



TÜRKİYE'DE RÜZGÂR HIZI VERİLERİNİN HOMOJENLEŞTİRİLMESİ VE EĞİLİMLERİ

HOMOGENIZATIONS AND TRENDS ANALYSIS OF WIND SPEEDS DATA IN TURKEY

Erkan YILMAZ

Doç. Dr., Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, erylilmaz@ankara.edu.tr

Öz

Küresel iklim değişimi kapsamında iklim parametreleri değişmekte, rüzgâr da bu parametreler içerisinde, özellikle Türkiye literatüründe az çalışılan konular arasında yer almaktadır. Dünya'da orta enlem karaları üzerinde rüzgâr hızı (RH) azalmaları, yüksek enlemlerde karalanyla okyanus ve deniz yüzeylerinde RH artışları görülmektedir. Türkiye'de ham verilerle yapılan çalışmalarda genel olarak RH azalmaları, Doğu Karadeniz-Güneydoğu çevresinde ise RH artışları belirlenmiştir. Bu çalışmada, verilerin homojenlik testleri yapılmış, kırılma bulunan RH zaman serileri belli kurallara göre düzeltilerek homojen hale getirilmiştir. Homojen verilerle Türkiye'deki RH rejimleri ile eğilimler belirlenmiş, eğilimlerdeki benzerlik dönemleri göz önüne alınarak, RH eğilim rejimleri ortaya koyulmuş, yıl içindeki rüzgâr genliklerindeki eğilimler incelenmiştir. Bu analizlere göre, Türkiye'de tek zirveli, çift zirveli ve düzenli tip RH rejimleri bulunmaktadır. Yıllık ortalama RH, Akdeniz Bölgesi ve Batı Karadeniz ile Marmara Bölgesi doğusunda azalmaktadır. Kış mevsiminde Türkiye'nin batı yarısında, baharda İç Anadolu Bölgesi ve çevresinde, yazın Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Adana Bölümü doğu yarısı, Kuzeydoğu Anadolu ve güney Ege kıyılarında, güz mevsiminde ise Türkiye genelinde RH azalmaları belirlenmiştir. Aylık RH eğilimlerine göre Türkiye'de, baharda azalan, baharda artan, günde artan, sıcak dönemde artan, soğuk dönemde artan, baharda-günde artan ve yılboyu azalan tip olmak üzere 7 farklı RH eğilim rejimi bulunmaktadır. Ayrıca Türkiye genelinde, yıl içindeki RH genlikleri azalmaktadır.

Abstract

Climate parameters changes during time, including wind being one of the least researched fields in Turkey. Globally, the wind speeds (WS) decrease in the mid-latitude lands and increase on high-latitude, and the ocean and sea surfaces. According to the studies with raw data in Turkey, there is a decreasing trend in WS, and it increases around Eastern Black Sea and Southeastern Anatolia. In this study, WS data homogeneity tests were made, and break points in WS time series were determined, corrected and homogenized. The current WS regimes and trends in Turkey were identified. Considering the similarity periods, WS trend regimes were presented, and wind amplitudes trends were examined. According to analysis, there are the single-peak, double-peak, and regular type of WS regimes in Turkey. The annual WS decreases in the Mediterranean, Western Black Sea, and Marmara regions. Decreasing WS trends were determined western Turkey in the winter; Central Anatolia and surroundings in the spring; Southeastern Anatolia, Eastern Adana, Northeast Anatolia, and Southern Aegean in the summer; and countrywide in the fall. There are 7 monthly WS trend regimes; increasing in spring, autumn, the hot period, the cold period, spring-fall; decreasing in spring, or yearly. WS amplitudes decrease in general.

Makale Bilgisi

Gönderildiği tarih: 1 Mart 2021

Kabul edildiği tarih: 23 Nisan 2021

Yayınlanma tarihi: 24 Haziran 2021

Article Info

Date submitted: 1 March 2021

Date accepted: 23 April 2021

Date published: 24 June 2021

Anahtar sözcükler

Rüzgâr Hızı Eğilimleri; İklim Değişimi; Rüzgâr Hızı Verilerinin Homojenleştirilmesi; Türkiye

Keywords

Wind Speed Trends; Climate Change; Homogenization of Wind Speed Data; Turkey

DOI: 10.33171/dtcjournal.2021.61.1.8

1. Giriş

Dünyada, orta enlem karaları yüzeyindeki yer rüzgârı hızlarında düşüşler görülmekte ve bu durum, karalardaki küresel durgunluk (KKD, global terrestrial stilling) olarak tanımlanmaktadır. Ormanlaştırmanın pürüzlülüğü artırarak rüzgâr hızı (RH) azalmalarına neden olabileceği bilinse de bu etki sadece Avrupa'daki istasyonların bir kısmı için doğrulanabilmiştir. Eğilim analizleri, Orta Asya ve Kuzey Amerika'da şiddetli Avrupa, Doğu ve Güney Asya'da ise önemli RH azalmaları olduğunu göstermekte, Avustralya'daki azalmaların daha düşük olduğu

anlaşılmaktadır (Wu ve diğerleri 2070). Yapılandırılmış karelej verilerinin analizleri (reanalysis grid data) de okyanus yüzeylelerinde rüzgâr hızının arttığını, karalarda ise azaldığını göstermekte, bu değişim atmosferik sirkülasyonlardaki değişimlere bağlanmaktadır (Torralba, Doblas-Reyes ve Gonzalez-Reviriego 8). Okyanuslardaki rüzgâr hızları 1988-2011 yılları arasında anlamlı bir şekilde artmış (Zheng, Pan ve Li 15), verilerin kalibre edilmesiyle yapılan başka bir çalışmada da rüzgâr hızlarının arttığı, bu artışın ekvator çevresi ile güney yarıkürede daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Young ve diğerleri 452). Benzer sonuçlar Line ve Oey (781-783) tarafından da ortaya koyulmuştur.

Akdeniz çevresinde yapılan eğilim analizleri hem artma hem de azalma eğilimlerinin bulunduğunu göstermektedir. Kuzey Avrupa'da 1990'lı yıllardan sonra görülen rüzgâr hızı azalmaları devam etmektedir (Thomas, Cox ve Tindal 4986). Çekya'da homojen haline getirilen 119 istasyon verisinde de azalma eğilimi belirlenmiştir (Zahradníček ve diğerleri 248). İtalya kıyılarında yapılan rüzgâr hızı eğilimi sonuçlarına göre, 1970'lere kadar durağan seyreden rüzgâr hızları bu dönemden sonra artma eğilimi göstermiştir (Pirazzoli ve Tomasin 972). İtalya güneyinde, kıyı istasyonlarındaki rüzgâr hızı analizleri, hem artma hem de azalma eğilimlerinin bulunduğunu göstermiştir (Liuzzo, Viola ve Noto 60). İspanya ve Portekiz'de ise kış ve bahar döneminde azalan rüzgâr hızları, yaz ve güz mevsimlerinde genel olarak artma eğilimi göstermektedir (Azorin-Molina ve diğerleri "Homogenization and assessment of observed..."). İsviçre'de 1956-2013 yılları arasında hem yıllık hem de mevsimlik ortalama rüzgâr hızlarının azalma eğiliminde olduğu, bu azalmanın 1978-2008 yılları arasında daha şiddetlendiği buna rağmen ülkenin kuzeyinde KKD'ye ters olarak RH artan istasyonların da bulunduğu görülmektedir (Minola, Azorin-Molina ve Chen 7397).

Suudi Arabistan'da, 1978-2013 yılları arası dönem için incelenen 19 istasyonun, kış ve bahardaki azalma eğilimlerinin yaz ve güne göre daha şiddetli olduğu, yaz mevsiminde bazı istasyonlarda artma eğilimlerinin de bulunduğu belirlenmiştir (Azorin-Molina ve diğerleri, "Recent trends in wind..."). Aylık maksimum rüzgâr hızlarının, İran'ın büyük bir bölümünde 1951-2015 yılları arasında arttığı görülmüş (Ghaedi 521) buna rağmen İsfahan ilinde yıllık ortalama rüzgâr hızlarının azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiş, bunun rüzgâr enerjisi üretimi açısından olumsuz bir durum oluşturduğu ifade edilmiştir (Rahimzadeh ve diğerleri 198).

Rüzgâr hızlarındaki eğilimlerin, ölçüm yöntem ve hesaplamalarından (manuel istasyonlarda 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerinde ölçüme karşın, otomatik istasyonlarda 24 saatlik verilerin kullanılması) kaynaklanabileceği düşünülse de bu etkinin hesap edildiği yerlerde ihmal edilebilir bir orana sahip olduğu belirlenmiştir (Azorin-Molina ve diğerleri, “Assessing the impact of measurement...”).

