



Klimatoloji Çalıştayı 2002 s. 119-135
11-13 Nisan 2002 İzmir—TÜRKİYE

TÜRKİYE YAĞIŞLARINDA PERİYODİKLİK VE 500 hPa JEOPOTANSİYEL YÜKSEKLİK DEĞİŞİMLERİ İLE BAĞLANTISI

Murat TÜRKKEŞ, Utku M. SÜMER ve Gönül KILIÇ

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 06120 Kalaba, Ankara

ÖZET

Türkiye'deki 91 istasyonun yıllık ve mevsimlik normalleştirilmiş yağış anomalisi dizilerindeki rasgele olmama bileşenlerinden ısrar ve dönemsellik incelenmiştir. Dizilerdeki ısrarın ve dönemselliğin belirlenmesinde, sırasıyla dizisel ilişki katsayısı ve güç izgesi çözümlenmeleri uygulanmıştır. Kış yağışlarının gecikme aralığı bir olan dizisel ilişki ($GA-1DI$) katsayıları, 31 istasyonda istatistiksel açıdan anlamlı olmak üzere, çoğunlukla pozitif işaretlidir. 17 istasyonun yıllık yağışlarındaki yıllar arası değişebilirlik de anlamlı bir pozitif ilişki göstermiştir. Buna karşılık, ilkbahar yağışlarındaki yıldan yıla değişebilirliğin, 18'i istatistiksel olarak anlamlı olmak üzere, istasyonların önemli bir bölümünde negatif işaretli $GA-1DI$ katsayılarıyla tanımlandığı bulunmuştur. Yaz yağışlarındaki değişebilirliğin bir bölümünün pozitif, bir bölümünün negatif dizisel ilişki katsayıları ile açıklandığı görülmüştür. Sonbahar yağışları, 4 istasyonunkiler dışında, çoğunlukla dizisel bağımlılığa karşı rasgeledir.

Kış yağışlarında, Karadeniz yağış bölgesinde genellikle 2, 2.1, 3 ve 3.2 yıllık kısa döngüler egemenken, Marmara Geçiş ve Akdeniz yağış bölgelerinde genellikle 8.4, 12-12.7, 14, 18 ve 21 yıllık uzun döngüler egemendir. İlkbahar mevsiminde ise, yağış dizilerinin çoğundaki belirgin doruklar, döngüleri yaklaşık 2, 3, 4 ve 5 yıl dolayında olan izgesel kuşakta yer alır; 2 yıllık dönemsellikler birçok istasyonda tanımlayıcıdır. Kış ve sonbaharda, Göztepe istasyonunun 500 hPa jeopotansiyel yükseklik ve 91 istasyonun yağış anomalisi dizileri arasındaki istatistiksel açıdan anlamlı negatif ilişkiler, Türkiye'nin büyük bir bölümünde belirgin bir alansal tutarlılık gösterir. İlkbahar yağış anomalilerindeki yaklaşık 2 ve 3 yıllık döngülere karşılık gelen belirgin izgesel doruklar, ilkbahar 500 hPa jeopotansiyel yükseklik anomalilerindeki benzer sahnımlar ile bağlantılıdır. Kış 500 hPa jeopotansiyel yükseklik değişimindeki 14 yıllık döngüler, kış yağış anomalisi dizilerine 14 yıllık benzer döngüler olarak yansımıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Türkiye yağış bölgeleri; 500 hPa jeopotansiyel yükseklik; ısrar; güç izgesi; 'white ve red' noise sürekliliği; dönemsellik.

1. GİRİŞ

Doğal ve insan kaynaklı iklim değişikliğini ya da küresel ısınmayı anlamak, etkilerini azaltmak, karşı politikalar geliştirmek ve önlemler almak, iklim sistemini izleme ve model çalışmalarıyla olasıdır. Uzun süreli ve sistematik gözlemler, iklimin doğal değişkenliğini anlama, iklim sistemini değiştiren insan etkilerini saptama, modeller için gereksinim duyulan ana süreçleri parametreleştirme ve model benzetimlerinin doğrulamasını yapma konularında yaşamsal bir önem taşımaktadır. İklim sistemindeki doğal değişkenlik ve değişiklikler ile bunların sonucunda ortaya çıkan tüm ekolojik tepkileri inceleyebilmenin yollarından birisi ise, paleoklimatolojik ve tarihsel kayıtlar ile aletsel klimatolojik (ve iklimle ilişkili hidrolojik, atmosferik, vb.) gözlem kayıtlarının zaman dizisi çözümlenmeleridir.

Çoğu iklim modelleri, gelecekteki iklim değişiklikleri için, klimatolojik değişkenlerin ortalamalarındaki azalma ya da artma eğilimlerinin bir öngörüsünü üretir. Ancak, iklim modelleri, eğilim kadar klimatolojik gözlem dizilerinin –ısrar ve periyodiklik (dönemsellik) vb.– tüm belirleyici bileşenlerini temsil etmelidir. Bu ise, zaman dizilerinde egemen olan ısrar ve dönemsellik bileşenlerinin, istatistiksel ve klimatolojik özelliklerinin anlaşılmasını gerektirir.

Klimatolojik ve hidrolojik gözlem kayıtlarının zaman dizisi özellikleri, üç başlık altında incelenebilir. Birincisi, iklimsel dizilerdeki rasgele değişimleri ya da durağan gidişleri içeren stokastik olaylardır. İkincisi, dizilerdeki tüm rasgele olmama biçimlerine karşılık gelen deterministik (belirleyici) bileşenlerdir. Belirleyici bileşenler, dizilerdeki ısrarı, dönemselliği, eğilimi, sıçramayı ya da basamak biçimli değişikliği ve bunların çeşitli kombinasyonlarını (birleşimlerini) içerir. Üçüncüsü ise, dizilerdeki rasgele ve rasgele olmayan olayların birleşimidir.

Öte yandan, iklimsel (burada, yağış) değişimler ile çeşitli fiziksel (burada, atmosferik) mekanizmalar arasındaki ilişkilerin anlaşılması, yalnız iklim sistemindeki bugünkü değişiklikler açısından değil, gelecekteki değişiklikler açısından da önemlidir.

Türkeş (1998), jeopotansiyel yükseklik düzeylerinin değişimleriyle ilgili çalışmasında, Türkiye üzerindeki yüksek atmosfer koşullarında, kışın düşük frekanslı (sıklıklı) dalgalanmaların, ilkbaharda ise yüksek sıklıklı salınımların egemen olduğunu göstermiştir. Bu atmosferik değişim tipleri, Türkiye'deki alansal ve zamansal yağış değişimlerine yansımıştır. Türkiye'deki kurak ve nemli koşulların bölgesel deniz seviyesi basıncı (SLP) desenleri ile bağlantıları konusundaki yeni bir çalışmaya göre (Kutiel vd., 2001), Türkiye'deki uzun süreli yağış değişimleri ile bölgesel SLP değişimleri arasındaki ilişkinin en kuvvetli olduğu dönem kış mevsimidir; yazın ilişki çok zayıftır ya da yoktur. Kurak koşullara karşılık gelen basınç desenleri, çoğunlukla pozitif SLP anomalileri (antisiklonik dolaşım) gösterirken, nemli koşullarla bağlantılı basınç desenleri, çoğunlukla negatif SLP anomalileri (siklonik dolaşım) sergiler. Bazı aylardaki nemli koşullarla bağlantılı basınç desenleri ile aynı ayların korelasyon (ilişki) haritaları arasında çok belirgin bir benzerlik vardır. Benzer atmosferik değişimler ve ilişkiler, Doğu Akdeniz Havzası üzerindeki ve Yunanistan'daki yağış koşulları için, özellikle kış mevsimi süresince bulunmuştur (Maheras vd., 1999; Xoplaki vd., 2000). Xoplaki vd. (2000), Yunanistan üzerindeki kış yağışlarının alansal dağılımının, doğu Kuzey Atlantik-Avrupa ölçeğinde orta troposferik dolaşım alanlarıyla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Öte yandan, Mächel vd. (1998), 'white noise' sürekliliği gösteren zaman dizileri için, 0.95 güven düzeyini aşan anlamlı dorukların, kışın hem subtropikal yükseklerin merkez basınç spektrumundaki (izgesindeki), hem de yazın, İzlanda Alçağı'nın enlemsel ve boylamsal izgesindeki en düşük frekansta oluştuğunu ortaya koymuştur. Türkeş (1998), Türkiye'nin ilkbahar yağış ve jeopotansiyel yükseklik dizilerindeki yaklaşık yıl aşırı salınımlar ile yıllık/kış yağış ve jeopotansiyel yükseklik dizilerindeki sırasıyla 14 ve 13 yıllık dönemselliklerin, Kozuchowski (1993)'nin 35°-65° K zonundaki yüzey basıncının aylık zonal indis dizilerinde bulunduğu yaklaşık yıl aşırı ve 13.2 yıllık döngüsellikler ile bağlantılı olabileceğini öngörmüştür. Kozuchowski (1993), ayrıca, yaklaşık yıl aşırı ve 13 yıllık döngüselliklerin, zonal indisin mevsimlik değerlerinde de bulunduğunu göstermiştir.

Büyük ölçüde Türkeş vd. (2002)'ne dayanan çalışmanın amacı aşağıda verilmiştir:

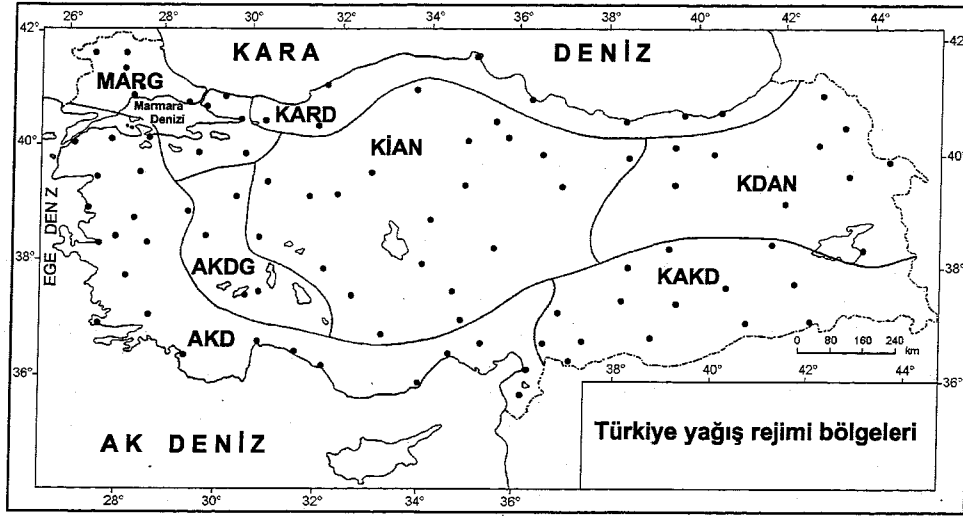
(i) Türkiye'deki 91 istasyonun uzun süreli yıllık ve mevsimlik yağış dizilerindeki rasgele olmama bileşenlerinden ısrarı (dizisel bağımlılığı) ve dönemselliği, iklimsel değişkenlik (değişebilirlik) açısından çözümlenmek; ve

(ii) İstanbul (Göztepe) radyosonde istasyonunun 500 hPa jeopotansiyel yükseklik dizilerindeki değişimlerin, Türkiye'nin yağış değişimleri üzerindeki bazı etkilerini göstermek amacıyla, 500 hPa yüksek atmosfer düzeyi yükseklik değerlerinin değişimleri ve dönemselliği ile yağış dizilerinin değişimleri ve dönemselliği arasındaki ilişkiyi ve benzerliği incelemek.

