz (Akdeniz'den İç Anadolu'ya) Geçiş (AKDG): Orta yağışlı bir kış ve ilkbahar.
Karasal İç Anadolu (KİAN): Orta yağışlı soğuk bir ilkbahar/kış ve az yağışlı sıcak bir yaz mevsimi ile birlikte, yarıkurak ve kurak-yarınemli bozkır.
Karasal Doğu Anadolu (KDAN): Orta yağışlı bir ilkbahar/ilk yaz ve kar yağışlı çok soğuk bir kış mevsimi ile birlikte, kurak-yarınemli ve yarınemli bozkır ve yüksek arazi.

Kaynak: Türkeş, 1996-1998.

Aynı verilerin aylık çözümlene sonuçları ve değerlendirmeleri, Sarış (2006)'da ayrıntılı olarak bulunabilir.

2. Veri ve Yöntem

Çalışmada kullanılan günlük yağış verileri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden sağlandı. İstasyon seçiminde gözlemlerin sürekliliği, gözlem sürelerinin uzunluğu ve Türkeş (1996, 1998) tarafından oluşturulan yağış rejimi bölgelerine göre (Çizelge 1) dağılımları dikkate alınarak, veri süreleri yaklaşık 40 yıl ile 73 yıl arasında değişen 111 istasyon ele alındı.

Çalışmada temel alınan verilerin güvenilirliğini sınamak için *Kruskal-Wallis (K-W)* türdeşlik sınaması uygulandı. *K-W* türdeşlik sınaması, ortalamaların ve varyansların türdeşliğini kontrol etmek için kullanılan etkili bir parametrik olmayan (*evrendeğersiz*) sınamadır (Türkeş, 2004). Bu yöntemin uygulanmasında orijinal değerler yerine, onların küçükten büyüğe dizilmesiyle elde edilen sıra numaraları kullanılır.

Yöntem, eşitlik 1'de verildiği gibi açıklanabilir (Sneyers, 1990):

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

(1)

R_j : Bağımsız dizideki sıra numaralarının toplamı,

n : Toplam dizinin gözlem sayısı,

X_k : Sınama örneklemdeğeridir.

Sınama örneklemdeğerini hesaplamadan önce, R_j değerlerinin doğru olup olmadığı, eşitlik 2 ile kontrol edilmelidir.

$$\sum_{j=1}^k R_j = \frac{n(n+1)}{2}$$

(2)

Sıralı dizideki eşit değerlerin sıra numaralarını saptamak için, gerekli değişiklikler yapılmış ise, X_k sınama örneklemdeğeri eşitlik 3'te verilen düzeltme katsayısına bölünerek düzeltilmelidir.

$$C_c = 1 - \frac{\sum T}{n^3 - n}$$

(3)

Burada $\sum T$ ve t , bir eşit değerler grubundaki eşit değerlerin sayısı olmak üzere, tüm eşit değerler gruplarının sayısını verir (4).

$$T = t^3 - t$$

(4)

Ortalamalar homojendir sıfır hipotezi (H_0) altında, X_k örneklemdeğeri, ($k-1$) bağımsızlık sayısı ile birlikte yaklaşık (χ^2) dağılır. Her iki sınamada da 0.05 anlamlılık düzeyinde ve bağımsızlık sayısına göre χ^2 çizelgesinden yararlanarak elde edilen kritik değer göre, H_0 kabul ya da reddedilir. H_0 , X_k 'nin büyük değerleri için ($X_k \geq \chi^2$) reddedilir.

Yağış verilerine *K-W* türdeşlik sınamasının uygulanmasının ardından, günlük yağış verilerinden yağış yoğunluğu sınamalarında kullanılacak olan diziler elde edildi. Yağış yoğunluğu, herhangi bir dönemde düşen toplam yağışın yağışlı günlere bölünmesiyle elde edilen bir oran olarak tanımlanmıştır (Erol, 2004). Başka bir deyişle, yağışlı gün başına düşen yağış tutarı, yağış yoğunluğu olarak tanımlanabilir.

Yağış yoğunluğu değerlendirmeleri, mevsimlik ve yıllık olarak yapıldı. Bu değerlendirmelerde, mevsimlik ve yıllık olarak düzenlenen yağış tutarları, o dönem içerisindeki yağışlı

gün sayısına oranlandı. Bu oranların hesaplanmasında temel alınan yaklaşımları gösteren eşitlik (5) mevsimlik, (6) ise yıllık hesaplamalarda kullanılmıştır:

$$M_{yy} = \frac{M_{ty}}{M_{ygs}} \quad (5)$$

$$Y_{yy} = \frac{Y_{ty}}{Y_{ygs}} \quad (6)$$

Burada, M_{ty} terimi mevsimlik toplam yağış, Y_{ty} yıllık toplam yağış, M_{ygs} mevsimlik yağışlı gün sayısı ve Y_{ygs} terimi ise yıllık yağışlı gün sayısını tanımlar.

Yağış ve yağış yoğunluğu dizilerindeki uzun süreli eğilimleri belirlemek için, *Mann-Kendall* (*M-K*) sıra ilişki katsayısı yöntemi kullanıldı (WMO, 1966). *M-K* sıra ilişki katsayısı tau'nun (τ) hesaplanmasında, analiz edilen x_i elemanlı orijinal gözlem dizisinin yerine, onların küçükten büyüğe dizilmesiyle elde edilen sıra numaralarından oluşan k_i dizileri temel alınır. Her terimin kaçınıcı sırada yer aldığı bulunur. Böylece sıralı dizi k_i bulunmuş olur. İkinci olarak P istatistiği hesaplanır. k_i dizilerindeki ilk terimin değeri ikinci terimin değerinden N 'inci terime kadar, dizideki tüm terimlerin değerleriyle karşılaştırılır. k_i 'i aşan terimlerin sayısı bulunur ve n_1 olarak gösterilir. Aynı işlem ikinci terimin değeri ile ondan sonraki terimler arasında gerçekleştirilir ve k_2 'yi aşan sonraki terimlerin sayısı n_2 olarak gösterilir. Bu işlem k_{n-1} 'e kadar, dizideki her terim için gerçekleştirilir. n_i 'lerin toplamı, eşitlik (7)'de gösterilen P istatistiğini verir.

$$P = \sum_{i=1}^n n_i \quad (7)$$

M-K sınama örneklemdeğeri (τ), N ve P 'den yararlanılarak aşağıdaki eşitlik (8) ile hesaplanır:

$$\tau = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \quad (8)$$

Tau (τ)'nun anlamlılık sınaması ($\tau_{(t)}$), aşağıdaki eşitlik (9) ile hesaplanır.

$$\tau_{(t)} = 0 \mp t_g \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad (9)$$

Burada t_g normal dağılımın iki yanlı şekline göre, istenen anlamlılık düzeyine karşılık gelen kritik değerdir. Genel olarak, uygulamalarda t_g için % 5 ve % 1 anlamlılık düzeylerine karşılık gelen, sırasıyla 1.960 ve 2.576 kritik değerleri kullanılır. *Ho* (gözlemler herhangi bir eğilim içermiyor boş hipotezi), normal dağılımın iki yanlı şekline göre $\tau_{(t)}$ ile karşılaştırılan τ istatistiğinin büyük değerleri için reddedilir.