Orta enlemlerde yer alması nedeniyle Türkiye hem tropikal hem de polar hava kütlelerinin etkisi altındadır (Erinç 129). Genel olarak yaz ve kış olmak üzere iki hava tipi hâkim olmasına rağmen (Akyol 4) Türkiye, farklı hava kütleleri etkisi altında kalmakta, bu hava kütlelerinin Türkiye’yi etkileme oranları her mevsimde değişmektedir. Soğuk dönemde daha da daraltıldığında kış mevsiminde, Anadolu karası soğumakta, ya Sibirya Termik basıncının bir uzantısı halinde yüksek basınç sahası haline gelmekte ya da Azor yüksek basıncından etkilenecek gündüzleri serin geceleri ise açık gökyüzü koşulları nedeniyle soğumaya maruz kalmaktadır. Türkiye’de rüzgâr yönleri mevsimsel olarak değişmekte, kış döneminde rüzgârlar serin karalardan sıcak denizlere doğru esmekte, rüzgâr hızları bahar ve güz döneminde zayıflamakta, hâkim rüzgâr yönleri topografik koşullardan etkilemektedir (Sahin ve Türkes 347–349). Kış döneminde daha fazla ısınmaya başlayan Sibirya ve çevresinde (IPCC 60) termik yüksek basınç etkisinin azalması beklenmekte, rüzgâr hızlarının da düşmesi öngörülebilmektedir.

Küresel ölçekte hazırlanan yapılandırılmış veri setleriyle yapılan analizlerde, Türkiye ve çevresinde yıllık ortalama rüzgâr hızlarının arttığı ya da belirgin bir eğilim göstermediği belirlenmiştir (Wohland ve diğerleri 1934). Türkiye’nin kuzey yarısı için ERA (ECMWF- Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi tarafından üretilen veri) ve CFSR (Climate forecast system reanalysis- İklim tahmin sistemi Yapılandırılmış veri seti) verileri kullanılarak, 1979-2019 yılları arasında aylık rüzgâr hızı eğilimleri belirlenmiş, CFSR verilerine göre denizler ve kıyı bölgelerinde RH artışı, diğer sahalarda RH azalmaları, ERA verilerine göre ise Karadeniz doğusu ile batısı arasında aylar arasında değişen eğilimler görülmüş, doğuda artış belirlendiğinde batıda azalma, batıda artış olduğunda ise doğuda azalmalar yaşandığı belirlenmiştir. Bu eğilimlerin Kuzey Atlantik salınımı ile ilişkili olduğu görülmüştür (Çarpar ve diğerleri 3035). Başka bir çalışmada (Dadaser-Çelik ve Cengiz) hem şehirselleşmiş hem de kırsal özelliklere sahip 206 istasyonun 1975-2006 yılları arasında rüzgâr hızı eğilimleri Mann-Kendall ve Sen’in eğim analizi ile incelenmiş ve istasyonların büyük çoğunluğunda yıllık ortalama rüzgâr hızının azaldığı, kış dönemindeki azalmanın daha fazla olduğu anlaşılmıştır. Çalışmada, aylık, mevsimlik ve yıllık ortalama rüzgâr

hızı eğilimleri birbirine oldukça benzerdir. Türkiye her mevsim farklı hava kütlelerinden etkilenmekte, etkilenme oranları bölgelere göre farklılık göstermektedir. Aynı şekilde Türkiye'deki şehirleşme dinamikleri de bölgelere göre farklılık göstermekte, özellikle kırsal alanlardaki istasyon rüzgâr hızları sürtünme (pürüzlülük) kaynaklı rüzgâr hızı azalmalarından fazla etkilenmemektedir. Şehir ısı adaları, genel olarak sıcak-kurak dönemde etkin olmakta, Türkiye için bu dönem yazıya denk gelmektedir. Her şehir aynı oranda şehirleşme etkisi göstermediği için yaz mevsimi rüzgârlarının kış döneminden farklı bir eğilim paterni göstermesi gerekmektedir.

Rüzgâr, barametrik gradyan nedeni ile doğmakta ve rüzgâr hızı ise gradyan değeri ile doğru orantılı olarak düşmekte ve yükselmektedir (Erol 116-117). Yüksek basınç (YB) alanından alçak basınç (AB) alanına doğru, koryolisten etkilenerek esen rüzgârın hızındaki değişim, sadece YB ya da AB alanlarındaki basınç değerinin değişmesiyle olabileceği gibi, her ikisindeki değişim ile mümkün olabilmektedir. Aynı şekilde, basınç merkezlerinin konumlarındaki değişim (yer değiştirme, birbirine yakınlaşma-uzaklaşma) da rüzgâr hızında değişiklik oluşturabilmektedir. Rüzgâr hızı ve sapmalar, enleme göre de değişmektedir. Sürtünme, özellikle yer rüzgârlarındaki rüzgâr yönüne ters yönde bir güç uyguladığı için rüzgâr hızını etkilemekte (Türkeş; Erol 120), sürtünmenin artması rüzgâr hızında düşümlere neden olmaktadır. Şehirleşme, şehir kanyonları oluşturmakta, rüzgârın kanalize olmasına neden olmakta, şehirsal alanlarda pürüzlülük artmakta ve rüzgâr hızında değişiklikler oluşturmaktadır.

Rüzgâr, canlı konforunu etkilemekte, düşük sıcaklıklarda rüzgâr hızı artışı insan için olumsuz etki oluştururken, yüksek sıcaklıklarda rüzgâr hızı artışı termal konforu daha olumlu hale getirmektedir (Hou 5). RH değişimi, polen taşınımını da etkilemektedir (Frenz 393; Hart, Wentworth ve Bailey 103). Polen ve tohum taşıyarak bitki döllenmesini ve gelişimini etkileyen rüzgârdaki değişim, biyolojik çeşitlilik açısından kilit bir rol oynamaktadır. Temiz enerji kaynağı olarak da kullanılan rüzgâr, beşeri ve ekonomik anlamda önemli bir kaynak durumundadır (Akova 2). RH artışı, enerji maliyetini ucuzlatmaktadır (Yılmaz, Aras ve Çelik 13). Bu kaynağın potansiyeli, RH eğilimlerinden etkilenmektedir. RH, buharlaşmayı da etkilemekte, buharlaşma eğilimlerinde etkin bir rol oynamaktadır (Roderick ve diğerleri 1; McVicar ve diğerleri 183). Rüzgâr hızı, hava kalitesi içinde önemli bir etkidir. Rüzgâr hızının artması ve yönündeki değişiklikler kirliliği azaltıcı rol oynamaktadır (Kim ve diğerleri 1024). Bu

nedenle rüzgâr hızındaki değişimler önemli çevresel, ekolojik, beşerî etkiler oluşturabilmektedir.

Yukarıda belirtildiği gibi, Türkiye için RH eğilimleri hakkında çalışmalar yapılmış, bunların bir kısmı küresel ölçekte olduğu için yeterli ayrıntı içermemiş, bir kısmı ise ham verilerin analizleri ile oluşturulmuştur. Eğilimler sadece 1975-2006 arası dönem için çalışılmış, daha önceki ve sonraki eğilim bilgileri yeterince araştırılmamıştır. Yapılan çalışmalarda ise rüzgâr hızlarındaki homojenlik araştırılmamıştır. Bu çalışmada,

a) Türkiye'deki RH verileri homojen midir? Homojen olmayan veri setlerindeki kırılmalar hangi dönemlerde yoğunlaşmaktadır? (Bu soru çalışmanın temelini oluşturmakta ve çalışma verisini kullanılabilirliğini etkilemektedir. Bu nedenle bu soruya ait tartışma ve bulgular, çalışmanın yöntem kısmında, veri homojenleştirme işlemi başlığı altında verilmiştir.)

b) Türkiye'de kaç RH rejimi bulunmaktadır? Bu rejimler Türkiye'nin nerelerinde hâkimdir?

c) 1959-1988, 1989-2018 ve 1959-2018 yılları arasında, yıllık, mevsimlik ve aylık ortalama rüzgâr hızlarında belirgin eğilimler bulunmakta mıdır? Bu eğilimler Türkiye'nin nerelerinde istatistiksel olarak anlamlıdır?

d) Türkiye'de benzer RH eğilimleri elde edilmek istendiğinde kaç grup istasyon bulunmakta, kaç rüzgâr hızı eğilim rejimi oluşmaktadır?

e) Türkiye'de yıl içindeki rüzgâr genlikleri değişmekte midir?