2. VERİ

Çalışmada, Türkeş (1995, 1996)'in tüm yönleri ile kontrol ederek düzenlediği ve geliştirdiği yağış veri seti kullanılmıştır. Yağış veri seti, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 91 istasyonunda 1930-1996 döneminde kaydedilen aylık yağış toplamlarından (mm) oluşmaktadır. Yağış setinin içerdiği 91 istasyon, yaklaşık 130 istasyonun aylık, mevsimlik ve yıllık yağış dizilerindeki sıçrama biçimli inhomojenlikler (türdeş olmama durumu), istasyon tarihçesi bilgileri de dikkate alınarak, *Kruskal-Wallis*

homojenlik (türdeşlik) sınaması ile kontrol edilerek seçilmiştir (Türkeş, 1995, 1996). Klimatolojik ve istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, özellikle istasyon yer ve yükseklik değişikliği ile yakın çevre koşullarının değişmesi gibi yapay etmenler nedeniyle gözlem dizileri sıçrama inhomojenlik gösteren ve kayıt uzunlukları görece olarak kısa olan istasyonlar, zaman dizisi analizlerinden (çözümlemelerinden) çıkarılmıştır. Gözlemlerdeki eksik verilerin tamamlanması, türdeşlik çözümlemesi, vb. konulara ilişkin ayrıntılı bilgi, Türkeş (1995, 1996)'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan 91 istasyonun yağış rejimi bölgelerine göre, ki esas olarak yağışın mevsimselliği dikkate alınarak oluşturulmuştur, Türkiye üzerindeki alansal dağılışı ve bu bölgelerin temel özellikleri, sırasıyla Şekil 1 ve Çizelge 1'de verilmiştir. Türkiye'nin yağış klimatolojisi, daha önce Türkeş (1996, 1998 ve 1999) tarafından tüm boyutları ile ayrıntılı olarak incelenmiştir.



Şekil 1. Türkiye'nin yağış rejimi bölgeleri ve çalışmada kullanılan 91 istasyonun alansal dağılışı (Türkeş, 1998'e göre düzenlenmiştir).

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 (KIAN): 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.

Çizelge 1. Türkiye'nin yağış rejimi bölgeleri ve temel özellikleri (Türkeş, 1996).

Atmosferik ısrar ve dönemsellik ile yağışlardaki ısrar ve dönemsellik arasındaki ilişkiyi ve benzerliği bulmak amacıyla, İstanbul (Göztepe) radyosonde istasyonunda 1952-1993 döneminde kaydedilen 500 hPa jeopotansiyel yükseklik düzeyi (yüksek atmosfer standart basınç düzeyi) gözlemlerinden yararlanılmıştır. İstanbul'un coğrafi konumu nedeniyle, Göztepe radyosonde istasyonundaki 500 hPa jeopotansiyel yükseklik değişimlerinin, Kuzey Atlantik ve Akdeniz oluşumlu dinamik atmosferik basınç sistemleri (örneğin, alçak merkezler, oluklar; yüksek merkezler ve sırtlar) için iyi bir gösterge olacağı düşünülmüştür.

3. ÇÖZÜMLEME YÖNTEMİ

Çalışmada normalleştirilmiş (standardize) yağış ve jeopotansiyel yükseklik anomalisi dizileri kullanılmıştır. Harhangi bir istasyondaki gözlem dizisi için, normalleştirilmiş yağış (ya da jeopotansiyel yükseklik) anomalisi (A_{iy}) aşağıda verilen basit formül ile hesaplanır (Türkeş, 1996):

$$A_{iy} = (Y_{iy} - \bar{Y}_i) / \sigma_i \quad (1)$$

Y_{iy} , bir i istasyonundaki bir y yılındaki (ya da mevsimindeki) toplam yağış tutarımı (mm); \bar{Y}_i ve σ_i , sırasıyla, o istasyondaki yıllık (ya da mevsimlik) toplam yağış dizilerinin uzun süreli ortalamasını (mm) ve standart sapmasını gösterir.

3.1. Güç İzgesinin Hesaplanması

Spektral (izgesel) çözümleme ya da power spektrumu (güç izgesi), zaman dizilerindeki periyodiklik sorununu ele almak için geliştirilmiş bir yöntemdir. Genelleştirilmiş harmonik çözümleme olarak da bilinen güç izgesi, zaman dizilerinin, her biri belirgin özelliklere sahip bir dalga uzunluğu ile birlikte olan sonsuz sayıdaki salınımlardan oluşması yerine, onların rasgele sonlu sayıdaki küçük salınımlardan oluştuğu ön düşüncesine dayanır. Güç izgesinin hesaplanmasında, Tukey (1950) ve Blackman ve Tukey (1958) tarafından geliştirilen ve WMO (1996)'nun önerdiği bir yaklaşım izlenmiştir. Bu yaklaşıma ilişkin ayrıntılı açıklama, WMO (1996), Jenkins ve Watts (1968), Julian (1967) ve Türkeş vd. (2001, 2002)'nde bulunur. Bu yaklaşım aşağıda özetlenmiştir:

$X = 1, 2, \dots, N$ ve maksimum gecikme aralığı (GA) m , N 'in $1/3$ 'ünü geçmemek üzere, önce GA 0'dan GA m 'e tüm gecikme aralıkları için dizisel ilişki katsayıları (r - GA 'lar) aşağıdaki formül ile hesaplanır (GA , formüllerde L ile gösterilmiştir):

$$r_L = \frac{(N-L) \sum_{i=L}^{N-L} x_i x_{i+L} - \left(\sum_{i=L}^{N-L} x_i \right) \left(\sum_{i=L+1}^N x_i \right)}{\left[(N-L) \sum_{i=L}^{N-L} x_i^2 - \left(\sum_{i=L}^{N-L} x_i \right)^2 \right]^{1/2} \left[(N-L) \sum_{i=L+1}^N x_i^2 - \left(\sum_{i=L+1}^N x_i \right)^2 \right]^{1/2}} \quad (2)$$

Sonra, bu r - GA 'lar (eşitliklerde r_L 'ler) kullanılarak, 'ham' izgesel kestirimler k 0'dan m 'e kadar, doğrudan aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır:

(a) GA 0 için,

$$\hat{s}_0 = \frac{1}{2m} (r_0 + r_m) + \frac{1}{m} \sum_{L=1}^{m-1} r_L$$

(b) GA 1'den GA $m-1$ 'e kadar $k = 1, 2, \dots, m-1$ için,

$$\hat{s}_k = \frac{r_0}{m} + \frac{2}{m} \sum_{L=1}^{m-1} r_L \cos\left(\frac{\pi k L}{m}\right) + \frac{1}{m} r_m (-1)^k \quad (3)$$

(c) Maksimum GA (m) için,

$$\hat{s}_m = \frac{1}{2m} [r_0 + (-1)^m r_m] + \frac{1}{m} \sum_{L=1}^{m-1} (-1)^L r_L$$

Bu eşitliklerin birincisi (a), sonsuz dalga uzunluklarına (eğilim) karşılık gelen sıfırıncı izgesel kestirimleri hesaplamak için kullanılır; üçüncü eşitlik (c), izgedeki en kısa dalga uzunluğuna, ki ardışık gözlemler arasındaki aralığın iki katına eşit olan dalga uzunluğu burada 2 yıldır, karşılık gelen en sonuncu izgesel kestirimi hesaplamak için kullanılır. Ortadaki eşitlik (b), $k=1, 2, \dots, m-1$ aralığındaki tüm izgesel kestirimlerin hesaplanmasında kullanılır.

Son olarak, 'ham' kestirimler 3-terimli ağırlıklı ortalama ('Hanning' yöntemi) ile düzgünleştirilerek, sonuç izgesel kestirimler (s_k 'ler) hesaplanır:

$$\begin{aligned} \text{a) } s_0 &= \frac{1}{2} (\hat{s}_0 + \hat{s}_1) \\ \text{b) } s_k &= \frac{1}{4} (\hat{s}_{k-1} + 2\hat{s}_k + \hat{s}_{k+1}) \\ \text{c) } s_m &= \frac{1}{2} (\hat{s}_{m-1} + \hat{s}_m) \end{aligned} \quad (4)$$

3.2. Güç İzgesine Uygulanan İstatistiksel Anlamlılık Sınamaları

Önce, izgeye uygun bir 'boş' hipotez sürekliliği (continuum) belirlenir. Bunun için başlangıç olarak, gecikme aralığı bir olan dizisel ilişki ($GA-1DI$) katsayısı, r_1 'in anlamlılığı, aşağıdaki hipotez sınamasıyla sınanır:

$$(r_1)_t = \frac{-1 \pm t_g \sqrt{N-1}}{N-1} \quad (5)$$

t_g , normal dağılımın tek yanlı şekline göre, % 5 anlamlılık düzeyi için 1.645'dir. 'Gözlemler dizisel bağımlılığa (ısrara) karşı rasgeledir' boş hipotezi (önsavı), $(r_1)_t$ 'nin büyük değerleri için reddedilir.

Bir dizinin $GA-1DI$ katsayısı r_1 , istatistiksel olarak anlamlı değilse (ya da anlamlı fakat negatif işaretli ise), dizinin ısrar içermediği kabul edilir. Bu durumda, uygun 'sıfır' önsavı 'white noise'dir. Başka sözlerle, değeri her yerde, hesaplanan izgedeki tüm $m+1$ 'ham' izgesel kestirim değerlerinin ortalamasına eşit olan bir yatay düz çizgi, en uygun teorik yaklaşım olarak kabul edilir.