3. Çözümleme Sonuçları ve Başlıca Bulgular

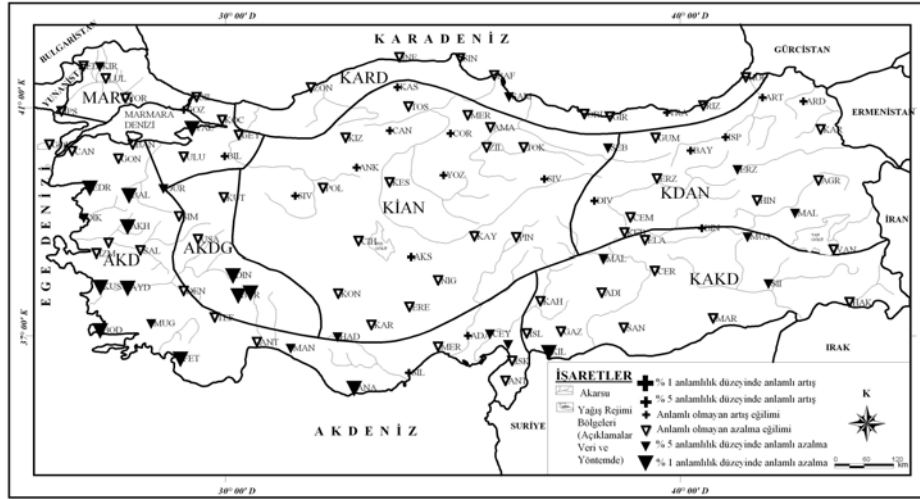
Dizilerdeki eğilimlerin doğası ve büyüklüğü, *M-K* sınamasından elde edilen sıra ilişki katsayısına (τ) göre 0.05 anlamlılık düzeyinde belirlendi. Yağış toplamı dizilerindeki anlamlı azalma eğilimleri kış ve yıllık dizilerde, yağış yoğunluğundaki anlamlı eğilimler ise, kış ve yıllıkta daha kuvvetli olmak üzere tüm dizilerde bulundu.

Çizelge 2. Kış mevsimi yağışlarına uygulanan M-K eğilim sınaması sonuçlarının, yağış bölgeleri ve tüm Türkiye'deki dağılışı

Bölge	Istasyon		Azalma		Anlamlı azalma		Artış		Anlamlı Artış	
	Sayısı	İst say.	Oranı (%)	İst say.	Oranı (%)	İst say.	Oranı (%)	İst say.	Oranı (%)	
KARD	10	8	80.00	1	10.00	1	10.00	0	0.00	
MARG	12	8	66.67	2	16.67	2	16.67	0	0.00	
AKD	30	14	46.67	15	50.00	1	3.33	0	0.00	
KAKD	14	10	71.43	3	21.43	1	7.14	0	0.00	
AKDG	5	2	40.00	3	60.00	0	0.00	0	0.00	
KİAN	25	16	64.00	1	4.00	8	32.00	0	0.00	
KDAN	15	7	46.67	2	13.33	5	33.33	1	6.67	
TÜRKİYE	111	65	58.56	27	24.32	18	16.22	1	0.90	

Çizelge 3. Kış mevsimi yağış yoğunluklarına uygulanan M-K eğilim sınamasının sonuçlarının, yağış bölgeleri ve tüm Türkiye'deki dağılışı

Bölge	Istasyon		Azalma		Anlamlı Azalma		Artış		Anlamlı Artış	
	Sayısı	İst Say.	Oranı (%)	İst Say.	Oranı (%)	İst Say.	Oranı (%)	İst Say.	Oranı (%)	
KARD	10	5	50.00	5	50.00	0	0.00	0	0.00	
MARG	12	2	16.67	1	8.33	7	58.33	2	16.67	
AKD	30	13	43.33	10	33.33	6	20.00	1	3.33	
KAKD	14	5	35.71	8	57.14	1	7.14	0	0.00	
AKDG	5	3	60.00	1	20.00	1	20.00	0	0.00	
KİAN	25	8	32.00	10	40.00	6	24.00	1	4.00	
KDAN	15	7	46.67	3	20.00	4	26.67	1	6.67	
TÜRKİYE	111	43	38.74	38	34.23	25	22.52	5	4.50	



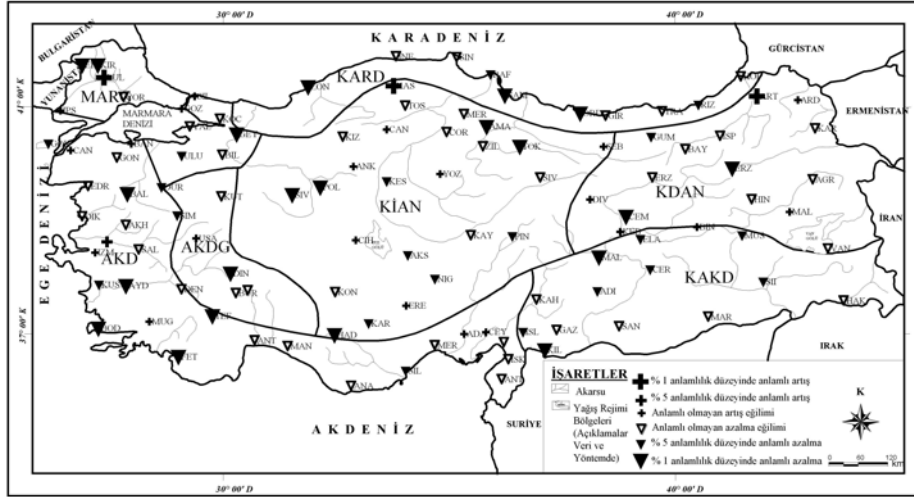
Şekil 1. M-K sınamasının sonuçlarına göre Türkiye'de kış mevsimi yağışlarındaki uzun süreli eğilimler

3.1. Mevsimlik Değerlendirmeler

Kış: *M-K* sınamasına göre, yağış tutarlarında ve yağış yoğunluğu tutarlarında kuvvetli bir azalma eğilimi vardır. Eğilim sınamasının sonuçlarına göre, yağış tutarları açısından 27 istasyonda, yağış yoğunluğu tutarlarında ise 38 istasyonda 0.05 düzeyinde istatistik açıdan anlamlı belirgin bir azalma eğilimi elde edildi (Çizelge 2-3). Tüm yağış rejimi bölgelerindeki yağış tutarlarında, azalma eğilimi egemendir.