Soruları üzerine yoğunlaşmış, elde edilen bulgular literatür ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

2. Veri ve Yöntem

2.1. Veri ve Kullanılan Meteoroloji İstasyonları

Çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'den elde edilen, meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama RH verileri kullanılmış, 1926:01-2018:12 ayları arasındaki dönem için veriler değerlendirilmiş, verilerin aynı uzunlukta olmadıkları, veri eksiklerinin bulunduğu görülmüştür. Envanter analizi sonucunda, 214 meteoroloji istasyonunun (Şekil 1) 44 ile 92 yıllık verilerinin olduğu, bunlar içerisinde 60 yıl ve üzeri verisi bulunan 113 istasyon olduğu görülmüştür. 60 yıllık verisi bulunan 113 istasyonun verileri değerlendirilmiş, Ceyhan ve (17960) ve Çerkeş (17646) istasyonlarının %5'ten daha fazla eksik veri oranına sahip olduğu anlaşılmış

ve inceleme dışında tutulmuş (Schafer 7), istasyon sayısı 111 olarak belirlenmiştir. Kullanılan istasyonların veri eksiklik oranı %3,9'dan azdır.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının konumları.

İstasyonların eksik verileri, ortalama yöntemi ile tamamlanmış (Enders 42–43; Little ve Rubin 61) bu şekilde, eksik verilerin eğilimi etkileme durumları ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. RH verileri, MGM tarafından farklı özellikte anemometreler ile farklı yüksekliklerde ölçülmekte, fakat 10 m yüksekliğe göre düzenlenerek kaydedilmektedir. Bu açıdan çalışma, 10 m yükseklikteki rüzgâr hızlarını araştırmaktadır.

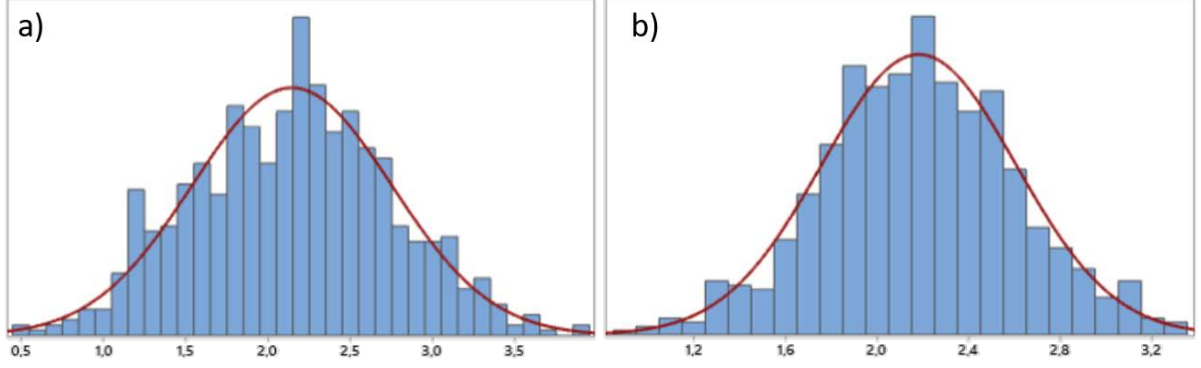
2.2. Veri Kontrol İşlemleri

Çalışma başlangıcında veriler için normal dağılım analizi, Anderson-Darling, Lilliefors ve Shapiro-Wilk testleri (Mohd Razali ve Bee Wah 23–24) ile yapılmış ve her 3 test sonuçlarında da istasyonların aylık zaman serilerinin normal dağılım göstermediği anlaşılmıştır. Örneğin Elâzığ istasyonu verisinin homojenlik düzeltmesi yapılmadan önce (ham veri) normal dağılıma uymamış (Şekil 2a) düzeltme sonrası veriler yine normal dağılıma uymamış fakat normal dağılıma yaklaşmıştır (Şekil 2b).

Klimatolojik verilerin analizi öncesinde, verilerin homojenliği araştırılmakta, bu verilerden RH verileri ise genel olarak tüm dünyada kırılmalar (homojenliğin bozulduğu noktalar) içermektedir. Türkiye'deki RH verileri de farklı dönemlerde kırılmalar barındırmaktadır. RH verilerinin homojen olmamalarının birçok nedeni olabilmekte, bunlar genel olarak yapay-beşeri etkilerle oluşmaktadır. İstasyonun yerinin değiştirilmesi, ölçüm yüksekliğinin değiştirilmesi, ölçüm cihazının arızalanması ya da yenisi ile değiştirilmesi, kalibrasyon eksiklikleri, istasyon

çevresinde çevresel-yapısal değişiklerin meydana gelmesi ve veri ölçüm aralığının değişmesi homojenliği bozabilmektedir (Wan, Wang ve Swail 1211; Azorin-Molina ve diğerleri, "Homogenization and assessment of observed ..."; Zahradníček ve diğerleri 236).

4



Şekil 2. Elâzığ (17201) meteoroloji istasyonunun RH ham veri dağılımı (a) ve düzeltme sonrasındaki dağılım durumu (b).

Homojenlik, istatistiksel olarak farklı anlamlar ifade edebilmekte, varyansların eşitliği, ortalamaların eşitliği, regresyon katsayılarının eşitliği gibi testler ile sınıanabilmektedir. Çalışmada, verilerin homojenlik testleri, zaman serileri için uygulanan Alexandersson'un standart normal homojenlik testi (SNHT), Pettitte homojenlik testi (PHT), Buishand homojenlik testi (BHT) ve von Neumann's oran testleri (VNHT) ile yapılmıştır. Bu analizler, zaman serilerindeki veri kırılmalarını (sıçramalar) belirlemede kullanılmakta, homojenlik durumunu güçlü bir şekilde yansıtmaktadır.

Standart normal homojenlik testi (SNHT), Alexandersson tarafından geliştirilmiş güçlü bir analizdir ve birçok çalışmada veri homojenlik testi ve analizi için kullanılmıştır (Tuomenvirta 18; Kang ve Yusof 305–306; Azorin-Molina ve diğerleri, "Homogenization and assessment of observed ..."). Analiz için $T_{(0)}$ değeri hesap edilmekte ve bu değere göre hipotez testi yapılmaktadır. $T_{(0)}$ değeri, verinin kırılma noktasını vermektedir. Analizde ilk olarak veriler (bu çalışmada rüzgâr hızları) $Z(z_i)$ değerlerine (standardize edilmiş değerlere) çevrilmektedir (Eşitlik 1).

$$z_i = \frac{x - \bar{x}}{s_x} \quad (1)$$

Z değerlerine bağlı olarak her ölçüm için z_1 ve z_2 ortalama değerleri elde edilmekte (Eşitlik 2, 3) ve eşitlik 4 kullanılarak $T_{(k)}$ değerleri hesap edilmektedir (k , sıra numarasını ifade etmektedir).

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k z_i \quad (2)$$

$$\bar{z}_2 = \frac{1}{n-k} \sum_{i=k+1}^n z_i \quad (3)$$

$$T_{(k)} = k\bar{z}_1^2 + (n-k)\bar{z}_2^2 \quad (4)$$

Analiz sonucunda elde edilen en yüksek $T_{(k)}$ değeri, $T_{(0)}$ değeri olarak kabul edilmekte ve bu değere bağlı olarak hipotez testi yapılmaktadır. Hipotez testi, Alexandersson (663) tarafından $T_{(0)}$ değerleri için, farklı anlam seviyelerine göre hazırlanan tablodaki eşik değerlere göre değerlendirilmekte, elde edilen $T_{(0)}$ değeri kritik değeri aştığında verilerin homojen olmadıkları anlaşılmaktadır. Çalışmada, 700 veri için ($p < 0,05$) kritik değer 10,45 olarak belirtilmiş, daha sonra $T_{(0)}$ 'ın dağılımı için yapılan başka bir çalışmada (Khaliq ve Ouarda 685) 720 n değerine ait kritik değer yaklaşık 12 olduğu belirtilmiş, bu çalışmada 720 veri için kritik değer olarak 12 alınmıştır.