Hesaplanan r_1 katsayısı, pozitif işaretli ve istatistiksel olarak anlamlı ise, $r_2 \cong r_1^2$ ve $r_3 \cong r_1^3$ üstel ilişkilerinin bulunup bulunmadığı da kontrol edilir. Eğer bu ilişkiler sağlanıyorsa, uygun 'sıfır' sürekliliği, biçimi bir P evreni için $GA-1DI$ katsayısının bilinmeyen değerine bağlı olan, Markov 'red noise' olarak kabul edilir. Süreklilik, aşağıdaki yaklaşık işlemle kurulabilir. Örneklem r_1 'in, P 'nin yansız bir kestirimi olduğu kabul edilerek, $k=0$ ve $k=m$ arasındaki k harmonik sayısının çeşitli seçenekleri için aşağıdaki eşitlik kullanılır:

$$S_k = \bar{s} \left[\frac{1 - r_1^2}{1 + r_1^2 - 2r_1 \cos\left(\frac{\pi k}{m}\right)} \right] \quad (6)$$

\bar{s} , hesaplanan izgedeki tüm $m+1$ 'ham' izgesel kestirimlerin (\hat{s}_k 'lerin) ortalamasıdır. S_k sonuç değerleri, örneklem izge ile bindirmeli olarak çizilebilir ve gereksinim duyulan 'sıfır' sürekliliğine ulaşmak üzere bir düzgünleştirilmiş eğri bu değerlerden geçer.

Bu aşamada, ‘sıfır’ sürekliliğinin ilk seçimi yapılır ve çalışmak istenilen izgenin üzerine bindirmeli olarak çizilir. Bu durumda, seçilen süreklilik ile izgenin uyumu açısından bir değerlendirme yapılması için hazır hale gelinmiş olur. Sonra, her izgesel kestirim değeri (s_k), ‘sıfır’ sürekliliğinin yerel değeri ile karşılaştırılır. Her izgesel kestirimle bağlantılı istatistik, izgesel kestirimin büyüklüğünün sürekliliğin yerel büyüklüğüne oranıdır. Bu oran (χ^2/ν), Tukey (1950) tarafından, ki-kare değerinin serbestlik derecesi ν ’ye bölünmesi ile elde edilen ve ki-kare dağıldığı bulunan bir niceliktir. N değerli bir kayıt ve m zaman birimli bir maksimum GA ’na dayanan bir izgenin her kestirimine ilişkin ν serbestlik derecesi, aşağıdaki eşitlikle verilir:

$$\nu = \frac{2N - m/2}{m} \quad (7)$$

Herhangi bir örneklem izgesel kestirimin (s_k) kendi yerel süreklilik değerine oranı, uygun ν değeri için bir χ^2/ν dağılımının kritik yüzde-puan düzeyleri ile karşılaştırılır. İstenen ν için bir χ^2/ν dağılımının kritik düzeyleri, hazır çizelgelerden elde edilebilir; ya da, bir istatistik referans kitabından alınabilecek olan χ^2 değerlerinden yararlanarak hesaplanabilir. Örneklem bir izgede, χ^2/ν dağılımının kritik düzeyleri, örneğin % 95 güven sınırı, tüm izgesel kestirimler için aynıdır.

4. ÇÖZÜMLEME SONUÇLARI

4.1. Türkiye Yağışlarında Israr

Normalleştirilmiş yağış anomalisi dizilerinde gözlenen yıldan yıla değişebilirlikteki olası ısrarın doğasını ve büyüklüğünü incelemek için, $GA-1D\dot{I}$ katsayısı r_1 uygulanmıştır (WMO, 1966; Matalas, 1967; Türkeş, 1998, 1999; Türkeş *vd.*, 2001, 2002). Israr, “bir gözlem dizisindeki ardışık değerlerin kendilerinden önceki değerleri ‘hatırlama’ ve onlardan etkilenme eğilimidir.” Anlamli negatif $GA-1D\dot{I}$ katsayıları, büyük bir olasılıkla, yüksek sıklıklı salınımların göstergesi iken, pozitif $GA-1D\dot{I}$ katsayıları, büyük bir olasılıkla, iklimsel dizilerdeki ısrarın ve düşük sıklıklı dalgalanmaların göstergesidir.

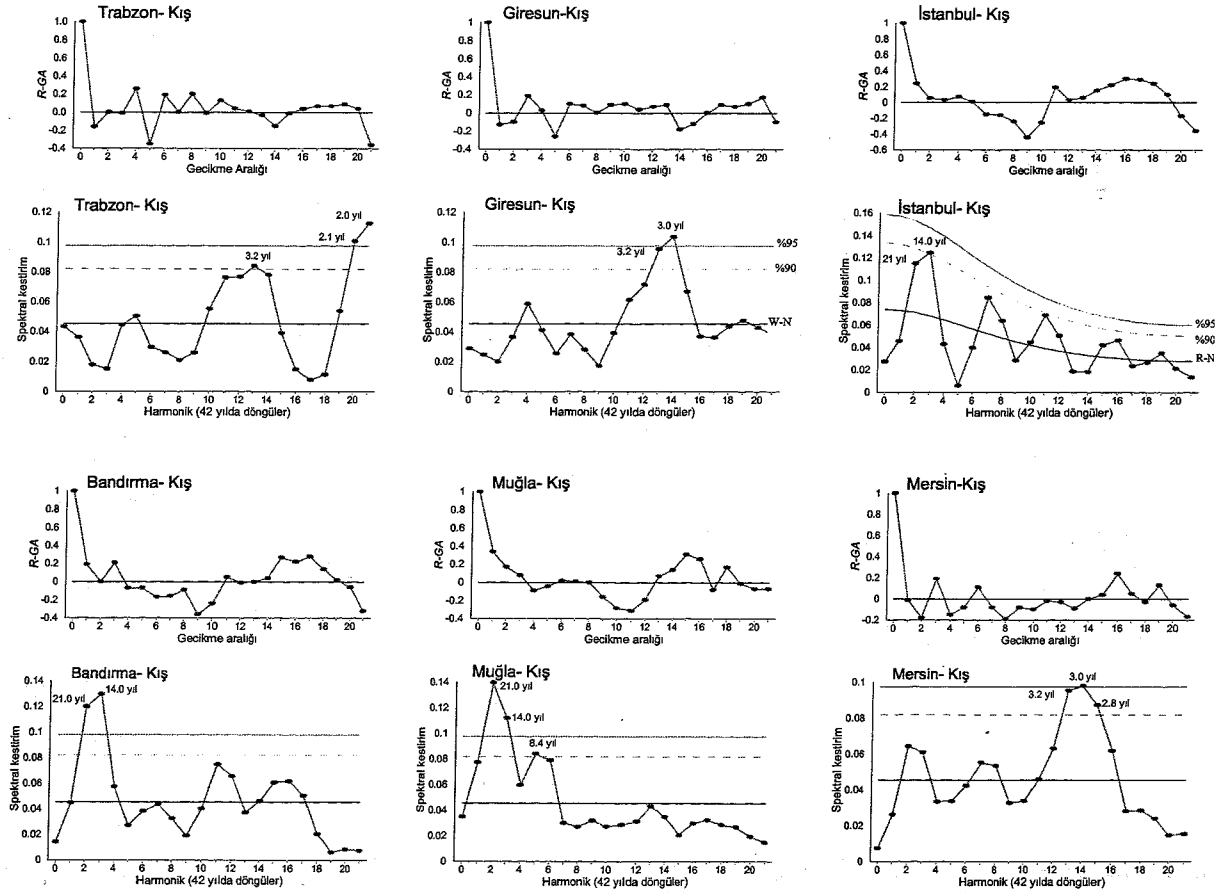
Normalleştirilmiş kış yağış dizileri, Karadeniz (KARD) yağış bölgesi dışındaki istasyonların çoğunda ısrar gösterir. Israr, pozitif $GA-1D\dot{I}$ katsayıları ile açıklanır. İncelenen 91 istasyondan 31’nin kış yağışlarının yıldan yıla değişimindeki ısrar, istatistiksel açıdan anlamlıdır (Çizelge 2). 17 istasyonun yıllık yağışlarının değişimleri de anlamlı bir pozitif ilişki göstermiştir. Bu benzerlik, Türkiye’nin birçok istasyonunda kış yağışlarının yıllık yağış içindeki payının oldukça büyük oluşuyla açıklanabilir (Türkeş, 1998). Buna karşılık, ilkbahar mevsiminde, istasyonların çoğunun yıllar arası yağış değişimlerini, negatif işaretli $GA-1D\dot{I}$ katsayılarının tanımladığı bulunmuştur. Bunlardan 18’i istatistiksel açıdan anlamlıdır. Toplam 9 istasyonunki anlamlı olmak üzere, yaz yağışlarındaki değişimlerin, bir bölümü pozitif, bir bölümü negatif dizisel ilişki katsayıları ile açıklanır. Sonbahar yağışları da, hem pozitif hem de negatif dizisel ilişki katsayılarına sahiptir ve 4 istasyonunkiler dışındaki tüm diziler, dizisel bağımlılığa karşı rasgeledir.

Anlamlı pozitif $GA-1D\dot{I}$ katsayısı ve gerekli yaklaşık üstel ilişki ($r_2 \cong r_1^2$ ve $r_3 \cong r_1^3$) dikkate alındığında, 11 istasyonun kış yağışlarında basit Markov biçemi ısrar bulunduğu görülmüştür. Bu istasyonların bir bölümü, Karasal Doğu Anadolu (KDAN) yağış bölgesinin daha soğuk ve karasal kuzeydoğu bölümünde bulunmaktadır. İlkbahar yağışlarındaki anlamlı negatif $GA-1D\dot{I}$ katsayıları ise, yüksek sıklıklı belirgin salınımlar ile yakından ilişkili olmalıdır. Bu yüzden, çalışmada, istasyonların büyük bir bölümünün yağış dizileri için hesaplanan temel izgenin değerlendirilmesinde, ‘white noise’ sürekliliği uygulanmıştır.

Yağış Bölgesi	Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar		Yıllık	
	GA-1Dİ	GA-1Dİ	GA-1Dİ	GA-1Dİ	GA-1Dİ	GA-1Dİ	GA-1Dİ	GA-1Dİ	GA-1Dİ	GA-1Dİ
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
KARD				2		1				
MARG	6				1				2	
AKD	8		4		1	2	1	1	4	
KAKD	5		4			1	1		2	
AKDG	1				1				2	
KİAN	6		6		1				6	
KDAN	5		2			1		1	1	
Toplam	31		18		9		4		17	

Çizelge 2. GA-1Dİ sınamasına göre, normalleştirilmiş yıllık ve mevsimlik yağış dizileri 0.05 düzeyinde anlamlı bir dizisel ilişki katsayısı ile tanımlanan istasyonların sayısı.

(+): Pozitif dizisel ilişki katsayısı; (-): Negatif dizisel ilişki katsayısı.