Yağışlardaki bu azalma eğilimi, *KIAN* ve *KDAN* yağış rejim bölgeleri dışında diğer tüm yağış rejimi bölgelerinde çok kuvvetlidir. Azalma eğilimlerine ilişkin sına örneklemdeğerler, özellikle Akdeniz havzasıyla bağlantılı alanlarda istatistik açıdan daha anlamlıdır (Şekil-1). Yağış yoğunluğu tutarlarında da tüm yağış rejim bölgelerinde azalma eğilimi vardır ve bu eğilime sahip istasyonların oranı *KDAN* dışındaki yağış rejimi bölgelerinin tümünde % 75'in üzerindedir. Özellikle *AKD*, *AKDG* ve *KAKD* bölgelerinde gözlenen kuvvetli azalma eğilimleri istatistik açıdan anlamlıdır (Şekil-2).

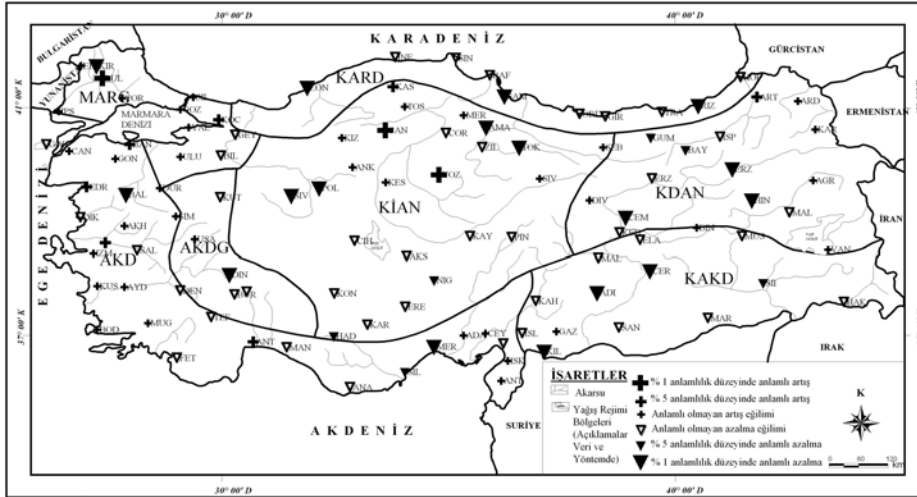
Akdeniz Havzası için yapılan diğer çalışmalarda da, kış yağışlarının tutarının azaldığı vurgulanmıştır. Türkeş (1998, 2003) Türkiye için yaptığı çalışmalarda, 1960'ların sonundan beri yağışlarda genel bir azalmanın olduğunu ve bunun özellikle *AKD* yağış rejim bölgesinde daha belirgin olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca yağışlardaki azalmanın büyük oranda kış yağışlarındaki azalmadan kaynaklandığını da eklemiştir. Xoplaki (2002), Yunanistan'da kış yağışlarında belirgin bir azalmanın varlığından söz etmiştir. Norrant ve Douguedroit (2006), Akdeniz'de kış yağışlarında anlamlı bir azalma eğiliminin olduğunu belirtmiştir.



Şekil 2. *M-K* sınamasının sonuçlarına göre Türkiye'de kış mevsimi yağış yoğunluklarındaki uzun süreli eğilimler



Şekil 3. M-K sınamasının sonuçlarına göre Türkiye'de ilkbahar mevsimi yağışlarındaki uzun süreli eğilimler



Şekil 4. M-K sınamasının sonuçlarına göre Türkiye'de ilkbahar mevsimi yağış yoğunluğundaki uzun süreli eğilimler

İlkbahar: M-K sınamasından elde edilen sınamaya örneklem değerlerinin sonuçlarına göre, yağış tutarlarında 0.05 anlamlılık düzeyinde anlamlı belirgin bir artış eğilimi vardır. Yağış yoğunluğu tutarlarında ise, kuvvetli olmayan bir azalma eğilimi vardır. Yağış tutarlarına uygulanan eğilim sınamasının sonuçlarına göre, 4 istasyonda artış yönünde istatistik açıdan anlamlı sınamaya örneklem değerleri elde edilirken, yağış yoğunluğu tutarlarında 23 istasyonda azalma eğilimine karşılık gelen istatistik açıdan anlamlı sınamaya örneklemdeğerleri elde edildi (Kış dışında çizelge verilmedi). Yağış toplamlarını alansal çözümlenmelerinde, KARD yağış rejimi bölgesinde azalma eğilimi, diğer bölgelerde ise genel duruma uygun olarak artış eğilimi gözlemlendi (Şekil 3). Yağış yoğunluğu sınamasının sonuçlarında ise oldukça yüksek oranda istatistik açıdan anlamlı sınamaya örneklemdeğerleri elde edildi. Azalma eğilimi tüm yağış rejimi bölgelerinde gözlenmekle birlikte, özellikle KARD, KAKD ve AKDG'daki eğilimler çok kuvvetlidir. Yalnız MARG bölgesinde görülen zayıf bir artış vardır (Şekil 4).

Ramos (2001), Akdeniz havzasındaki toplam yağış tutarlarında, özellikle son 30 yılda mevsimsel değişimler olduğunu, yağışların gerçekleşme olasılığının ağırlıklı olarak bahar dönemlerine kaydığını ve ilkbahar mevsiminde yağışlarda artış eğilimi olduğunu belirtmiştir.

Yaz: Yağış tutarlarında 0.05 anlamlılık düzeyinde artış yönünde bir eğilim vardır. Yağış yoğunluğu tutarlarında ise, istasyonların büyük bölümünde azalma eğilimi belirgindir. Yağış

tutarlarına uygulanan eğilim sınavasından elde edilen sınavma örnekleme değerlerine göre, 4 istasyondaki artış eğilimleri istatistik açıdan anlamlıdır. Yağış yoğunluğu tutarlarında ise, 11 istasyonda istatistik açıdan anlamlı bir azalma eğilimi bulundur. Yağış toplamlarına ilişkin sonuçlarda, yağış rejim bölgelerinde genel olarak bir artış eğilimi olduğu, *AKD* bölgesindeki artışın ise yaygın (istasyonların yaklaşık % 53'ü) olduğu belirlendi (Şekil 5). Yağış yoğunluğuna ait sınavma sonuçlarında ise, genel bir azalma eğiliminin varlığı, *KARD* bölgesi dışında istatistik açıdan anlamlı sonuçların oranının yüksek olduğu ve yalnızca *KAKD* yağış rejimi bölgesinde artış eğiliminin daha belirgin olduğu gözlemlendi (Şekil 6).