BHT testinde, R değeri hesap edilmekte, bu değer n değerinin kareköküne (R/\sqrt{n}) bölünerek test değeri elde edilmektedir. Bu test için ilk olarak S değerleri elde edilmekte (Eşitlik 5), R değerinin elde edilmesi için eşitlik 6 kullanılmaktadır.

$$S_0^* = 0 \text{ ve } S_k^* = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}) , \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$R = \frac{\max S_k^* - \min S_k^*}{\sigma} \quad (6)$$

R değerine ait hipotez testi, Buishand tarafından belirtilen eşik değerlere göre yapılmakta, elde edilen R değeri, kritik değeri aştığında serinin homojen olmadığı anlaşılmaktadır.

Bir diğer homojenlik testi olan PHT'de veriler yerine rank değerleri (r) kullanılmaktadır. Önce rank değerlerinden X_k hesap edilmekte (Eşitlik 7), bu değerlerden en yüksek mutlak X_k değeri, X_0 olarak belirlenmekte ve hipotez testi X_0 değerine göre yapılmaktadır.

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1), \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

X_0 değeri (Pettitt 130) tarafından belirlenen kritik değerden büyük ise serinin homojen olmadığı anlaşılmaktadır. VNHT testinde eşitlik 8 kullanılarak N değeri hesap edilmekte, bu değer Van Neumann oran değeri olarak tanımlanmaktadır. Değerin 2'den düşük olması verinin homojen olmadığına dair gösterge olarak kabul edilmektedir.

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (X_i - X_{i+1})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (8)$$

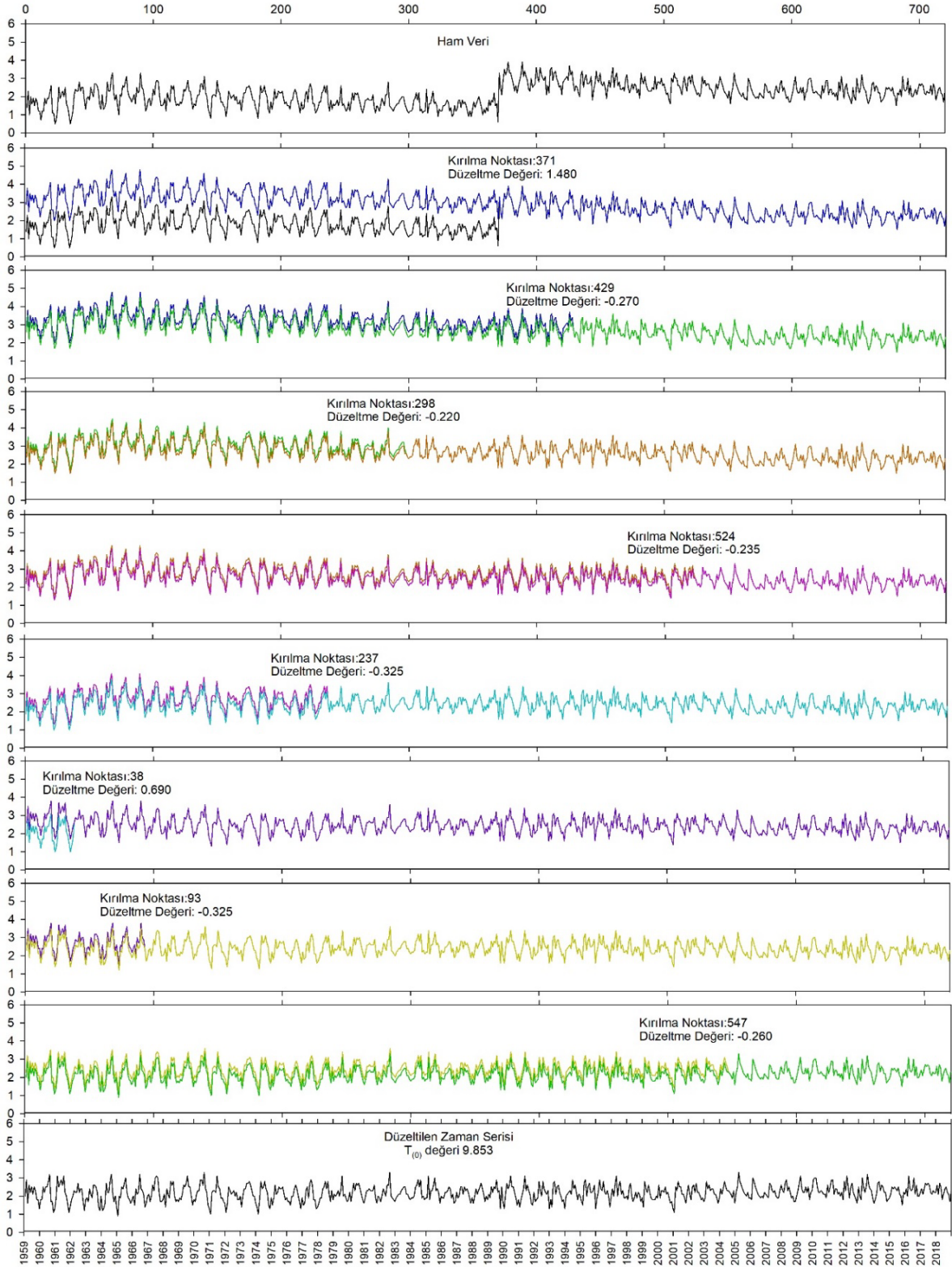
2.3. Veri Homojenleştirme İşlemi

Çalışmada 111 istasyona ait RH verilerinin her dört homojenlik testinde de homojen olmadıkları belirlenmiştir. Homojen olmadığı anlaşılan serilerde kırılma noktası belirlenmekte, kırılma noktasından önceki ve sonraki verilerin ortalamalarına göre düzeltme yapılmaktadır. Düzeltme işleminde ilk kural, tüm verilerin son ölçüm standartlarına kavuşturulmasıdır. Bu nedenle tüm ölçüm dönemleri (kırılmalar arası zaman serileri) son ölçüm referans alarak değiştirilmekte, kalibre edilmektedir. Kalibrasyon esnasına, ortalamalar arası fark, önceki ve sonraki tüm döneme göre değil, kırılma öncesi ve sonrasındaki homojen veri ortalamalarına göre yapılmaktadır. Aşağıda, zaman serisindeki kırılma sayısı tüm istasyonların kırılma ortalamasına yakın olduğundan Elâzığ istasyonu örnek olarak seçilmiş, homojenleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Homojenlik analizi ve homojenleştirme işlemi esnasında tüm aylık ortalamalar tek bir zaman serisi gibi ($60 \times 12 = 720$) kabul edilmiş, aylık ya da mevsimlik zaman serisi analizi ile oluşabilecek farklı düzeltme parametrelerinin uygulanmasının önüne geçilmiştir. Tüm ay ve mevsimsel zaman serileri, kırılma sonrasında aynı ölçüm farklılığından etkilenmekte, bu zaman serileri ayrılarak analiz edildiğinde, aynı hata değerini belirlemek mümkün olmamaktadır.

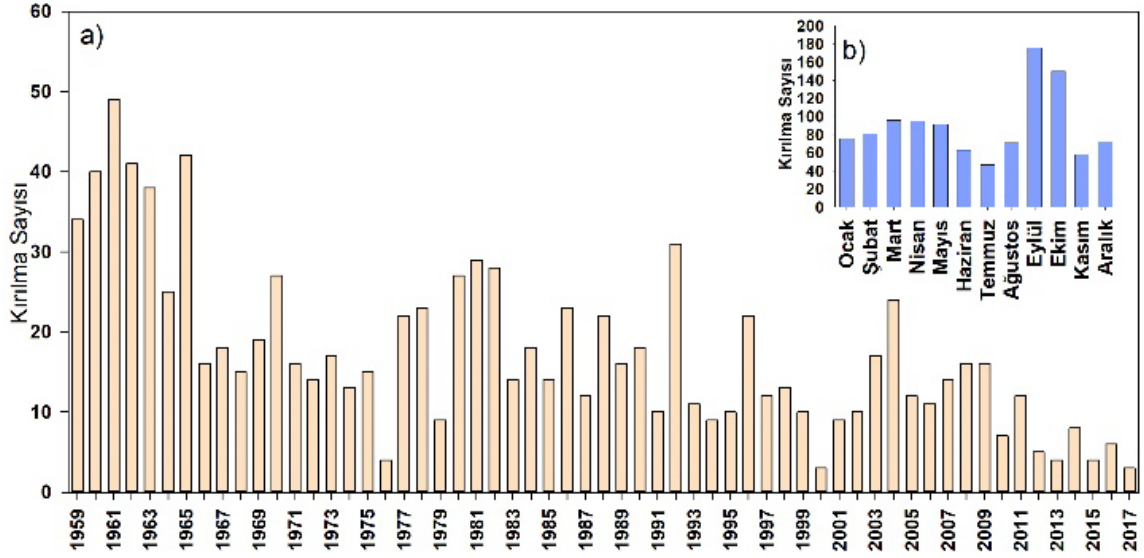
Elâzığ (17201) istasyonunun RH verilerinin analizi sonucunda homojen olmadığı anlaşılmış ve bu verinin homojenleştirilmesi esnasında 8 farklı işlem gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). İlk olarak ham veriye SNHT uygulanmış, 371'inci veri öncesi ve sonrasının aynı olmadığı görülmüş ve düzeltme işlemine gidilmiştir. Bu amaçla veri öncesi ve sonrasındaki kısım ortalaması arasındaki fark 1.480 olarak belirlenmiştir. Kırılma öncesi dönemdeki verilere 1.480 eklenerek ilk homojenleştirme işlemi yapılmıştır. Bu işlemden sonra tüm veri tekrar analiz edilmiş ve ikinci kırılma noktası olarak 429'uncü veri belirlenmiştir. Bu nokta için de -0.270 düzeltme değeri kullanılmıştır. Daha sonra 6 defa daha homojenlik ve düzeltme işlemleri yapılarak,