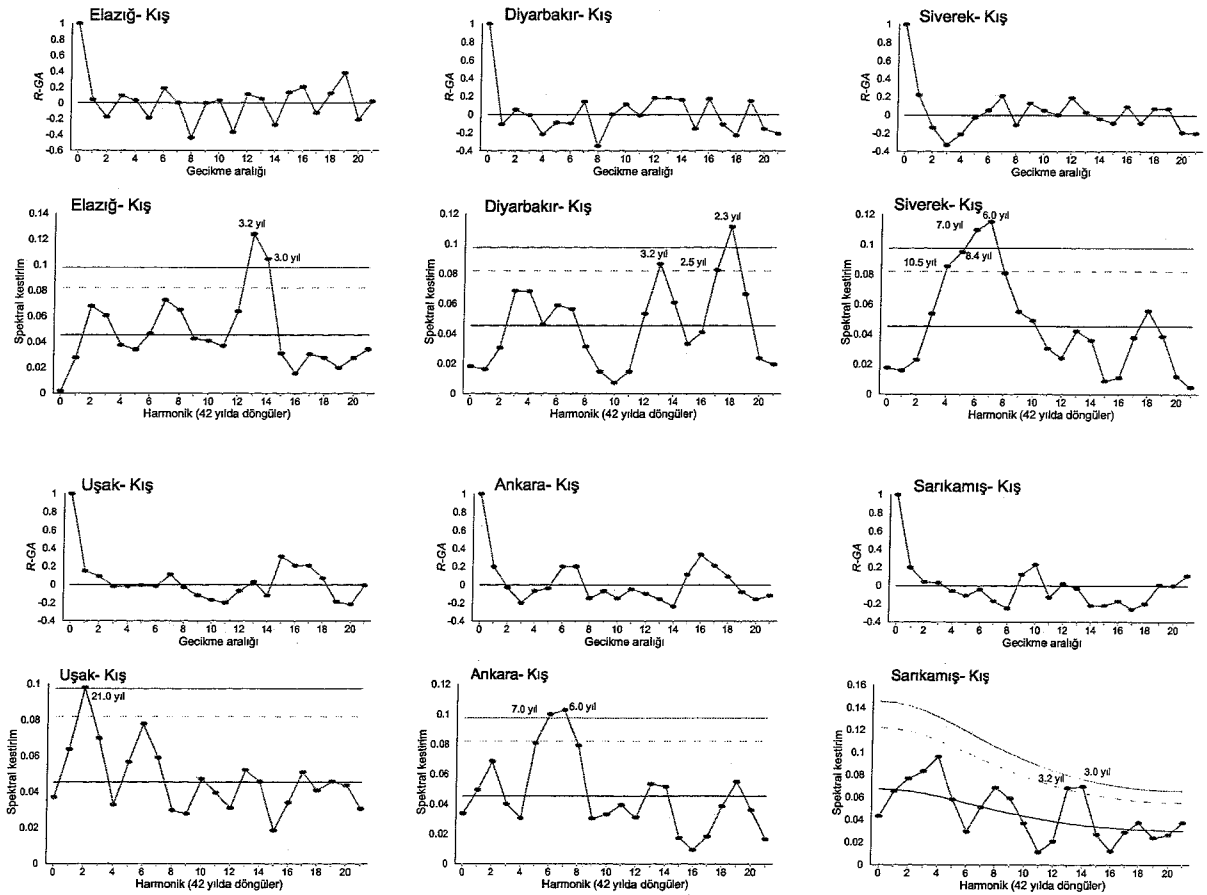


Şekil 2. Seçilmiş 12 istasyonun kış yağışları için dizisel ilişki ve güç izgesi çizimleri. Güç izgesi çizimlerinde: (—), 'sıfır' ('white' ya da 'red' noise) sürekliliğini; (- - - -) ve (—), seçilen sürekliliğin 0.90 ve 0.95 düzeyindeki güven sınırlarını gösterir.

4.2. Türkiye Yağışlarında Dönemsellik

Güç izgesinin değerlendirilmesinde, izgesel kestirimlerin anlamlılığı için uygun 'sıfır' sürekliliğinin % 90 ve % 95 güven düzeyleri temel alınmıştır. Zaman dizisi basit Markov biçemi ısrar içeriyorsa, izge tüm dalga uzunluklarında değişir ve genliği uzun dalga uzunluklarından kısaya doğru azalma eğiliminde olur. Bu durumda izge 'red noise' olarak adlandırılır. Bu çalışmada, basit Markov biçemi ısrar için gerekli olan üstel ilişkiyi gösteren yağış dizilerinin izgesi için, uygun 'sıfır' önsavı, Markov 'red noise' sürekliliği olarak kabul edilmiştir. Anlamsız bir pozitif $GA-1DI$ ya da basit Markov biçemi olmayan anlamlı bir pozitif $GA-1DI$ ve herhangi bir negatif $GA-1DI$ katsayısı ile tanımlanan diziler ise, 'white noise' sürekliliği olarak değerlendirilmiştir. Bir dizinin teorik izgesi olarak kabul edilen 'white noise' sürekliliğinin değeri, o dizi için kestirimi yapılan tüm dalga uzunlukları için aynıdır.

Dizilerdeki ısrar ve dönemsellik bileşenleri, güç izgesine göre basit bir yöntem olan korelogram (dizisel ilişki çizimi) ile de incelenmiştir. Bu, r -gecikme aralığının (r - GA 'nın) GA 'ya karşı çizimiyle oluşturulur. Çalışmada dönemsel bileşenler ile dizisel ilişki katsayıları arasındaki ilişkiyi görsel olarak da göstermek için, seçilen istasyonların güç izgesi ve dizisel ilişki çizimleri bir arada verilmiştir. Uzun



Şekil 2. Devamı.

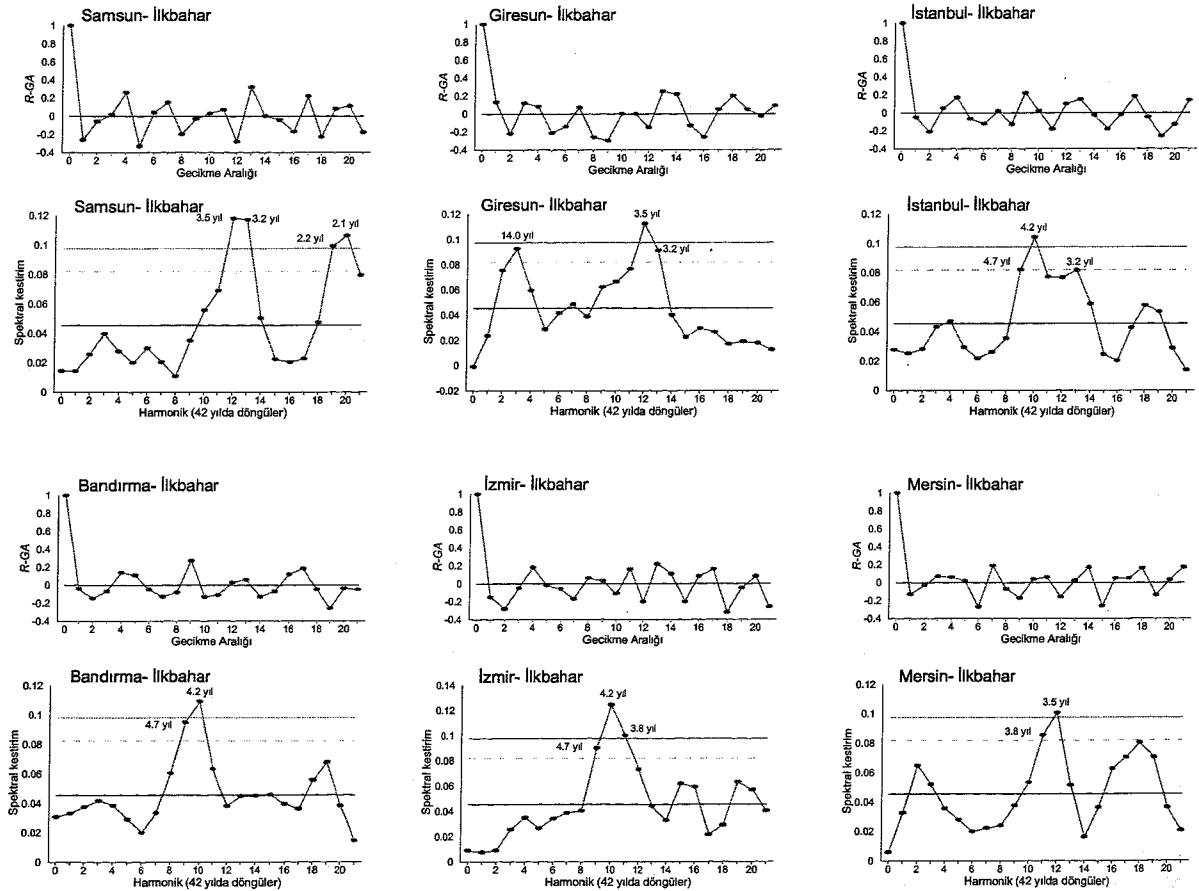
sürekli veriye sahip olan tam rasgele dizilerde, 0'dan büyük tüm GA 'larda $r-GA \approx 0$ 'dır (Shaw, 1988). Ancak, özellikle N büyük olmadığında, çoğunlukla 0'ın çevresinde değişen küçük $r-GA$ değerlerinden oluşan bir korelogram elde edilir. Gözlem değerleri arasında birkaç pozitif dizisel ilişki bulunan ikinci örnekte, güç izgesi Markov 'red noise' sürekliliği olan dizilerdeki izgesel kestirimlerin küçülmesine benzer bir biçimde, r_1, r_2, r_3, \dots vb. değerleri, $r_0=1$ 'den sonra küçülmeye başlar ve sonunda 0'a yakın değerlere ulaşır (Türkeş vd., 2002). Bu, bir Markov sürecinin (otoregresif sürecin) göstergesidir (Shaw,

1988). Üçüncü örnek, bir zaman dizisindeki, bir periyodik bileşeni temsil edebilen tam bir sinüs dalgasını içeren bir gözlem dizisinin korelogramıdır. $GA=0$ için $r-GA=1$ olmak üzere, kosinüs eğrisi korelogram boyunca her zaman biriminde ($T, 2T, 3T$) yinelenir. Bu nedenle, bir zaman dizisindeki dönemsellikler, o dizinin korelogramında düzenli döngüler ya da dalgalar olarak ortaya çıkar.

Çalışmada, 91 istasyonun tümü için ayrıntılı çizelgeler ve zaman dizisi çizimleri hazırlanmış olmasına karşın, burada seçilen 12 istasyonun kış ve ilkbahar zaman dizisi çizimleri verilebilmiştir. Güç izgesi sonuçlarının değerlendirilmesinde, çoğunlukla uzun süreli yağış dizileri ($N=62, 63$ ve 64 ve $m=21$) için $P=(2m/L)$ eşitliğiyle hesaplanan dönem değerleri temel alınmıştır.