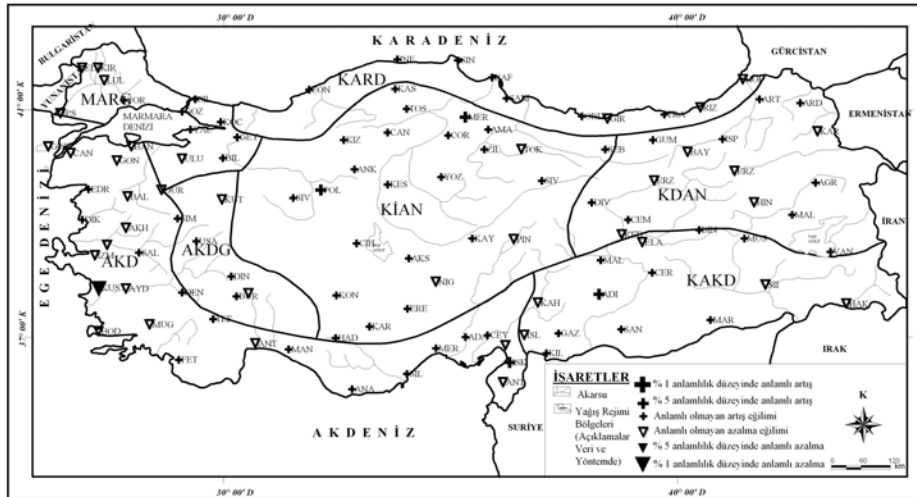
Sonbahar: M-K sınavma örnekleme değerine göre, 0.05 anlamlılık düzeyinde olmak üzere, yağış tutarlarında artış yönünde, yağış yoğunluğu tutarlarında ise azalma yönünde belirgin bir eğilim vardır. Yağış tutarlarına uygulanan eğilim sınavmalarının sonuçlarına göre, 8 istasyonda artış, yağış yoğunluğu tutarlarında ise 17 istasyonda azalma eğilimine karşılık gelen istatistik açıdan anlamlı sınavma örnekleme değerleri elde edildi.

Yağış rejim bölgelerinde, *KAKD* ve *KDAN* yağış rejim bölgelerinde daha zayıf olmak üzere genel olarak yağışlarda oldukça kuvvetli artış eğilimleri vardır (Şekil 7). Yağış yoğunluğu tutarlarına ait sonuçlara göre ise *KARD*, *KAKD* ve *KIAN* da çok kuvvetli olmayan azalma; *AKDG* ve *KDAN* da çok kuvvetli olmayan artış eğilimi vardır. *MARG* ve *AKD* bölgelerinde ise herhangi bir eğilim yoktur (Şekil 8).

Ramos (2001), Akdeniz'deki yağış dağılım desenini ele aldığı çalışmasında, bahar dönemlerinde yağışın önemli bir bölümünün gerçekleştiğini, ancak özellikle sonbahar yağış ortalamalarında önemli bir artış olduğunu vurgulamıştır.

3.2. Yıllık Değerlendirmeler

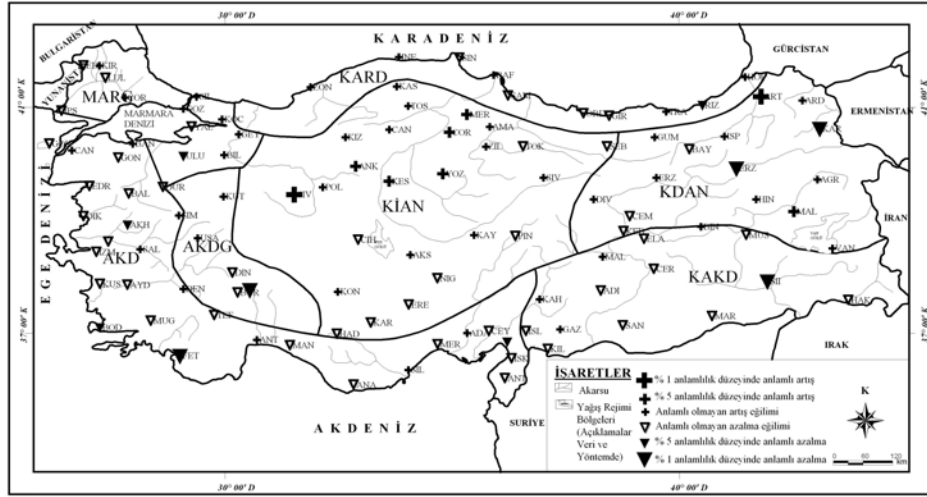
Genel olarak, Türkiye'nin hem yağış hem de yağış yoğunluğu dizilerinde bir azalma eğilimi vardır. İstatistik açıdan anlamlı azalma eğilimlerine karşılık gelen sınavma örnekleme değerlerinin elde edildiği istasyonların sayısı, yağış dizilerinde 10, yağış yoğunluğu dizilerinde ise 31'dir. Yağış tutarlarındaki eğilimin çok belirgin olmamasına karşın, yağış yoğunluğu dizilerindeki azalma eğiliminin daha belirgin ve kuvvetli olması, mevsimsel ölçekte yağış yoğunluğunda azalma eğiliminin uzun süreli ve kuvvetli olması ile ilgilidir.



Şekil 5. M-K sınavmasının sonuçlarına göre Türkiye'de yaz mevsimi yağışlarındaki uzun süreli eğilimler



Şekil 6. M-K sınamasının sonuçlarına göre Türkiye'de yaz mevsimi yağış yoğunluğundaki uzun süreli eğilimler



Şekil 7. M-K sınamasının sonuçlarına göre Türkiye'de sonbahar mevsimi yağışlarındaki uzun süreli eğilimler

Yağış tutarlarındaki değişim ve eğilimler yağış rejim bölgeleri açısından değerlendirilirse; *KARD* bölgesinde belirgin bir eğilimin bulunmadığı; *MARG*, *KIAN* ve *KDAN*'da kuvvetli olmayan bir artış, *AKD*, *KAKD* ve *AKDG*'de ise kuvvetli bir azalma eğiliminin egemen olduğu görülür (Şekil 9). Yağış yoğunluğunda ise; *MARG* rejim bölgesinde herhangi bir eğilim bulunmazken, öteki bölgelerde azalma eğilimi oldukça kuvvetlidir. *AKD* ve *KAKD* azalma eğiliminin en belirgin ve kuvvetli olduğu bölgelerdir (Şekil 10).