8. işlemden sonra $T_{(0)}$ değeri 9,853 olmuş ve verinin homojenleştirme işlemi tamamlanmıştır.

Tüm istasyonların analizi sonucunda, inceleme dönemi başlangıç yıllarında kırılma sayılarının yüksek olduğu (Şekil 4), 1976 ve 2000 gibi bazı yıllarda ise kırılmaların azaldığı anlaşılmıştır. Kırılma sayıları 1981, 1992 ve 2004 yıllarında oldukça yüksektir. Aylara göre kırılma noktaları incelendiğinde, en yüksek kırılma sayısının eylül ayında olduğu görülmüştür. Bu durum, muhtemelen yaz döneminde ısınan ve genişleyen ölçüm cihazlarının eylül ayındaki soğumaya yeterli tepki verememesi ve ölçüm doğruluğu-hassasiyetinin düşmesinden kaynaklanmaktadır. Kırılmalar, yaz ve kış mevsimlerinde, sıcak ve soğuk periyodun devam ettiği zamanlarda azalmakta, bahar ve güz mevsimlerinde, atmosferik değişikliklerin sık yaşandığı aylarda ise artmaktadır.



Şekil 3. Elazığ meteoroloji istasyonu, RH verilerinin homojenleştirme aşamaları (Düşey eksen rüzgâr hızını (ms^{-1}) göstermektedir).



Şekil 4. SNHT sonuçlarına göre kırılma noktalarının yıllara ve aylara dağılışı.

Çalışma esnasında MGM'den, verisi incelenen 111 meteoroloji istasyonunun rüzgâr ölçüm cihazları ve istasyon yer değişimi ile ilgili bilgiler istenmiş, istasyonların tamamının belli tarihlerde otomatik meteoroloji gözlem istasyonuna (OMGİ) dönüştürüldüğü, bazılarının yerlerinde ise değişimler olduğu cevabı alınmıştır (tarihler yıl olarak bildirilmiştir). Yer değişim bilgilerinin sadece son 20 yıllık süre içerisinde olanları tarafımıza bildirilmiştir. İstasyonların büyük bir bölümü 2003 ve 2009 yıllarında OMGİ'ye dönüştürülmüş (Şekil 5), 2004 ve 2009 yıllarında belirlenen yüksek kırılma sayılarının istasyon değişiminden kaynaklandığı anlaşılmıştır.



Şekil 5. Çalışmada kullanılan istasyonların OMGİ'ye dönüşüm yılları ve yer değişim bilgileri.

İstasyonların bir kısmında OMGİ'ye dönüştürüldüğü yıllarda kırılma noktaları oluşmuş, analizler esnasında tespit edilebilmiştir. Bunlardan Esenboğa (17128) istasyonu 2001 yılında OMGİ'ye dönüşmüş, kırılma ise 2002:12'de, yani OMGİ'ye geçişten bir yıl sonra belirlenmiştir. Yine 2003 yılında OMGİ'ye geçen, Tekirdağ (17056)'da 2004:02'de, Kumköy-Kilyos (17059)'da 2003:08'de, Sarıyer (17061)'de 2004:02'de, Kastamonu (17074)'da 2004:02'de, Çanakkale (17112)'de 2004:03'te, Bursa (17116)'da 2004:01'de, Ayvalık (17175)'te 2003:10'da, Uşak (17188)'de 2003:10'da, Afyon (17190)'da 2003:09'da, İzmir bölge istasyonunda (17220) 2004:01'de, Denizli (17237)'de 2004:10'da, Burdur (17238)'de 2003:01'de, Isparta (17240)'da 2004:01'de, Alanya (17310)'da 2004:01'de, Lüleburgaz (17631)'de 2003:04'te, Florya (17636)'da 2004:01'de, Geyve (17662)'de 2003:10'da, Kızılcahamam (17664)'de 2004:02'de, Köyceğiz (17924)'de 2004:02'de belirlenen kırılmaların istasyon değişiminden kaynaklandığı düşünülmüştür.

2003 yılında OMGİ'ye dönüşen ve daha sonra yer değiştiren Çorlu (17054)'da 2003:02'de, Çankırı (17080)'de 2004:02'de, Cihanbeyli (17191)'de 2003:10'da Simav (17748)'de yer değiştirdiği 2012 yılı öncesinde 2011:06'da ve 2009 yılında OMGİ'ye dönüştürülen ve 2015 yılında yeri değiştirilen Samsun bölge istasyonlarında (17030) ise 2014:12'de kırılma noktası belirlenebilmiştir.

2007 yılında OMGİ'ye dönüşen Kadıköy-Rıhtım istasyonunda 2006:12 ayında kırılma noktası belirlenmiş, bu kırılmanın istasyon değişiminden kaynaklandığı anlaşılmıştır. Yine 2009 yılında OMGİ'ye dönüşen, Rize (17040)'da 2008:08'de, Merzifon (17083)'de 2009:03'te, Sivas (17090)'ta 2009:01'de, Iğdır (17100)'de 2008:09'da, Van bölge (17172) istasyonunda 2009:12'de, Aksaray (17192)'de 2008:10'da, Akşehir (17239)'da 2008:10'da, Karaman (17246)'da 2008:09'da, Şanlıurfa (17270)'de 2008:09'da, Mardin (17275)'de 2008:04'de, Batman (17282)'de 2009:07'de, Anamur (17320)'de 2009:01'de, Silifke (17330)'da 2009:03'de, Adana bölge (17351) istasyonunda 2009:01'de, İskenderun (17310)'da 2008:10'da, Antakya (17372)'de 2008:10'da, Divriği (17734)'de 2009:05'de, Kangal (17762)'de 2007:07'de, Cizre (17950)'de 2009:01'de ve Dalaman (17294)'da 2010:02'de belirlenen kırılmaların da istasyon değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. OMGİ dönüşüm tarihleri yıl olarak bilinmekte, kırılmalar ise aylık olarak belirlenebilmekte, bu ikisinin tam olarak örtüşüp örtüşmedikleri kesinlik kazanmamaktadır. Aynı zamanda bazı kırılmalar OMGİ dönüşümünden hemen önce ortaya çıkmaktadır. İncelenen 111 istasyonun 46'sında (oransal olarak %41'i) belirlenen kırılma noktaları ile OMGİ'ye dönüşüm ya da yer değiştirme dönemleri yakın dönemlere denk

gelmektedir. Bunun yanında Yalova (17119), Kilis (17262) ve Arapkir (17764) istasyonları 2003 ve 2009 yıllarında OMGİ'ye dönüşmüş, sırasıyla 2018, 2017 ve 2013 yıllarında ise yer değiştirmiştir. Analizler esnasında bu istasyonların RH zaman serilerinde belirlenen kırılmalar ile değişim-dönüşüm dönemleri denk gelmemiştir. Yine de elde edilen kırılmaların bir kısmının OMGİ'ye dönüşümden ve yer değişiminden kaynaklandığı ortadadır. Buna rağmen her kırılma, OMGİ'ye dönüşüm ya da yer değiştirme ile alakalı değildir. İstasyon çevrelerinde meydana gelen dönüşümler (Örneğin, bina yapımı, ağaçların büyümesi, başka fiziki dönüşümler) ve aletlerde meydana gelen kalibrasyon hatalarının bu kırılmalara neden olduğu öngörülebilme, istasyonlar için daha ayrıntılı künye bilgisinin (meta data) tutulması gerekmektedir.