Kış: KARD yağış bölgesinde genellikle 2, 2.1, 3 ve 3.2 yıllık kısa süreli döngüler egemenken, Marmara Geçiş (MARG) ve Akdeniz (AKD) yağış bölgelerinde genellikle 8.4, 12-12.7, 14, 18 ve 21 yıllık uzun dönemli dalgalanmalar egemendir (Şekil 2). Doğu Akdeniz'deki Mersin ve Adana istasyonlarında ise, 2.8 ve 3-3.2 yıllık kısa döngüler gözlenir. Karasal Akdeniz (KAKD) bölgesinin kış yağış değişimlerinde, genellikle 2.2-2.3 ve 3-3.2 yıllık kısa ve 12 yıllık uzun döngüler egemendir. Adıyaman, Mardin ve Gaziantep istasyonlarında ise, hem uzun dönemli dalgalanmalar hem de kısa süreli salınımlar gözlenir. Akdeniz Geçiş (AKDG) bölgesinde, çok tutarlı olarak 14 ve 21 yıllık uzun dönemli dalgalanmalar dikkat çekmektedir. Karasal İç Anadolu (KİAN) bölgesi, genellikle 3-3.2 yıllık kısa ve 6, 7, 8.4 yıllık orta süreli salınımlar gösteriyor. KDAN da, genellikle 3-3.2 ve 7-8 yıl dolayındaki döngülerle tanımlanıyor.

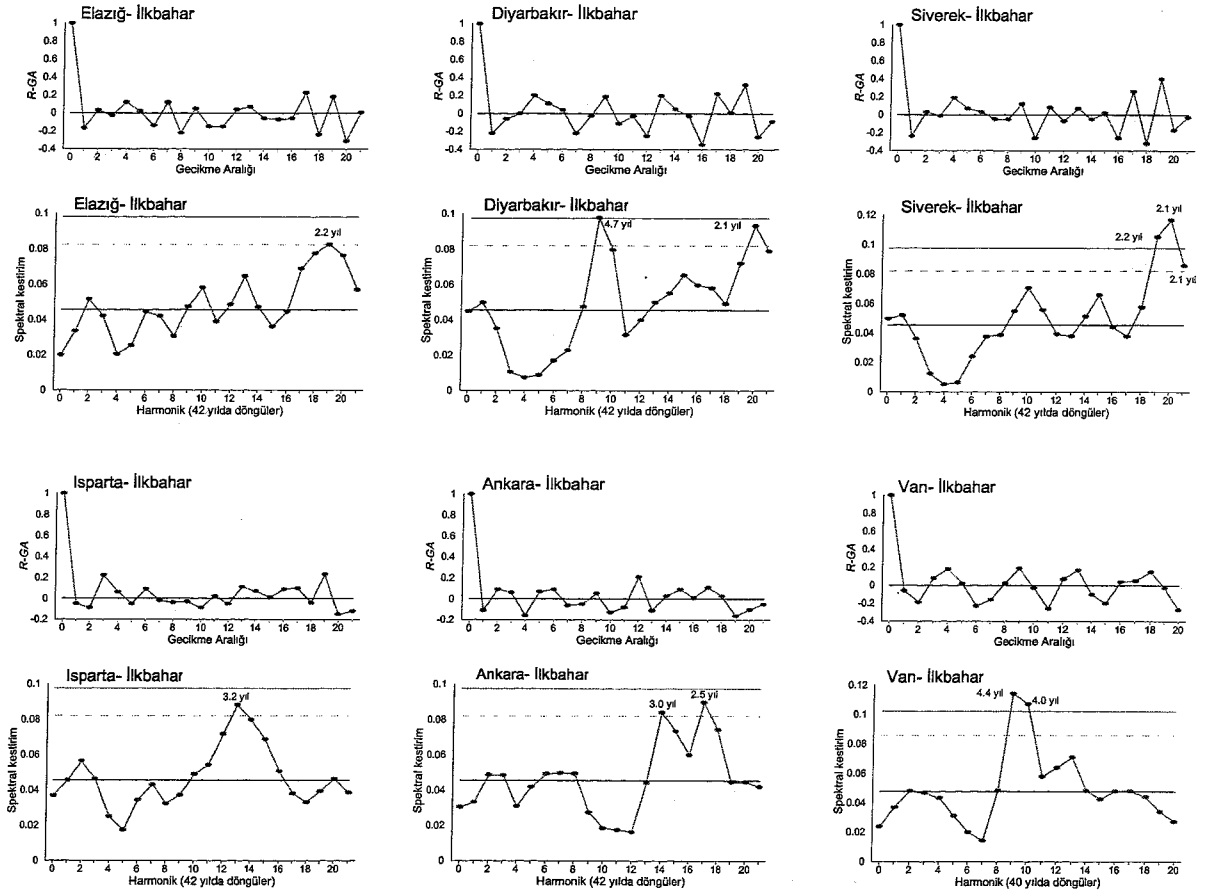
İlkbahar: İlkbaharda ise, tüm yağış rejimi bölgeleri için geçerli olmak üzere, yağış dizilerinin çoğundaki belirgin doruklar, dönem uzunlukları genellikle 2 (2.0, 2.1, 2.3), 3 (3.0, 3.2, 3.5), 4 (4.0, 4.2, 4.7, 4.8) ve 5 (5.1, 5.3, 5.4) yıl olan izgesel kuşakta yer almıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Şekil 2'deki gibi, ama ilkbahar yağışları için.

Yaz: Tüm istasyonlar birlikte değerlendirildiğinde, yaz yağışlarındaki değişimlerin, izgedeki değerlendirmeye alınan tüm dönemleri içerdiği görülmektedir. Bölgesel, yaz yağışlarındaki değişimlerin, KARD yağış bölgesinde genellikle kısa ve orta; MARG'de, 3-4 yıl dolayında kısa ve 6 yıllık orta; AKD'de, 2, 3 ve 4 yıl dolayında kısa ve birkaç istasyonda uzun; KAKD'de, özellikle 2 yıl dolayında kısa ve uzun süreli (dönemsellik açısından birkaç istasyon rasgele) ve AKDG'de kısa ve orta süreli döngülerle tanımlanır. KİAN yaz yağışları, kısa, orta ve uzun; KDAN yağışları ise, 2,3 ve 4 yıl dolayında kısa ve 5 yıl dolayında orta süreli döngüler sergiler.

Sonbahar: Yaz yağışları gibi sonbahar yağışları da, dönemsellik açısından izgedeki tüm dönemleri içerir. Bölgesel olarak, sonbahar yağışlarındaki dönemsellikler, KARD, MARG ve AKD yağış bölgelerinde genel olarak, 2, 3 ve 4 yıl dolayındaki kısa döngülerle açıklanır. Ayrıca, genellikle KAKD'de 2 yıllık kısa (yıl aşırı) ve uzun; AKDG'de orta ve uzun; KİAN'da hem 2 ve 4 yıl dolayında kısa hem de 8,4, 10,5, 14 ve 21 yıllık orta ve uzun; KDAN'da yıl aşırı döngüler tanımlayıcıdır. AKDG ve KDAN bölgelerindeki bazı istasyonların sonbahar yağışları ise, dönemsellik açısından rasgele bulunmuştur.



Şekil 3. Devamı.

Yıllık: İstasyonlar bir bütün halinde değerlendirildiğinde, yıllık yağışlardaki değişimlerin, genel olarak 5.3 ve 6 yıl dışındaki tüm döngüleri içerdiği bulunur. Bölgesel olarak, yıllık yağış değişimlerindeki dönemsellikleri, KARD yağış bölgesinde, 2.5 yıllık kısa, 8.4 yıllık orta ve daha uzun süreli; MARG'de 3 yıl dolayında kısa, 14, 19 ve 21 yıllık uzun; AKD'de 7 ve 8 yıl dolayında orta ve 9-

10, 12-14, 19-21 yıl dolayında uzun; KAKD'de, kısa, orta ve uzun; AKDG'de belirgin olarak 14 ve 21 yıllık uzun; KİAN'da 2-3 yıllık kısa, 8.4 yıl orta, 10.5, 14 ve 21 yıllık uzun ve KDAN'da 3-4 yıl dolayında kısa, 14 ve 21 yıllık uzun süreli döngüler temsil eder.