Yıllık yağış tutarlarının analizinden elde edilen sonuçlar, daha önce Türkiye ve Akdeniz havzasını konu alan çalışmaların sonuçlarıyla benzerlik gösterir. Sonuçların neredeyse tamamı yağışlarda genel bir azalma eğiliminin varlığını işaret eder. Türkeş (1996), Türkiye'nin yıllık yağışları için yaptığı analizlerde, yıllık yağış anomalilerinin genel bir azalma eğilimi gösterdiğini vurgulamıştır. Türkeş (1996), 1940'ların başlarından 1960'ların sonlarına kadar yağışlarda genel bir artış olduğunu; sonraki dönemde yağışlarda azalma olduğunu ve bunun özellikle *AKD* yağış rejimi bölgelerinde daha belirgin olduğunu vurgulamıştır.

Kutiél vd. (1996), 1930-1994 dönemine göre, Akdeniz'de son kurak dönemin 14 yıl önce başladığını; ekstrem nemli yılların kurak yıllara oranla iki katı fazla frekansta gerçekleştiğini; güney bölgelerde başlayan ve etkin olan kurak dönemin de giderek kuzeye kaydığını ifade eder. Bu durum

Türkiye açısından da benzerlikler taşır. Ramos (2001), Akdeniz’de yıllık yağışların belirgin bir eğilim göstermediğini ve son 10 yılda yıllararası değişkenliğin azaldığını belirtmiştir.

3.3. Yıllararası Değişimler

Çalışmada, yıllık yağış ve yağış yoğunluğu tutarlarındaki yıllararası değişimler de değerlendirildi. Buna göre, son yıllardaki değişiklikler dikkate alınmazsa, yağışlarda uzun yıllardır süregelen azalma yönünde kuvvetli bir eğilim vardır. Son yıllarda ise, önemli olmayan artışlar gözlenmiştir. Bu durum özellikle yağış tutarlarının en fazla olduğu *KARD*, *AKD* ve *MARG* bölgelerinde belirgindir. Ayrıca, *AKD* bölgesi istasyonlarında belirgin bir dönemsellik olduğu, nemli-kurak yılların birbirini izlediği de ifade edilebilir. Bu özellik, Türkeş (1998) ve Türkeş vd. (2002)’nin sonuçlarıyla da iyi bir uyum sergiler. Söz konusu durum *KAKD* bölgesinde de gözlenmiştir. *AKDG* bölgesinde yağışlardaki azalma diğer yağış rejim bölgelerinin tersine daha geç dönemlerde başlamıştır. *KIAN* ve *KDAN* bölgelerinde çok kuvvetli olmayan azalma eğilimi özellikle son yıllarda gerçekleşmiştir.

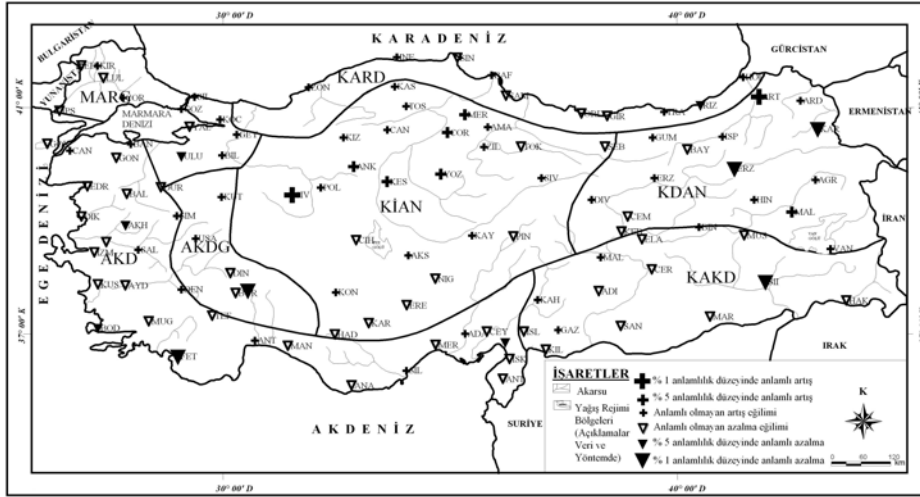
Yağış yoğunluğu açısından ise, genel olarak 1950’lerden bu yana sistematik bir azalmanın olduğu, bu azalmanın *MARG* bölgesi istasyonlarında daha kuvvetli olduğu belirlenmiştir. Yağış yoğunluğundaki bu belirgin dönemsellik ve son yıllara karşılık gelen azalma eğilimi, yağış yoğunluğundaki değişimlerin temel özelliğini oluşturur. Ayrıca, azalma yönündeki kuvvetli eğilim *AKD* bölgesinde 1950 öncesi dönemde de etkili olmuştur (Şekil 11).

4. Önemli Bulguların Önceki Çalışmalarla Karşılaştırılması

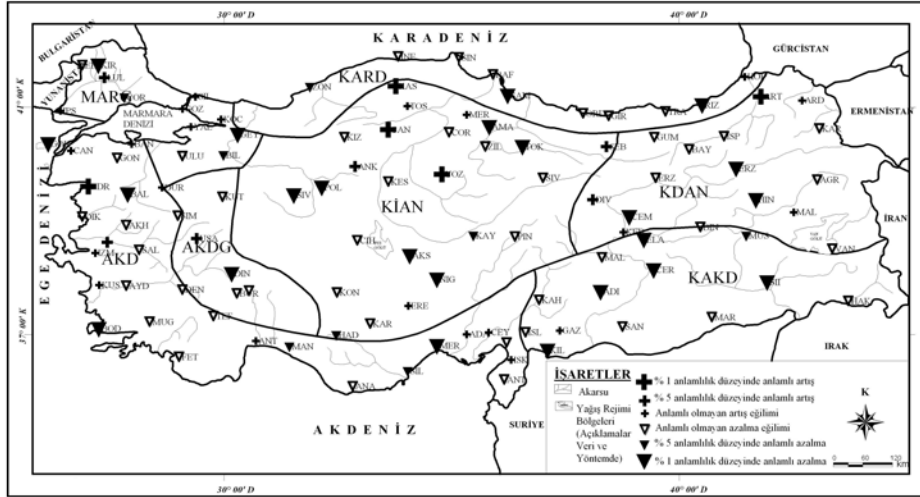
Yaklaşık son 20 yılda çeşitli araştırmacılarca gerçekleştirilen bölgesel yağış değişikliği ve değişebilirliği çalışmaları, Afrika’nın geniş Sahra bölgesinde ve Subtropikal kuşaktaki yağışlarda 1960’lı yıllarda başlayan ani azalmanın, 1970’li yıllarla birlikte Doğu Akdeniz Havzası’nda ve Türkiye’de de etkili olmaya başladığını ortaya çıkarmıştır. Örneğin, Türkeş (1996, 1998, 2003)’e göre, Türkiye yağışlarındaki önemli azalma eğilimleri ve kuraklık olayları, kış mevsiminde daha belirgin olarak oluşmuştur. 1970’li yılların başı ile 1990’lı yılların başı arasındaki kurak koşullardan en fazla, Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri etkilenmiştir. Kış mevsimindeki yağış değişiklikleri dikkate alındığında, kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanlarının, 1971-1974 dönemi ile 1983, 1984, 1989, 1990, 1996 ve 2001 yıllarında olduğu belirtilmiştir (Türkeş ve Erlat, 2003, 2005).