2.4. Eğilim Testleri

Analizler sonucunda, aylık ortalama RH verilerinin normal dağılmadığı görülmüştür. Bu nedenle eğilim belirlemek için nanparametrik bir yöntem olan Mann-Kendall sıra korelasyon testi uygulanmıştır. Mann-Kendall test istatistiği, normal dağılım göstermeyen verilerde eğilimin belirlenmesi amacıyla sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Mann; Forthofer ve diğerleri; Kendall; Gocic ve Trajkovic). Bu yöntemde ilk olarak S değeri hesap edilmekte (Eşitlik 9), serinin n sayısına göre hesap edilen varyans (Eşitlik 10) değeri ile belli kurallara göre (eşitlik 10) Z_{MK} değeri belirlenmekte (Eşitlik 11) ve elde edilen Z_{MK} değerleri standart normal dağılıma göre değerlendirilmektedir.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n i\text{şrt}(x_j - x_k) \quad (9)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{n_t} t_i(t_i-1)(2t_i+5) \right] \quad (10)$$

$$\begin{array}{lll} m = 1 & \text{eğer} & S < 0 \\ m = 0 & \text{eğer} & S = 0 \\ m = -1 & \text{eğer} & S > 0 \end{array} \quad Z_{MK} = \frac{S + m}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad (11)$$

Elde edilen veriler, $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı ise şiddetli artma ya da azalma, $p < 0.05$ seviyesinde ise anlamlı azalma ya da artma, $p < 0.1$ ise azalma ya da artma, $p \geq 0.1$ ise de durağan durum olarak değerlendirilmiştir.

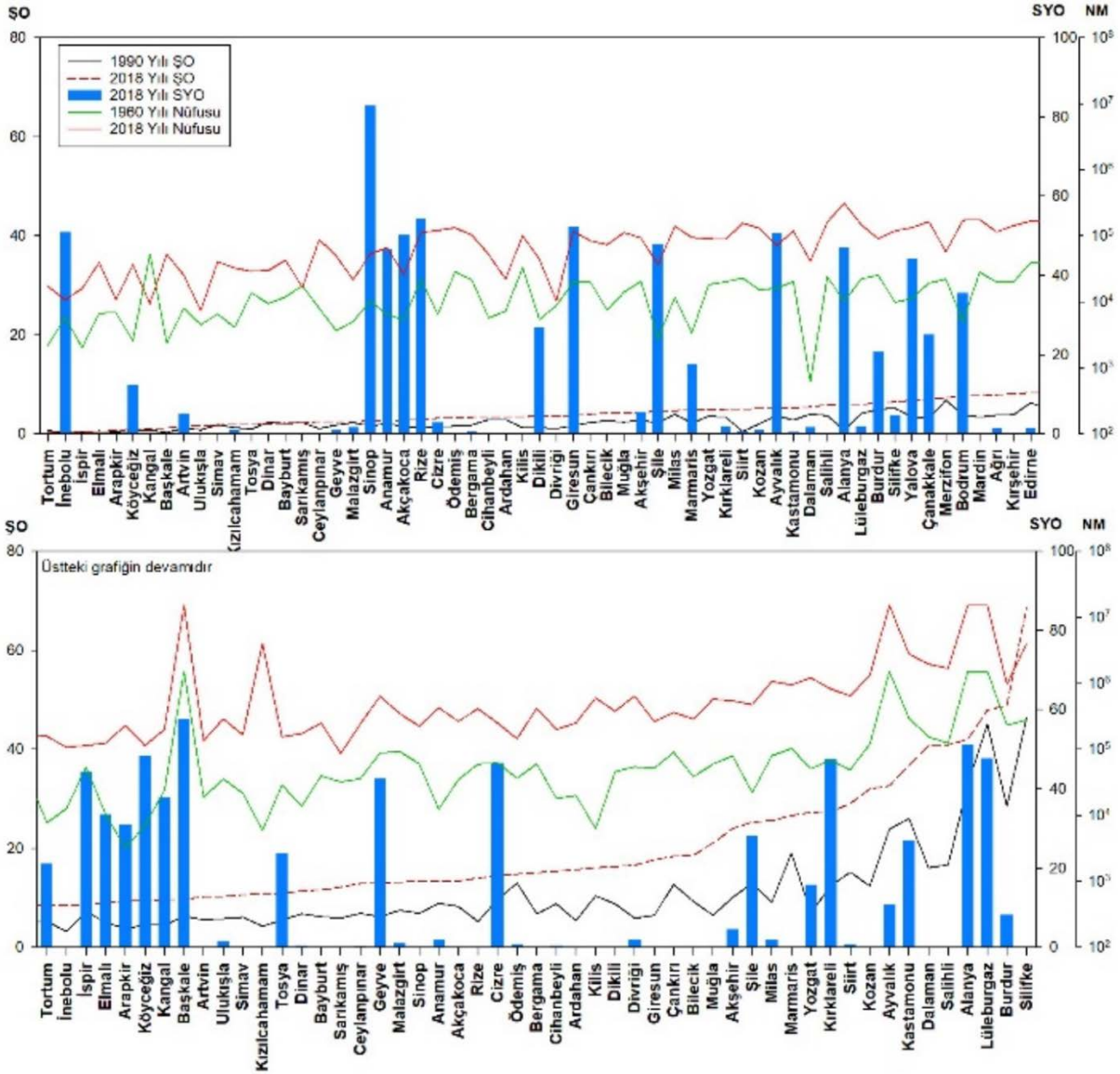
Çalışmada, yıllık ortalama rüzgâr hızı eğilim değerinin belirlenmesi amacıyla önce Sen'in eğim (Sen's slope) değeri kullanılmış (Sen), birçok dönemde eğilimin "0" olarak belirlenmesi nedeniyle bunun yerine regresyon analizi tercih edilmiştir (Alpar;

Gürtan). Analizde elde edilen regresyon katsayıları, yıllık ortalama RH artış-azalış değeri olarak kullanılmıştır. Regresyon analizinde, zaman bağımsız değişken, rüzgâr hızı ise bağımlı-açıklanan değişken olarak kullanılmıştır.

Çalışma esnasında, tüm istasyon verileri grafiklenerek incelenmiş, bazı istasyonların, incelenen periyot başlangıç yıllarında düşük rüzgâr genliğine sahipken (yıllık ortalama maksimum ve yıllık ortalama minimum rüzgâr hızı farkı) periyot sonuna doğru bu genliklerinin azaldığı ya da bu durumun tam tersi bir özellik gösterdiği (önce yüksek sonra düşük) görülmüş, bu nedenle istasyonlardaki yıllık rüzgâr genliğindeki eğilimler de analiz edilmiştir. Bu amaçla yıllık genlik değerlerine Mann-Kendall eğilim testi uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