4.3. 500 hPa Jeopotansiyel Yükseklik Değişimleri ile Bağlantılar

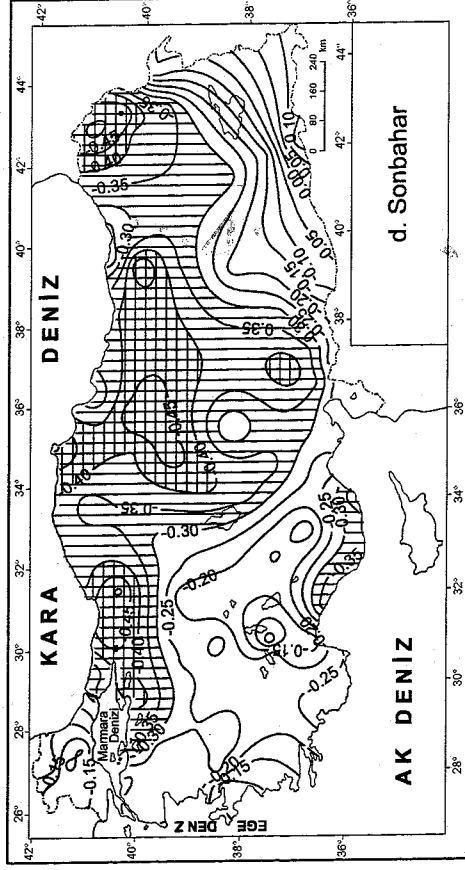
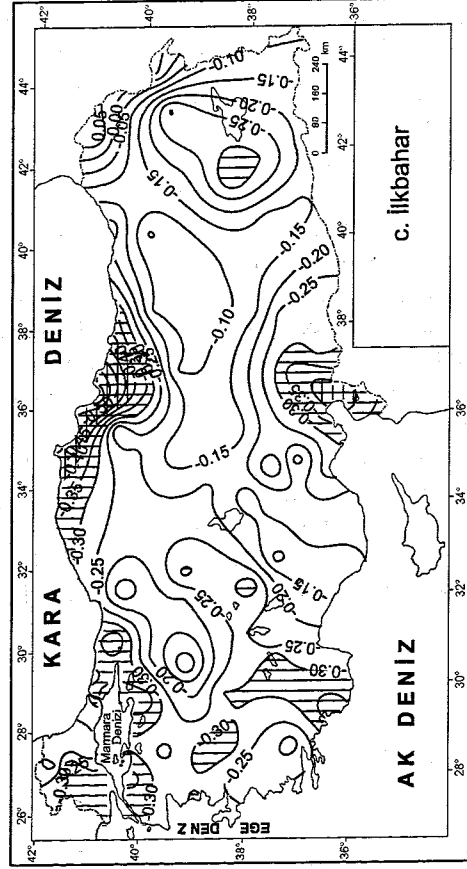
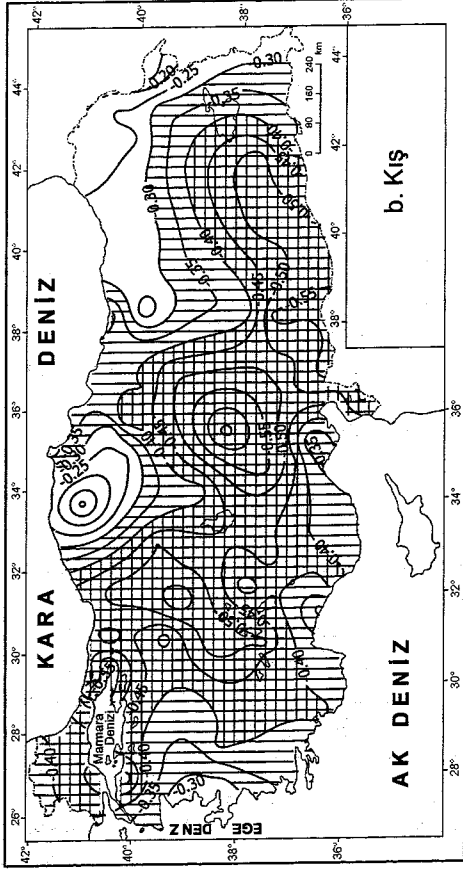
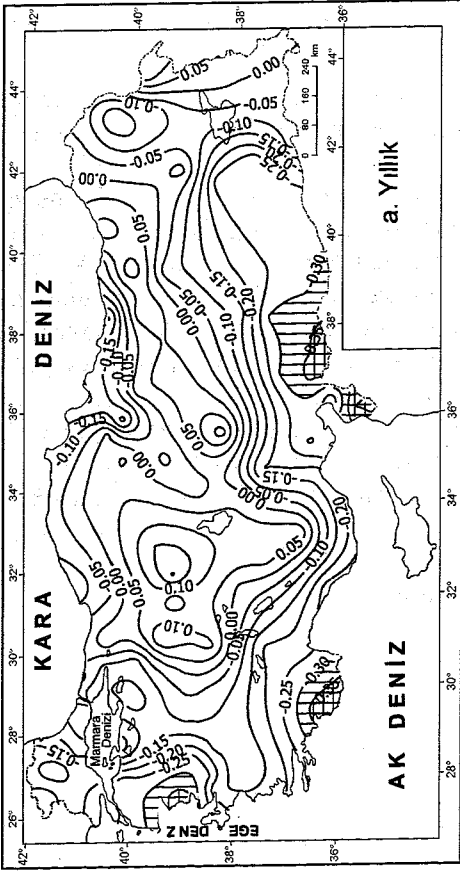
Bu bölümde, normalleştirilmiş yağış anomalisi dizileri ile 500 hPa jeopotansiyel yükseklik anomalisi dizileri arasındaki ilişkiler için, hem yıldan yıla değişimler hem de ısrarın ve dönemselliğin istatistiksel/klimatolojik karakteristikleri açısından bir değerlendirme yapılmıştır. Bu çerçevede, aşağıdaki tartışmaların amacı, İstanbul 500 hPa jeopotansiyel yükseklik düzeyindeki yıldan yıla ve uzun süreli değişim özelliklerinin, Türkiye yağışlarının ısrar ve dönemsellik bileşenleri konusundaki ana bulgularımız ile bağlantısını kurmaktır. Bu, Türkiye yağışlarının ısrar ve dönemsellik özelliklerinde gözlenen alansal ve zamansal farklılıklar açısından bazı fiziksel değerlendirmeler ve/ya da açıklamalar yapılmasını da kolaylaştırır.

4.3.1. 500 hPa jeopotansiyel yükseklik ile korelasyon

Yukarıdaki açıklamalar dikkate alınarak, önce yıllık ve -yaz dışında- mevsimlik normalleştirilmiş anomali dizileri için, 500 hPa jeopotansiyel yükseklik değişimleri ile yağış değişimleri arasındaki ilişkilerin doğası ve büyüklüğü incelenmiştir. Yaz mevsiminin çözümlemeden çıkarılması, hem orta enlem kaynaklı hem de kuzey Afrika ve Asya kökenli tropikal (örneğin, Muson alçağı) basınç sistemlerince kontrol edilen geniş ölçekli bölgesel iklimden (Akdeniz büyük iklim bölgesi) kaynaklanan yaz kuraklığının, Karadeniz kıyı kuşağı ve kuzeydoğu Anadolu bölümü dışında, bu mevsimde ülkenin büyük bir bölümünü etkilemesi yüzündendir. Yazın etkili olan bu atmosferik kontrol düzeneği, öteki mevsimlerde etkili olanlardan önemli düzeyde farklılık gösterir. Topografya, bakı ve karasallık vb. yerel ya da bölgesel fiziki coğrafya etmenleri ve bunlar ile bağlantılı meteorolojik olaylar (örneğin, yerel konvektif sağanaklar ve gök gürültülü fırtınalar, orografik yağışlar, vb.) da, yazın Türkiye üzerindeki bölgesel atmosferik kontrol düzeneklerinin gerçek etkilerini bastırır.

91 istasyonun yağışları ile İstanbul'un 500 hPa jeopotansiyel yükseklikleri arasındaki ilişki katsayılarının (*Pearson r*) coğrafi dağılışı desenlerini göstermek için, bir alan çözümlemesi yapılmıştır (Şekil 4.a-d). Bir harita programı yardımıyla çizilen alansal dağılışı haritalarındaki eş eğrilerin oluşturulmasında Kriging gridleme yöntemi kullanılmıştır.

Yıllık yağışlar ile 500 hPa jeopotansiyel yükseklikleri arasındaki negatif ilişki katsayıları, iyi tanımlanan ama kuvvetli olmayan bir alansal (coğrafi) ilişki gösterir (Şekil 4.a). İstatistiksel olarak anlamlı ilişki katsayıları ile tanımlanan bir alansal tutarlılık, AKD ve KAKD yağış rejimi bölgeleri üzerinde görülür. Kış yağışlarındaki yıldan yıla değişimler, 500 hPa jeopotansiyel yükseklik değişimleri ile çok yakından ilişkilidir (Şekil 4.b). Kış mevsimindeki anlamlı negatif ilişki katsayıları, yıl boyunca soğuk cephe sonrası hava olaylarının ve orografik yağış oluşumlarının egemen olduğu KARD yağış bölgesinin batı ve doğu bölümleri ile KDAN'ın doğu kenarı dışında, Türkiye'nin büyük bölümü üzerinde iyi tanımlanan bir alansal tutarlılık gösterir. 0.01 düzeyinde anlamlı ilişki katsayılarıyla tanımlanan tutarlı bölgeler, kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanan geniş bir kuşak boyunca gözlenir. İlkbahar yağışları, 500 hPa jeopotansiyel yükseklikleri ile çoğunlukla kuvvetli olmayan negatif bir ilişki sergiler. Anlamlı negatif ilişki katsayıları ile nitelenen istasyonlar, KARD, MARG ve AKD yağış bölgeleri ile kısmen KDAN ve KAKD bölgelerinde bulunur (Şekil 4.c). İlişki katsayıları, 0.01 anlamlılık düzeyi ile KARD'nin orta bölümünde daha kuvvetlidir. Sonbaharda ilişki katsayılarının Türkiye üzerindeki alansal dağılışı deseni, AKD kıyı bölümü dışında, belirgin bir tek yönlü kuşaklaşma ile tanımlanır. (Şekil 4.d). İlişki katsayıları, genellikle güneyden kuzeye doğru büyür ve KARD'nin batı bölümü ile KİAN ve KDAN'ın kuzeydoğu bölümlerinde 0.01 anlamlılık düzeyine ulaşır.



Şekil 4. İstanbul'un 500 hPa jeopotansiyel yükseklik dizileri ile Türkiye'deki 91 istasyonun yağış dizileri arasındaki ilişki katsayılarının alansal dağılış desenleri. Yatay tarama, 0.05 ve kareli tarama, 0.01 düzeyinde anlamlı ilişki katsayılarının bulunduğu alanları gösterir.

Anlamlı negatif ilişki katsayıları, esas olarak atmosferik karışıklıkların (örneğin, cephesel alçak basınçlar, yüksek seviye alçakları ve oluklar, vb.) etkisinde bulunan yağış oluşum alanlarının iyi bir göstergesi olarak düşünülebilir. Pozitif ve zayıf negatif ilişkiler ise, fiziki coğrafya etmenlerinin (örneğin, topoğrafya, bakı, karasallık, vb.) atmosferik koşullardan daha etkili, ya da en az onlar kadar etkin, olduğu alanlardaki yağış oluşumu koşullarının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir (Türkeş, 1998).

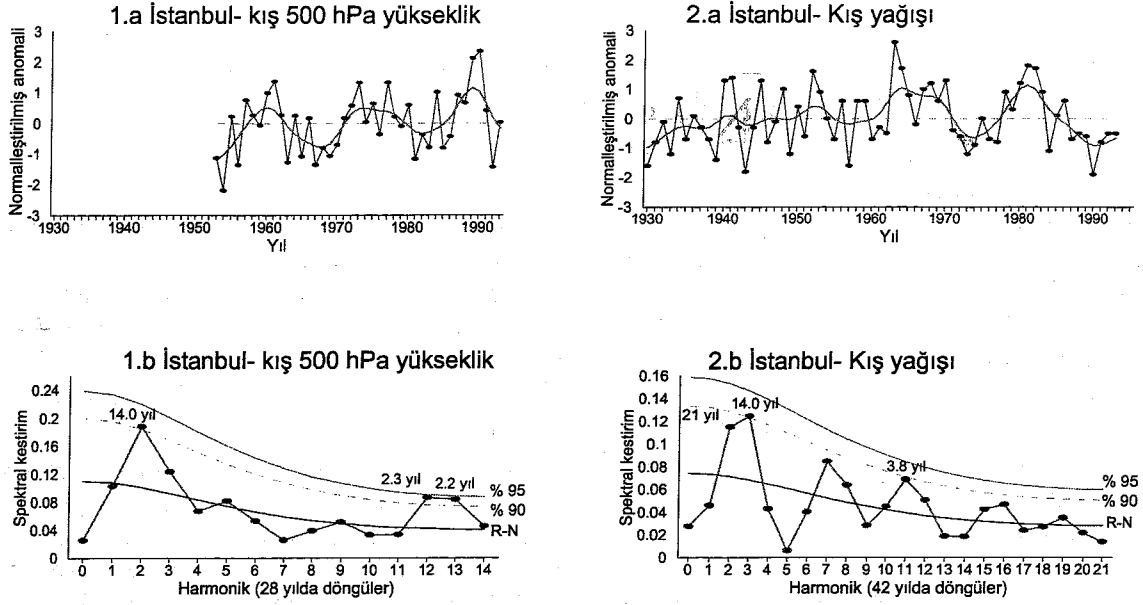
4.3.2. 500 hPa jeopotansiyel yüksekliklerin dönemselliği ile benzerlik

4.2. bölümünde de açıklandığı gibi, yağışların dönemselliğinde bölgeler arası farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin, kış yağış dizileri için MARG ve AKD yağış bölgelerinde uzun dönemli dalgalanmalar, KARD'de ise kısa süreli döngüler bulunmuştur. Ayrıca, yağış dizilerinin ısrar ve dönemsellik özelliklerinde mevsimler arası zıtlıklar vardır. Örneğin, kış ve ilkbahar yağış dizilerinin yıldan yıla değişebilirlik bileşenleri, birçok istasyonda önemli ölçüde farklıdır: kışın düşük sıklıklı dalgalanmalar belirgin iken, ilkbaharda, yüksek sıklıklı salınımlar egemendir. Türkiye'nin kış ve ilkbahar yağışlarının dönemsellikleri arasında gözlenen farklılıkları açıklayabilmek için, İstanbul 500 hPa jeopotansiyel yükseklik değerlerinin güç izgesi çözümlemesi gerçekleştirilmiştir.