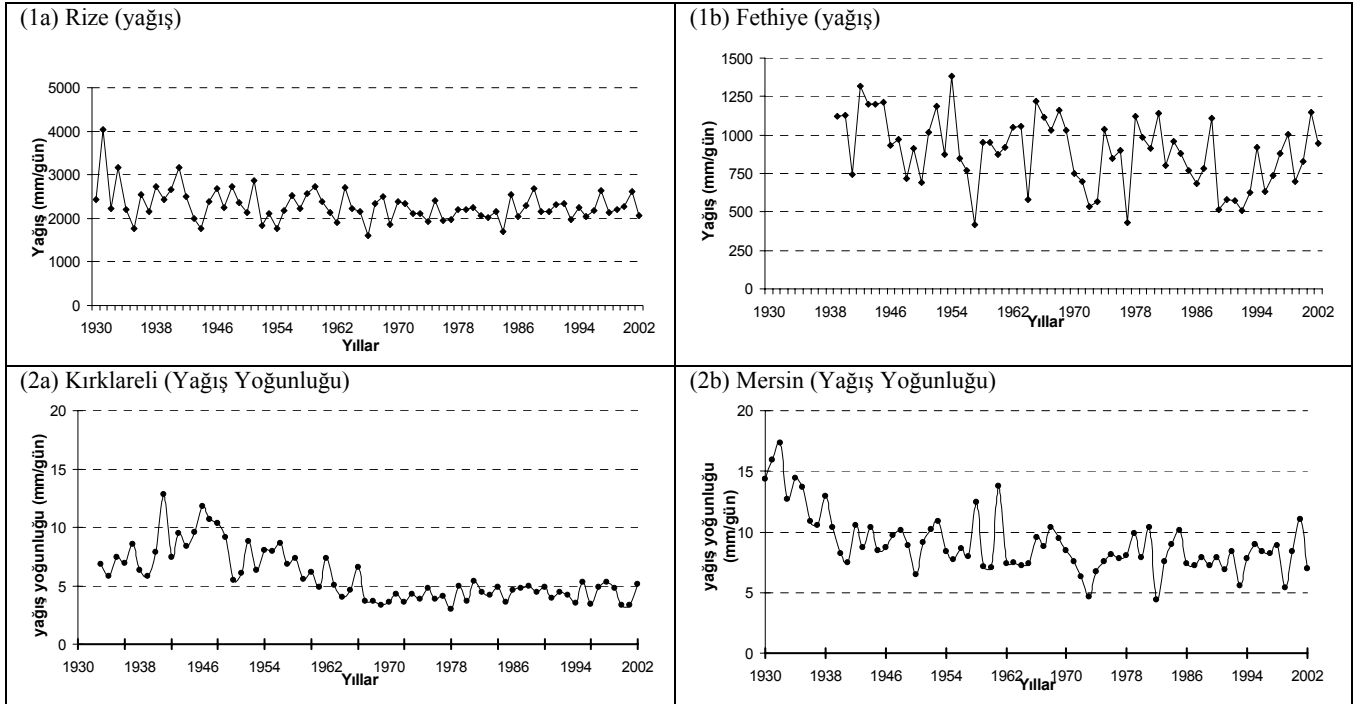
Şekil 8. M-K sınavasının sonuçlarına göre Türkiye’de sonbahar mevsimi yağış yoğunluğundaki uzun süreli eğilimler



Şekil 9. M-K sınamasının sonuçlarına göre Türkiye'de yıllık yağışlardaki uzun süreli eğilimler



Şekil 10. M-K sınamasının sonuçlarına göre Türkiye'de yıllık yağış yoğunluğundaki uzun süreli eğilimler



Şekil 11. Seçilmiş istasyonların yağış ve yağış yoğunluğu tutarlarındaki yıllararası değişimler

Bu yıllarda oluşan uzun süreli ortalamanın çok altındaki yağış koşullarına bağlı meteorolojik kuraklıkların bir sonucu olarak, Türkiye’de tarımsal ve hidrolojik kuraklıklar da yaşanmıştır. Türkiye’nin bazı bölgelerinde etkili olan bu su açığı ve su sıkıntısının, yalnız tarım ve enerji üretimi açısından değil, sulamayı, içme suyunu, öteki hidrolojik sistemleri ve etkinlikleri içeren su kaynakları yönetimi açısından da kritik bir noktaya ulaştığı gözlenmiştir.

Genel olarak Doğu Akdeniz Havzası’nın ve Türkiye’nin yıllık ve özellikle kış yağışlarında gözlenen önemli azalma eğilimleri, bu bölgede egemen olan cephesel orta enlem ve Akdeniz alçak basınçlarının sıklıklarında özellikle kışın gözlenen azalma ile yüksek basınç koşullarında gözlenen artışlarla bağlantılı olmalıdır. Türkiye yağışlarındaki değişkenliğin ve değişikliklerin atmosferik nedenlerine ilişkin yeni çalışmalara göre (Türkeş ve Erat, 2003, 2005, 2006), Türkiye’deki şiddetli ve geniş alanlı kış kuraklıklarının önemli bir bölümü, Azorlar bölgesi üzerindeki subtropikal yüksek basınç ile Grönland ve İzlanda üzerindeki orta enlem alçak basıncı arasındaki geniş ölçekli atmosferik basınç dalgalanması olarak tanımlanan Kuzey Atlantik Salınımı’nın (NAO) kuvvetli (ekstrem) pozitif anomali indisi dönemleri ile ilişkilidir.

Öte yandan, özellikle karasal yağış rejimine sahip iç bölgelerdeki bazı istasyonların ilkbahar ve yaz yağışları ile yıllık kuraklık indislerinde (Türkeş, 1998, 1999) ve Güneydoğu Anadolu’daki yaz ve kısmen sonbahar yağışlarında (Türkeş vd., 2005) bir artış eğilimi, başka sözlerle daha nemli koşullara doğru bir gidiş gözlenmektedir.

Bu çalışmada toplam yağış dizileri için ele edilen sonuçlar ile, yukarıda özetle verilen çalışmaların sonuçları arasında iyi bir uyum vardır.