2.5. İstasyon Karakterleri ve RH Eğilimleri Arasındaki İlişkiler

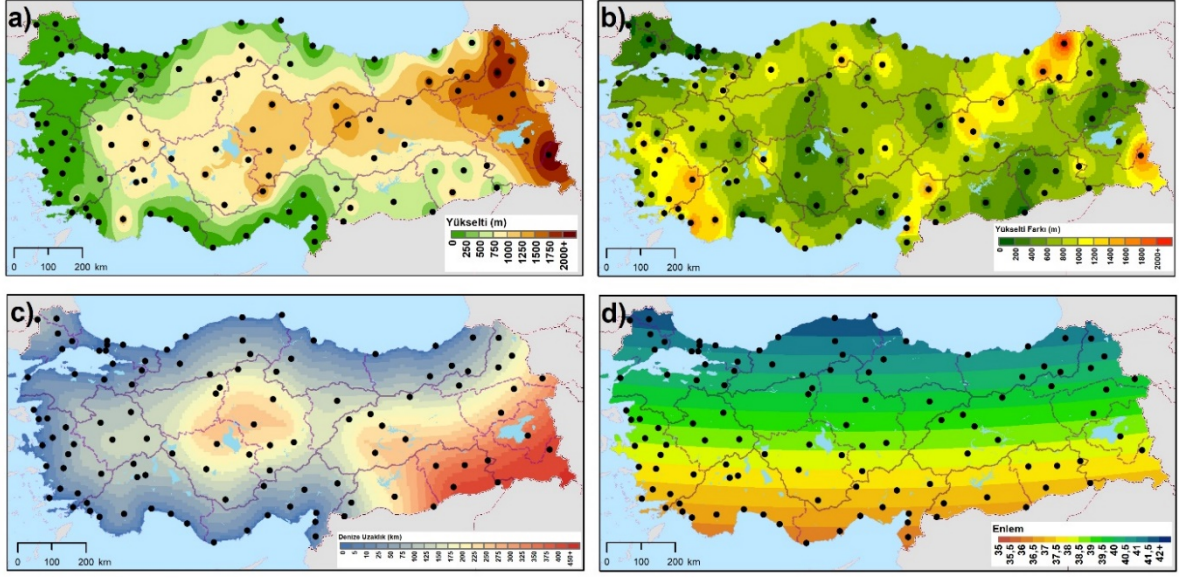
Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları farklı arazi örtülerinde bulunmakta, klimatolojik olarak farklı karakterler göstermektedirler. Bu karakterleri belirlemek amacıyla, istasyonların buldukları yerleşmelerin 1960 ve 2018 yılı nüfus miktarları belirlenmiş ve antropojenik etkileri yansıttığı varsayılarak nüfus ile RH eğilimleri arasındaki ilişkiler de belirlenmeye çalışılmıştır. Antropojenik etkinin belirlenmesi için nüfus miktarları yeterli görülmemiş, 1990 ve 2018 yılı CORINE arazi örtüleri kullanılarak değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bu amaçla, sadece istasyonların bulunduğu arazi örtüsü kullanılmamış, istasyon merkezli oluşturulan 10 km çaplı daire alanlarındaki arazi örtüleri (istasyon karakter sahası-İKS) incelenmiş, bu daire içerisindeki şehirsellik oranı (ŞO) kullanılmıştır. İKS alanı içinde, CORINE arazi sınıflarında sürekli şehir yapısı, kesikli şehir yapısı, ticari ve endüstriyel alanlar, karayolları ve demiryolları ile ilgili alanlar, limanlar, havaalanları, maden çıkarım sahaları, boşaltım alanları, inşaat sahaları ve spor ve eğlence sahalarının alanları şehir karakterli oldukları varsayılmış, bu arazi örtülerinin İKS alanına oranı, ŞO değeri olarak değerlendirilmiştir (Yılmaz 7-8). Bu oranlara göre, 2018 yılı en yüksek ŞO değeri Ankara'da en düşük ise Tortum'da çıkmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. İstasyonların ŞO, SYO değerleri ve nüfus miktarları (NM).

İstasyonlar çevresinde, su yüzeyleri bulunmakta, bu yüzeyler bazen deniz, bazen göl ya da baraj gölü-gölet olabilmektedir. Bu yüzeyler de özellikle termik değişiklikler oluşturarak istasyonların karakterini etkilemektedir. Bu nedenle her istasyona ait 1990 ve 2018 yılı su yüzeyi oranı (SYO) değerleri belirlenmiş, bu oran için CORINE arazi sınıflarından, su yolları, su kütleleri, kıyı lagünleri, nehir ağzları ve nehir ve okyanus (deniz) sahalarının toplam alanı İKS alanına oranlanmış ve her istasyona ait SYO değeri elde edilmiştir (Şekil 6).

Rüzgâr hızı eğilimleri sonuçları incelenmiş, eğilimlerin istasyonların yükseltleri (Şekil 7a), İKS alanı içerisindeki en yüksek ve en alçak noktanın yükselti farkı (Şekil 7b), istasyonun denize uzaklığı (Şekil 7c) ve enlemiyle (Şekil 7d) de ilişkili olabileceği anlaşılmış ve bu değişkenlerle eğilim değerleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir.



Şekil 7. Kullanılan istasyonlara ait karakteristik bilgiler; a) İstasyon yükseltileri, b) İKS alanı içindeki yükselti farkı (İYF), c) Denize uzaklıklar (DU), d) Enlem. Haritadaki noktalar, kullanılan istasyonları göstermektedir.

Çalışmanın metin kısmındaki anlatımlarda birinci periyot 1959-1988, ikinci periyot 1989-2018 ve tüm periyot ise 1959-2018 yılları arası dönemi ifade etmektedir.

3. Bulgular

3.1. Türkiye’de RH Dağılışı ve Rejimleri

Genel bir değerlendirme yapıldığında Türkiye, İzlanda dinamik alçak basınç (İDAB) merkezi kaynaklı, orta Atlas Okyanusu’nda oluşarak, Akdeniz ya da Balkanlar’ı geçerek Türkiye’ye ulaşan orta enlem depresyonlarından etkilenmekte, bu hava kütleleri Türkiye’ye ulaştığında, saat yönünün tersinde, her yönde esebilen, güneybatı kuzeydoğu yönünde hareket eden sistemler hâkim olmaktadır. Türkiye’yi Sibiryaya termik yüksek basıncı (STYB) ve Azor dinamik yüksek basıncı (ADYB) da etkilemekte, bu durumlarda saat yönünde esen rüzgârlar hâkim olmaktadır. STYB etkili olduğunda rüzgârlar soğuk karakterlidir ve genel olarak kara içlerinden denizlere doğru eserler. ADYB etkili olduğunda ise güney ve güneybatıdan esen rüzgârlar serinletici ya da ısıtıcı-sıcak karakterli olabilmektedir. En yüksek rüzgâr hızları, İDAB etkili olduğunda ölçülmekte, Akdeniz, Ege ve Marmara kıyılarında fırtınalara neden olabilmektedir. YB merkezlerinin tek birinin Türkiye’yi etkilediği zamanlarda, YB ve AB merkezlerinin birlikte etkilediği durumlara göre daha düşük rüzgâr hızları kaydedilmektedir.

Uzun yıllık RH verilerinin ortalaması alındığında Türkiye’de aylık ortalama rüzgâr hızının 1.97 ms^{-1} olduğu, en düşük aylık ortalama rüzgâr hızının kasım ayında 0.17 ile Kahramanmaraş istasyonunda, en yüksek aylık ortalama rüzgâr hızının ağustos ayında 6.12 ms^{-1} ile Bandırma istasyonunda olduğu görülmüştür. Türkiye’de rüzgâr hızları, basınç farklarına göre şekillenmekte, en yüksek rüzgâr hızları İstanbul ve Çanakkale Boğazları çevresindeki istasyonlarda görülmektedir. Bu duruma, bu sahaların kara-deniz sınırında bulunmalarının yanında, Karadeniz, Marmara ve Ege Havzalarının birleşme noktalarında olmaları ve havanın daha çok boğazlardan hareket etme eğilimi etkili olmaktadır. Bunların yanında, dağ eteğindeki ya da yamaçtaki istasyonlarda ve havaalanlarında da (Erzurum, Diyarbakır, Antalya ve Konya havaalanları ile Mardin) RH değerleri yüksektir.