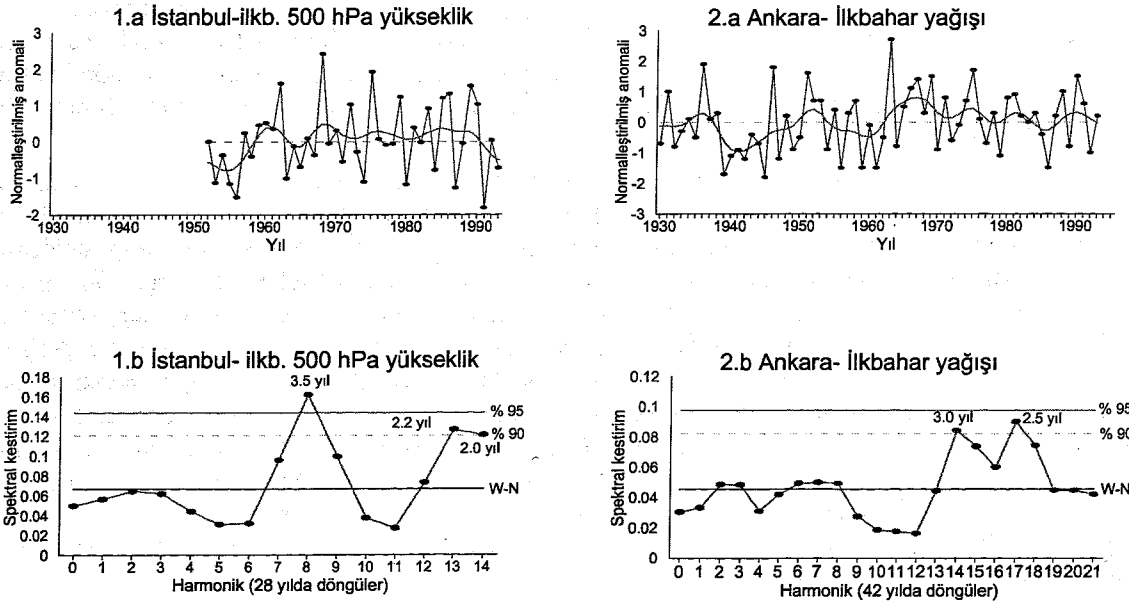
Atmosferik dönemsellik ile yağışın dönemselliği arasında görsel bir karşılaştırma yapmak, ya da aralarındaki benzerliği göstermek, amacıyla, İstanbul'un kış ve ilkbahar mevsimi jeopotansiyel yükseklik düzeylerinin yıllararası değişim ve güç izgesi çizimleri, İstanbul'un kış ve Ankara'nın ilkbahar yağış değişimleri ve güç izgesi çizimleri ile birlikte verilmiştir (Şekil 5 ve 6). Yağış ve jeopotansiyel yükseklik dizileri için bulunan döngü uzunlukları arasındaki küçük farklılıklar, jeopotansiyel yükseklik dizilerinin uzunluğunun yağış dizilerinininkinden daha kısa olması gerçeğinden kaynaklanır. Bu, ilkbahar dizileri için de geçerlidir.

$GA-1D\dot{I}$ katsayısı, kış 500 hPa jeopotansiyel yükseklik anomali dizisi için pozitif ve 0.01 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu anlamlı ısrar, büyük bir olasılıkla zaman dizisi çizimindeki yaklaşık 13-14 yıllık döngülerle tanımlanan belirgin düşük sıklıklı dalgalanmalar ile ilişkilidir (Şekil 5-1.a). İstanbul'un jeopotansiyel yükseklik ve yağış anomalisi dizilerinin 'sıfır' sürekliliği, 'red noise' olarak kabul edildi. 2.2-2.3 ve 14 yıllık döngülerle tanımlanan belirgin izgesel doruklar, 'red noise' sürekliliğinin 0.90 güven sınırını aşar (Şekil 5-1.b). 14 yıllık izgesel doruk, İstanbul kış yağış anomalisi dizisinin izgesinde de görülür (Şekil 5-2.b). Tüm istasyonların sonuçları birlikte ele alındığında, kış yağış dizilerindeki değişimler açısından, MARG ve AKD yağış bölgelerindeki istasyonlardaki yaklaşık 12-14 yıllık uzun döngülerin ve doğu AKD bölümü ile özellikle KARD'deki yaklaşık 2 yıllık döngülerin (Şekil 2), kış 500 hPa jeopotansiyel yükseklik değişimindeki yarı yıl aşırı ve 14 yıllık dönemsellikler ile bağlantılı olduğu görülür (Şekil 5).

İlkbahar 500 hPa jeopotansiyel yükseklik dizileri için hesaplanan 'sıfır' sürekliliği de, ilkbahar yağış dizilerinin çoğunda olduğu gibi, bir negatif $GA-1D\dot{I}$ katsayısıyla birlikte 'white noise'dir. İlkbahar jeopotansiyel yükseklik dizisi için hesaplanan ilkbahar izgesinin 'white noise' sürekliliği, değişim zaman dizisi çizimlerinde gözlenen yüksek yıldan yıla değişebilirliğin istatistiksel bir göstergesidir (Şekil 6-1.a). İlkbahar 500 hPa izgesindeki 2-2.2 ve 3.5 yıllık döngülerle nitelenen izgesel doruklar, sırasıyla 'white noise' sürekliliğinin, 0.90 ve 0.95 güven sınırlarına göre istatistiksel olarak anlamlıdır (Şekil 6-1.b). Jeopotansiyel yükseklik ile yağış dizilerinin dönemselliği arasındaki benzerlik, ilkbaharda da dikkat çekicidir. Ankara istasyonunun ilkbahar yağışlarının izgesindeki 2.5 ve 3 yıllık döngüler ile nitelenen belirgin salınımlar, 0.90 güven düzeyinde anlamlıdır (Şekil 6-2.a ve 6-2.b). Gerçekte, 2, 3 ve 4 yıllık döngüler ile tanımlanan kısa süreli salınımlar, çok sayıda ilkbahar yağış dizisinde açık olarak görülür (Şekil 3). Bu yüzden, ilkbahar yağışlarındaki kısa döngülü salınımların nedeni, yaklaşık 2 ve 3.5 yıllık hesaplanmış döngülerle tanımlanan 500 hPa jeopotansiyel yükseklik dizilerindeki gözlenen yüksek sıklıklı salınımlar ile açıklanabilir.



Şekil 5. 1.a ve 2.a) İstanbul'un kış 500 hPa jeopotansiyel yükseklik ve yağış dizilerindeki değişimler. Yıllararası değişimler 9-noktalı Gauss süzgeci (—) ile düzgünleştirilmiştir. 1.b ve 2.b) İstanbul'un kış 500 hPa jeopotansiyel yükseklik ve yağış dizilerinin güç izgesi. (—), 'red noise' (R-N) sürekliliğini; (- - - -) ve (—), R-N sürekliliğinin 0.90 ve 0.95 düzeyindeki güven sınırlarını gösterir.



Şekil 6. 1.a ve 2.a) İstanbul'un ilkbahar 500 hPa jeopotansiyel yükseklik ve Ankara'nın ilkbahar yağış dizilerindeki değişimler. Yıllararası değişimler 9-noktalı Gauss süzgeci (—) ile düzgünleştirilmiştir. 1.b ve 2.b) İstanbul'un 500 hPa jeopotansiyel yükseklik ve Ankara'nın yağış dizilerinin güç izgesi. (—), 'white noise' (W-N) sürekliliğini; (- - - -) ve (—), W-N sürekliliğinin 0.90 ve 0.95 düzeyindeki güven sınırlarını gösterir.

5. SONUÇLAR

1- Türkiye yağış dizilerinin ısrar ve dönemsellik karakteristiklerinde, belirgin bölgeler arası farklılıklar ve mevsimler arası zıtlıklar vardır.

2- Kış yağışları için hesaplanan $GA-1Dİ$ katsayıları, Karadeniz (KARD) yağış rejimi bölgesi dışındaki istasyonların çoğunda pozitiftir. Kış yağışlarının yıldan yıla değişebilirliğindeki ısrar, 31 istasyonda istatistiksel açıdan anlamlıdır. 11 istasyonun kış yağışlarında basit Markov biçemi ısrar bulunmuştur. 17 istasyonun yıllık yağışlarının değişimleri de anlamlı bir pozitif ilişki göstermiştir.

3- İlkbahar mevsiminde, istasyonların çok büyük bir bölümünün yıllar arası yağış değişebilirliği, negatif işaretli bir $GA-1Dİ$ katsayısı ile tanımlanır. Bunlardan 18'i istatistiksel açıdan anlamlıdır. Toplam 9 istasyonunki anlamlı olmak üzere, yaz yağışlarındaki değişimlerin bir bölümü pozitif, bir bölümü negatif $GA-1Dİ$ katsayıları ile açıklanır. Sonbahar yağışları da, hem pozitif hem de negatif $GA-1Dİ$ katsayılarına sahiptir ve 4 istasyonunkiler dışındaki tüm diziler, dizisel bağımlılığa karşı rasgeledir.