Öte yandan, Brunetti vd. (2001), Kuzey İtalya’da yağışlı günlerin sayısında negatif bir trend, şiddetli yağışlarda da kuvvetli bir artış olduğunu belirlemişlerdir. Brunetti vd. (2001) nemli günlerde önemli bir azalış trendinin olduğunu ve mevsimsel ölçekte yağışlı günlerdeki azalma eğiliminin anlamlı olmayan bir yağış şiddetine neden olacağını ileri sürmekte ancak aynı zamanda ekstrem olayların tekrarlanma sıklığının kısaldığını da belirtir. Norrant ve Douguedroit (2006), Akdeniz yağışlarında tüm yılda anlamlı bir azalmanın olduğuna dikkat çekmiştir.

Yağış yoğunluğu tutarlarında gözlenen azalma eğilimleri, İrdem'in (2005) çalışmasından elde ettiği sonuçlar dikkate alındığında önemlidir. İrdem (2005) Türkiye'de günlük yağış şiddetindeki değişimleri analiz ettiği çalışmada şiddetli yağışlarda artış olmadığı buna ek olarak hafif yağışlarda (0-10 mm) artış olduğu sonucuna ulaşmıştır. Yağış yoğunluğundaki azalma ve İrdem'in (2005) çalışmasında elde ettiği hafif şiddetdeki yağışlarda gözlenen artış eğilimi birbirini tamamlayan önemli bir bulgu olarak ifade edilebilir. Bu açıdan iki çalışmanın sonuçları uyumlu ve birbirini destekler niteliktedir. Ayrıca, İrdem (2005) çalışmasında mevsimsel olarak hafif şiddetdeki artışta gözlenen eğilimin kış mevsiminde en kuvvetli olduğunu vurgulamıştır. Bu bulgu açısından da benzerlik söz konusudur. Yağış yoğunluğu tutarlarında da en kuvvetli azalma eğilimi kış yağışlarında gözlemlendi. Yağış yoğunluğunda gözlenen azalma eğilimlerinin en belirgin olduğu mevsimin kış olması ve bu mevsiminde yağış yoğunluğunun en fazla olduğu mevsim olması özellikle kuraklaşma yönündeki değişkenlik açısından önemlidir. Erbekci (2006) yağış olasılığına ilişkin çözümlerinde, azalma eğiliminin en şiddetli ve yaygın olduğu mevsimin kış olduğunu belirtmiştir. Bu bulgu, yağışlı gün sayısında azalma olduğu anlamına gelir. Toplam yağışlara ilişkin çözümlerinde de, yağışın kış mevsiminde azaldığı sonucu çıkmıştır. Sonuçlar, bu açıdan benzerlik gösterir. Yağış yoğunluğu tutarlarındaki kuvvetli azalma ise, kış mevsiminde yağış toplamlarında gözlenen azalmanın yanı sıra, yağışlı gün sayılarındaki azalma eğilimlerinden de etkilenmiş olabilir.

5. Sonuç ve Öneriler

Yağış ve yağış yoğunluğu sonuçları arasında, değişim-eğilim ve alansal dağılım açısından yalnızca kış mevsiminde mükemmel bir uyum vardır. Yağış yoğunluğu analizlerinde elde edilen sınıma örnekleme değerlerine göre belirlenen anlamlı sonuçların oranı, yağış toplamlarının sonuçlarına göre daha yüksektir. Çalışma sonucunda Türkiye'de yağış ve yağış yoğunluğunun tutarlarının değişim ve eğilim karakteristiğine ilişkin elde edilen, aynı zamanda Akdeniz havzasında yapılan çalışmaların sonuçlarıyla da uyumlu, belirgin ve önemli sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- (1) Kış yağış toplamlarında genel bir azalma eğilimi egemendir. Türdeşlik sınaması sonuçlarında da, genellikle kış mevsiminde türdeş olmama durumuna rastlanması ve türdeş olmayan istasyonların grafiklerinde kuvvetli eğilimlerin görülmesi bu bulguyu destekler niteliktedir. Yağış yoğunluğu açısından da, kış mevsiminde önemli bir azalma eğiliminin varlığı görülür.
- (2) Yaz, ilkbahar ve sonbahar yağışlarında genel bir artış eğilimi vardır, ancak Türkiye'de kış yağışlarının toplam yağışlar içerisindeki tutarının Karasal Doğu Anadolu yağış rejimi bölgesi (özellikle Erzurum-Kars bölümü) dışında yüksek olması, bu mevsimlerdeki artışı önemsiz yapmaz. Tersine, bu durum, Türkiye'de yıllık toplam yağışların önemli bir bölümünü oluşturan kış yağışlarındaki azalmanın daha büyük ve hızlı olması da dikkate alındığında, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde kaydedilen yağışların toplam yağış içindeki paylarının artması anlamına gelir.
- (3) Yağış yoğunluğu tutarlarındaki azalma eğilimi yağış toplamlarına göre tüm mevsimlerde daha baskındır. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde kıştaki kadar olmasa da, azalma eğilimi daha kuvvetlidir.
- (4) Yıllık sonuçlar açısından, yağış toplamı ve yağış yoğunluğunun değişim ve eğilim biçimleri arasında bir farklılık vardır. Toplam yağışlarda zayıf bir azalma varken, yağış yoğunluğundaki azalma eğilimi oldukça kuvvetlidir.
- (5) Alansal değerlendirmelerde, AKD ve KARD yağış rejim bölgelerinde kış ve yıllık toplam yağışlarında bir azalma eğilimi bulunan istasyonların sayısının önemli oranda olduğu gözlemlendi. KAKD ve AKDG bölgelerinde de, yine aynı dönemlerde bir azalma eğilimi gösteren istasyonların oranının daha yüksek olduğu belirlendi. Yağış yoğunluğu analizinde ise, alansal dağılımda bölgeler açısından daha dengeli ve benzer sonuçlar elde edildi. KARD yağış rejim bölgesinde hemen her dönemde belirgin olan kuvvetli azalma eğiliminin yanında, diğer tüm yağış rejim bölgelerinde de azalma eğiliminin oranının daha yüksek olduğu ve bu yöndeki anlamlı sonuçların oranının birbirine göre eşit olduğu bir dağılım deseni belirlendi.

- (6) 1950 yılı yağış yoğunluğu açısından, öncesine göre azalma eğiliminin kuvvetlendiği bir dönemdir ve yağış rejim bölgelerine göre seçilen örnek istasyonlarda da bu yönde bir eğilim ve uyum vardır.