4- Kışın, KARD yağış bölgesinde genellikle 2, 2.1, 3 ve 3.2 yıllık kısa süreli döngüler egemenken, Marmara Geçiş (MARG) ve Akdeniz (AKD) yağış bölgelerinde, genellikle 8.4, 12-12.7, 14, 18 ve 21 yıllık uzun dönemli dalgalanmalar görülür. 2.2-2.3 ve 3-3.2 yıllık kısa ve 12 yıllık uzun döngüler, Karasal Akdeniz'de (KAKD) egemendir. Karasal İç Anadolu (KİAN) yağışları, 3-3.2 yıllık kısa süreli salınımlar ile 6, 7 ve 8.4 yıllık orta süreli dalgalanmalar gösterir. Karasal Doğu Anadolu'nun (KDAN) kış yağış değişimlerinde, yaklaşık 3-3.2 ve 7-8 yıllık döngüler bulunur.

5- İlkbahar yağış dizilerindeki belirgin doruklar, tüm yağış rejimi bölgelerinde geçerli olmak üzere, genellikle yaklaşık 2 (2.0, 2.1, 2.3), 3 (3.0, 3.2, 3.5), 4 (4.0, 4.2, 4.7, 4.8) ve 5 (5.1, 5.3, 5.4) yıllık döngülerin bulunduğu izgesel bantta (kuşakta) egemendir.

6- Yaz yağışlarındaki değişimler, KARD yağış bölgesinde genellikle kısa ve orta; MARG'de 3-4 ve 6 yıl dolayında; AKD'de çoğu istasyonda 2, 3 ve 4 yıl dolayında kısa ve bazı istasyonlarda uzun; KAKD'de özellikle 2 yıl dolayında kısa ve uzun süreli; Akdeniz Geçiş'te (AKDG) kısa ve orta süreli döngülerle tanımlanır. Yaz mevsimi yağış değişimleri, KİAN'da, kısa, orta ve uzun süreli; KDAN'da ise, 2, 3, 4 ve 5 yıl dolayında döngüler sergiler.

7- Sonbahar yağışlarındaki dönemsellikler, KARD, MARG ve AKD yağış bölgelerinde genel olarak, 2, 3 ve 4 yıl dolayındaki kısa döngülerle açıklanmaktadır. Ayrıca, KAKD'de 2 yıllık kısa (yıl aşırı) ve uzun; AKDG'de orta ve uzun; KİAN'da 2 ve 4 yıl dolayında kısa, 8.4, 10.5, 14 ve 21 yıllık orta ve uzun ve KDAN'da 2 yıllık kısa döngüler genellikle tanımlayıcıdır.

8- İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, birçok istasyonun yıldan yıla yağış değişebilirliğinin, dönemselliği 2 yıl ve 2 yıldan biraz uzun (yaklaşık ya da yarı yıl aşırı) olan yüksek sıklıklı salınımlar sergilemesi dikkat çekicidir.

9- Güç izgesi ile dizisel ilişki çözümlemesinin sonuçları arasında, iyi bir uyum vardır: Sınama örneklemdeğeri 0.05 düzeyinde anlamlı ya da buna yakın düzeyde olan pozitif $GA-1Dİ$ katsayısına sahip yağış dizileri, genellikle döngü değerleri büyük olan dönemsellikler gösterirken, herhangi bir negatif dizisel ilişkiye ya da 0'a yakın bir pozitif dizisel ilişkiye sahip olan diziler, kısa süreli salınımlar sergilemektedir. İstatistiksel açıdan anlamlı bir negatif $GA-1Dİ$ katsayısına sahip olan yağış dizilerinin izgelerinde ise, dalga uzunlukları genellikle tam yıl aşırı ya da yarı yıl aşırı döngülerle kendisini gösteren izgesel doruklar egemendir.

10- Türkiye'deki 91 istasyonun kış, ilkbahar ve sonbahar yağış anomalisi dizilerindeki yıldan yıla değişimler, Göztepe istasyonunun 500 hPa jeopotansiyel yükseklik anomalileri ile yakından bağlantılıdır. Kışın, istatistiksel açıdan 0.01 düzeyinde anlamlı negatif ilişki katsayıları (*Pearson r*), Türkiye'nin büyük bölümünde belirgin bir alansal tutarlılık sergiler. İlkbaharda, anlamlı negatif ilişki katsayılarıyla nitelenen tutarlı alanlar, esas olarak KARD, MARG ve AKD yağış bölgeleri üzerinde egemendir. Sonbaharda, anlamlı negatif ilişki katsayılarının coğrafi dağılışı deseni, Anadolu'nun orta-güneybatı ve güneydoğu bölümler dışında, belirgin bir alansal tutarlılık gösterir. İstatistiksel açıdan 0.01 düzeyinde anlamlı negatif ilişki katsayılarıyla tanımlanan tutarlı bölgeler, KARD'nin batı bölümü ile KİAN ve KDAN'ın kuzeydoğu bölümlerini kaplar.

11- Türkiye'nin yüksek atmosfer basınç düzeyi koşullarında, kışın düşük sıklıklı dalgalanmalar, ilkbaharda ise yüksek sıklıklı salınımlar egemen değişim biçimidir. Göztepe kış 500 hPa jeopotansiyel yükseklik anomalisinin güç izgesindeki 2.2-2.3 ve 14 yıllık döngülerle tanımlanan belirgin izgesel doruklar, 'red noise' sürekliliğinin 0.90 güven sınırını aşar. İlkbahar 500 hPa izgesindeki 2-2.2 ve 3.5 yıllık döngülerle tanımlanan izgesel doruklar, 'white noise' sürekliliğinin sırasıyla 0.90 ve 0.95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

12- Kışın, MARG ve AKD yağış bölgelerinin yağışlarındaki yaklaşık 12-14 yıl uzunluğundaki döngüler ile AKD'nin doğu bölümünde ve özellikle KARD'deki yaklaşık 2 yıllık döngüler, 500 hPa jeopotansiyel yükseklik dizilerindeki yaklaşık yıl aşırı ve 14 yıl uzunluğundaki döngüler ile ilişkilidir.

13- 500 hPa jeopotansiyel yükseklik anomalisi ile yağış anomalisi dizilerinin dönemselliği arasındaki benzerlik, ilkbaharda da dikkat çekicidir. Yaklaşık 2, 3 ve 4 yıllık döngülerle nitelenen kısa süreli salınımlar, çok sayıda ilkbahar yağış dizisinde belirgindir. Bu yüzden, ilkbahar yağış dizilerindeki yıl aşırı, yaklaşık yıl aşırı ve öteki kısa süreli döngüler, yaklaşık 2 ve 3.5 yıllık hesaplanmış döngülerle tanımlanan 500 hPa jeopotansiyel yüksekliklerinde gözlenen yüksek sıklıklı salınımlar ile açıklanabilir. İlkbaharda yağış oluşumu açısından yerel atmosferik süreçler de etkili olmaya başlamasına karşın, bu mevsimde yüksek atmosfer düzeyi koşullarında egemen olan ve kısa süreli dönemsellikle nitelenen düşük sıklıklı salınımlar, ilkbahar yağışlarına düşük sıklıklı salınımlar biçiminde yansımıştır. Bu, günlük yaşamdan ve sinoptik hava tiplerinden bildiğimiz gibi, ilkbaharda hava oldukça değişken olduğu için, Türkiye'deki hava koşulları açısından da doğrudur.

14- Türkeş (1998) ve Kutiel vd. (2001) ile bu çalışmada elde edilen bulguların da gösterdiği gibi, Türkiye yağışlarının, bölgesel basınç merkezlerinin konumu, salınımı ve etkinliği ile yakından ilişkili olması nedeniyle, özellikle kış, ilkbahar ve sonbahara ilişkin sonuçlarımız, atmosferik değişimler ve kontrol düzenekleri açısından anlamlı ve doğrulanabilir niteliktedir. Bu yüzden, Türkiye yağışlarının belirgin ısrar ve dönemsellik özelliklerinin, Türkiye için yapılacak olan mevsimlik yağış öngörülleri ve model çalışmaları ile her türlü iklim planlamasında ve kuraklık yönetimini de içeren su kaynakları yönetimi çalışmalarında dikkate alınmasını öneriyoruz.

KAYNAKLAR

- Blackman RB, Tukey JW. 1958. The Measurement of Power Spectra. Dover Publications, New York.
- Jenkins GM, Watts DG. 1968. Spectral Analysis and its Applications. Holden-Day, San Francisco.
- Julian PR. 1967. Variance spectrum analysis. *Water Resources Research* 3: 831-845.
- Kozuchowski KM. 1993. Variations of hemispheric zonal index since 1899 and its relationships with air temperature. *International Journal of Climatology* 13: 853-864.
- Kutiel H, Hirsch-Eshkol TR, Türkeş M. 2001. Sea level pressure patterns associated with dry or wet monthly rainfall conditions in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology* 69: 39-67.
- Mächel H, Kapala A and Flohn H. 1998. Behaviour of the centres of action above the Atlantic since 1881. Part I: characteristics of seasonal and interannual variability. *International Journal of Climatology* 18: 1-22.
- Maheras P, Xoplaki E and Kutiel H. 1999. Wet and dry monthly anomalies across the Mediterranean basin and their relationship with circulation, 1860-1990. *Theoretical and Applied Climatology* 64: 189-199.
- Matalas NC. 1967. Time series analysis. *Water Resources Research* 3: 817-829.
- Shaw EM. 1988. Hydrology in Practice. VNR International Co. Ltd., London.
- Tukey JW. 1950. The sampling theory of power spectrum estimates. In: Symposium on Applications of Autocorrelation Analysis to Physical Problems, US Office of Naval Research, NAVEXOS-P-735, Washington, DC, p 47-67.
- Türkeş M. 1995. Türkiye'de yıllık ve mevsimlik yağış verilerindeki eğilimler ve dalgalanmalar. Türkiye Ulusal Jeodezi-Jeofizik Birliği (TUJJB) Bilimsel Kongresi Bildiriler Kitabı, 694-706, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- 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 Science* 23: 363-380.
- Türkeş M, Sümer UM, Çetiner G. 2001. Türkiye yağışlarında ısrar ve dönemsellik. İstatistik Araştırma Sempozyumu 2000 Bildiriler Kitabı, 112-129. Devlet İstatistik Enstitüsü, Türk İstatistik Derneği ve İstatistik Mezunları Derneği, 27-29 Kasım, 2000, Ankara.
- Türkeş M, Sümer UM, Kılıç G. 2002. Persistence and periodicity in the precipitation series of Turkey and associations with 500 hPa geopotential heights. *Climate Research*. 21: 59-81.
- WMO. 1966. Climatic Change. WMO Technical Note, 79, World Meteorological Organization (WMO), Geneva.
- Xoplaki E, Luterbacher J, Burkard R, Patrikas I and Maheras P. 2000. Connecting between the large-scale 500 hPa geopotential height fields and precipitation over Greece during wintertime. *Climate Research* 14: 129-146.