Türkiye’de yağış yoğunluğu ortalamaları, kış ve sonbahar mevsimlerinde ve özellikle Akdeniz ve Karadeniz yağış rejimi bölgelerinde yüksektir (Sarış, 2006). Çalışmada, toplam yağışlardaki eğilimlerle uyumlu olarak yağış yoğunluğunda azalma yönünde bir değişim ve eğilim gözlemlendi. Bu azalma eğilimi, yağış yoğunluğunun fazla olduğu kış mevsiminde, ayrıca yıllık dizilerde ve özellikle Akdeniz yağış rejimi bölgesinde en büyüktür. Gerek Akdeniz Havzası ve Türkiye yağışlarında gözlenen kış mevsimindeki kuvvetli azalma eğilimleri (Türkeş, 1996, 1998, 2003), gerekse Türkiye’de hafif şiddetteki yağışların gerçekleşme frekansındaki artış eğilimi (İrdem, 2005) ve kış mevsiminde yağışın gerçekleşme olasılığının giderek azaldığına ilişkin bulgular (Erbekci, 2006) çalışmada elde edilen sonuçlarla uyumlu bulgulardır. Akdeniz havzasındaki yağış değişimini konu alan çalışmalarda dikkati çekilen önemli noktalardan birisi de kuraklaşma eğiliminin hızlanmasıdır. Çalışma bu açıdan güncel bulguları doğrulamıştır. Hem yağış, hem de yağış yoğunluğu açısından en önemli dönem olan kış mevsimindeki azalma eğilimleri üzerinde özellikle durulmalıdır. Kış yağışlarındaki bu önemli azalma, kuraklaşma ve kurak dönemler açısından da önem taşır. Kurak dönemlerin mevsimlere dağılımında ve sürelerinin uzunluğunda genişleme yönünde değişimlerin gerçekleşmesi olasıdır. Karadeniz yağış rejimi bölgesinde gözlenen azalma eğilimleri de oldukça önemlidir. Kuraklaşma eğilimlerinin giderek kuzey enlemlere doğru kaydığı sonucunun ileri sürüldüğü diğer araştırmaların sonuçları ile benzerlik vardır. Sonraki çalışmalarda yağış yoğunluğu değerlerindeki yıllararası değişim ile kuraklaşma eğilimi ilişkileri izlenmelidir.

Öte yandan, yağış yoğunluğu tutarlarının hemen hiçbir dönemde çok kuvvetli bir artış eğilimi göstermemesinin nedenini açıklayabilmek için, yağışlı gün sayılarındaki uzun süreli eğilimlerin de incelenmesi gerekir. Yağış yoğunluğunun kısa sürelerdeki etkilerini saptamak için yağışlı günler sayısı ve şiddetli yağışların gerçekleştiği günlerde gözlenen hava tipleri de ayrıntılı olarak çalışılmalıdır. Ayrıca yağış yoğunluğundaki değişim ve eğilimlerin daha ayrıntılı bir biçimde ortaya konulması için, çeşitli atmosferik salınım ve/ya da dolaşım desenleri ile bağlantısının araştırılması da yararlı olabilir.

Referanslar

- Brunetti, M.; Maugeri, M.; Nanni, T. (2001) “Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in northeastern Italy”, *International Journal of Climatology*, 21, 861-871.
- Erbekci, E. (2006) *Türkiye’de Yağış Olasılığının Zamansal ve Alansal Değişimleri*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale, 87s.
- Erol, O. (2004) *Genel Klimatoloji*, Çantay Kitabevi, İstanbul, 445 s.
- İrdem, C. (2005) *Türkiye’de Yağışların Şiddet Bakımından Alansal ve Zamansal Değişkenliği*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale, 139s.
- Kadioğlu, M.; Şen, Z. (1998) “Power-law relationship in describing temporal and spatial precipitation pattern in Turkey”, *Theoretical and Applied Climatology*, 59, 93-106.
- Karabörk, M.Ç.; Kahya, E. (2003) “The teleconnections between the extreme phases of the Southern Oscillation and precipitation patterns over Turkey”, *International Journal of Climatology*, 23, 1607-1625.
- Koçman, A.; Işık, Ş.; Mutluer, M. (1996) “Ege ovalarında yağış değişkenliği ve kuraklık sorunu”, *Ege Coğrafya Dergisi*, 8, 25-36.
- Koç, T. (2001) *Kuzeybatı Anadolu’da İklim ve Ortam, Sinoptik, İstatistik ve Uygulama Boyutlarıyla*, Çantay Kitabevi, İstanbul, 372 s.
- 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.
- Kutiel, H.; Maheras, P.; Guika, S. (1996) “Circulations and extreme rainfall conditions in the eastern Mediterranean during the last century”, *International Journal of Climatology*, 16, 73-92.
- Maheras, P.; Xoplaki, E.; Kutiel, H. (1999) “Wet and dry monthly anomalies across the Mediterranean basin and their relationship with circulation”, *Theoretical and Applied Climatology*, 64, 189-199.
- Norrrant, C.; Douguedroit, A. (2006) “Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean (1950-2000)”, *Theoretical and Applied Climatology*, 83, 89-106.
- Ramos, M.C. (2001) “Rainfall distribution patterns and their change over time in Mediterranean area.”, *Theoretical and Applied Climatology*, 69, 163-170.

- Sarış, F. (2006) *Türkiye’de Yağış Yoğunluğunun Alansal ve Zamansal Değişimi*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale, 116s.
- Sneyers, R. (1990) *On the Statistical Analysis of Series of Observations*, WMO Technical Note, No. 143, Geneva: World Meteorological Organization (WMO), 192 pp.
- Tatlı, H.; Dalfes, N.; Menteş, S. (2004) “A statistical downscaling method for monthly total precipitation over Turkey”, *International Journal of Climatology*, 54, 161-188.
- Türkeş, M. (1996) “Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey”, *International Journal of Climatology*, 16, 1057-1076.
- 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. (1999) “Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions”, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 23, 363-380.
- 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. (2004) *İklimsel ve Atmosferik Verilerin Türdeşlik ve Rasgelelik Çözümlemesi*. DMIGM Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Temel İstatistik Kursu Notları, Ankara, 39 s.
- Türkeş, M.; 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.; 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.; Erlat, E. (2006) “Influences of the North Atlantic Oscillation on precipitation variability and changes in Turkey”, *Nuovo Cimento*, 29, 117-135.
- 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.; Sümer, U.M.; Yıldırım, Y.E. (2005) “GAP Bölgesi’nde gözlenen uzun süreli iklimsel değişimlerin ve eğilimlerin zaman dizisi çözümlemeleri” İçinde Ulusal Coğrafya Kongresi 2005 (Prof. Dr. İsmail Yalçınlar Anısına), 29-30 Eylül 2005, Bildiriler Kitabı, 373-384. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Beyazıt, İstanbul.
- Xoplaki, E. (2002) *Climate Variability over the Mediterranean*, PhD Thesis (unpublished), Inauguraldissertation der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern, Bern, 195 pp.
- WMO. (1966) *Climatic Change*, WMO Technical Note, No. 79, Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization (WMO), 79 pp.