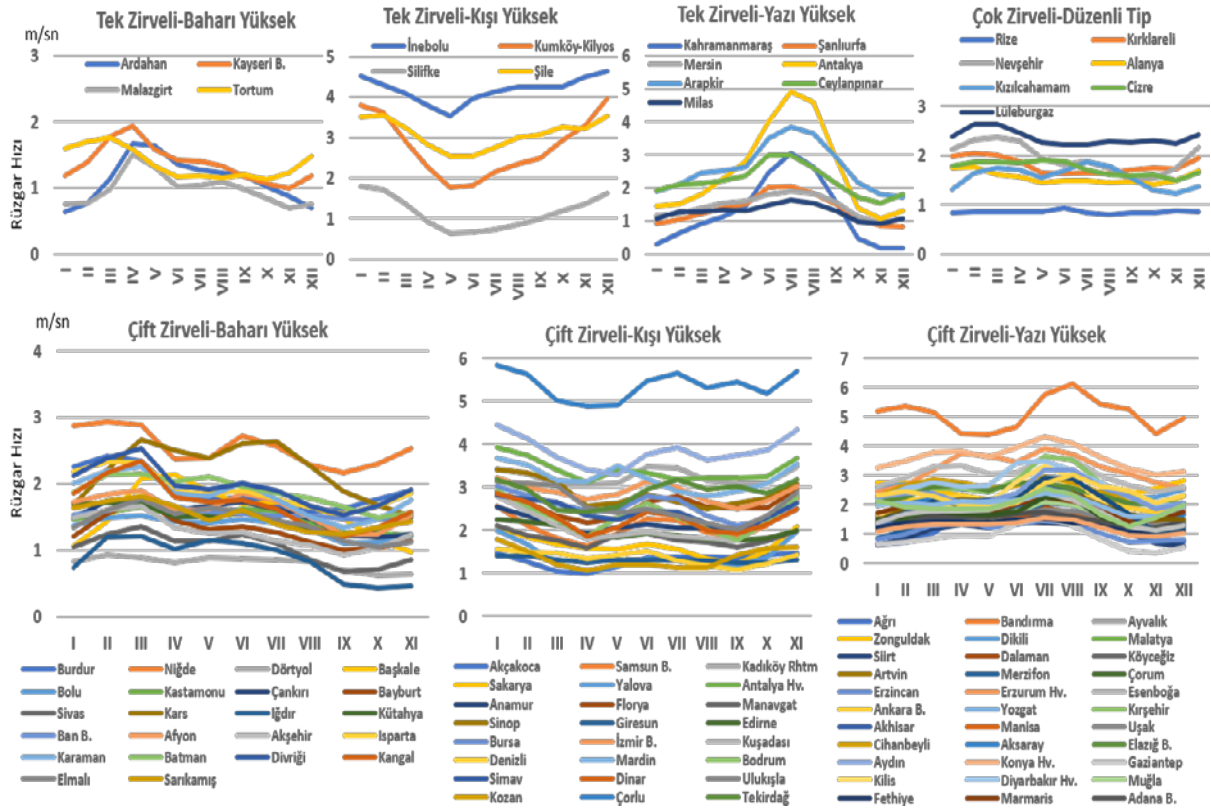
Türkiye’de aylık ortalama RH değerleri incelendiğinde, en yüksek ve en düşük rüzgâr hızlarının görüldüğü ayların bölgelere göre farklılık gösterdiği anlaşılmış, rüzgâr hızları grafiklenerek benzer rüzgâr hızı yüksek-düşük olduğu zamanlara göre istasyonlar gruplandırılmış, rüzgâr hızı rejimleri ve rejim bölgeleri oluşturulmuştur. Rejimler belirlenirken, önce rüzgâr hızlarının yıl içinde kaç defa zirve yaptıklarına bakılmış, 1, 2, 3 ve 4 defa zirve yaptıkları (aynı zamanda çukur) anlaşılmış ve zirvelerin yılın hangi döneminde oluştuğu göz önünde bulundurularak Türkiye’de 7 farklı rüzgâr hızı rejimi ve bölgesi elde edilmiştir (Şekil 8, Şekil 9).

A_i , bir ayın ortalama rüzgâr hızı, A_{-1} bir önceki ayın ortalama rüzgâr hızı, A_{+1} bir sonraki ayın ortalama rüzgâr hızını ifade edecek şekilde, eşitlik 12’deki kurallara göre belirlenen rüzgâr hızı zirve sayısı, tek zirvelilerde 1, çift zirvelilerde 2 çıkmış, bunun yanında 3 ve 4 olarak belirlenen rüzgâr hızı zirve sayıları da olmuştur. Bu 3 ve 4 zirveli istasyonlardaki rejimler incelendiğinde, genel olarak düzenli, yıl içinde çok değişmeyen rüzgâr hızlarıyla karakterize edildikleri görülmüştür. Bu gruptaki 7 istasyonun rüzgâr hızları, “çok zirveli düzenli” tip olarak adlandırılmıştır (Şekil 8, Şekil 9).

$$\text{Zirve Sayısı} = \sum_{i=1}^{12} \begin{bmatrix} A_i > A_{-1} \text{ ve } A_i > A_{+1}; & 1 \\ \text{diğer} & ; 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Türkiye’de incelenen 111 istasyonun 15’i tek zirveli rejime sahiptir. Bu istasyonlarda rüzgâr hızı zirve yapma dönemleri birbirinden farklıdır. Örneğin Ardahan, Kayseri, Malazgirt ve Tortum istasyonlarında rüzgâr hızı baharda zirve yapmaktadır ve “tek zirveli-baharı yüksek” tip olarak adlandırılmıştır (Şekil 8). “Tek zirveli-kışı yüksek” tipte ise rüzgâr hızları mayıs-haziran arasında düşmekte, aralık-ocak aylarında yükselmektedir. Deniz kıyılarında görülen bu tip, İnebolu, Kumköy-

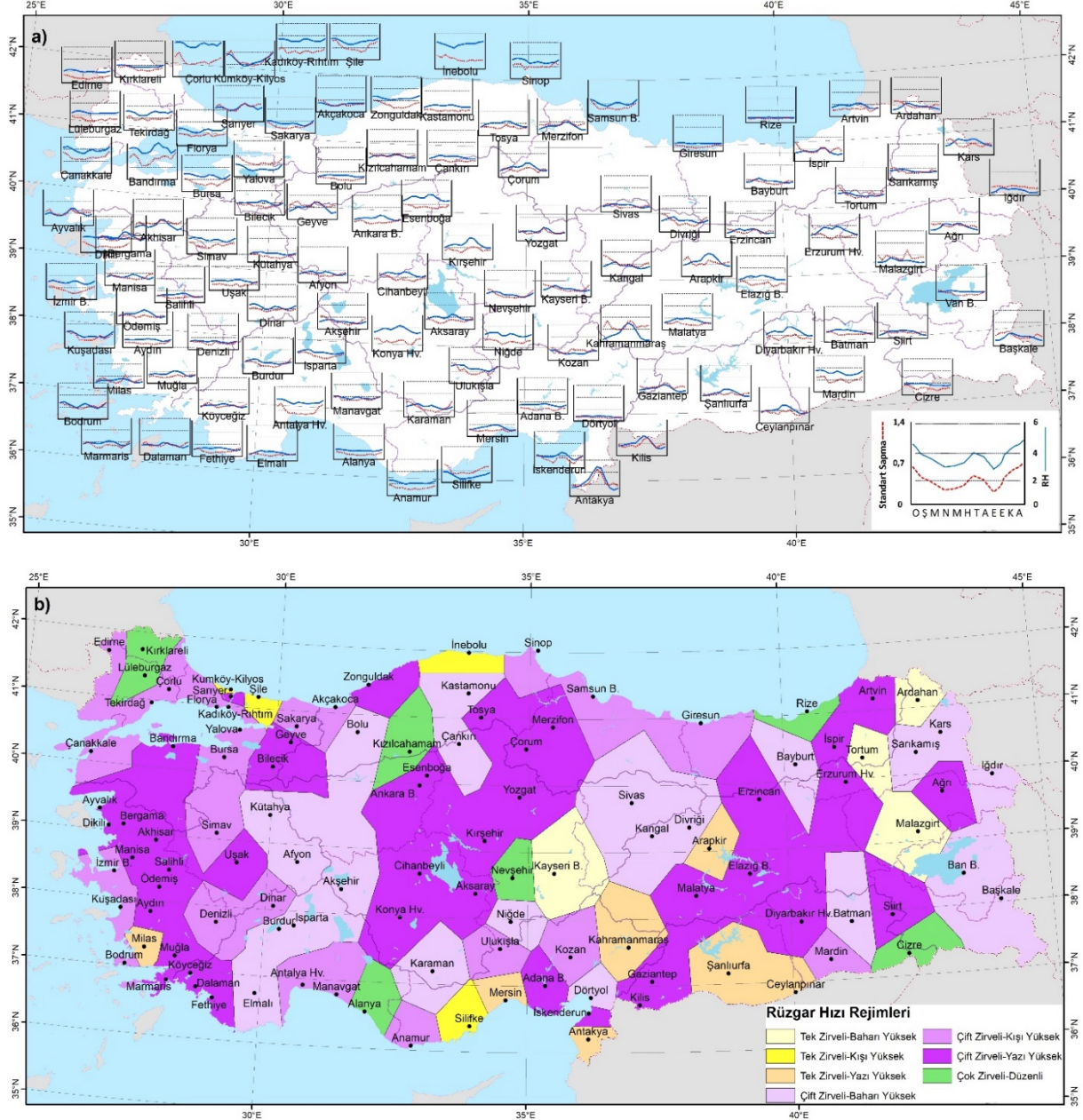
Kilyos, Şile ve Silifke istasyonlarında belirlenmiş, sadece Karadeniz kıyılarında bölge oluşturabildiği görülmüştür (Şekil 9). Yaz aylarında yüksek rüzgâr hızlarıyla karakterize edilen “tek zirveli-yazı yüksek” tipte, rüzgâr hızları haziran-ağustos arasında yüksektir. Bu tip, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve çevresindeki istasyonlarda karşımıza çıkmakta, yaz aylarında ADYB kaynaklı RH atışı ile oluştuğu görülmektedir. Bu tipte yer alan Milas ve Mersin istasyonları, düşük rüzgâr genliğine sahiptir ve bu gruptaki diğer istasyonlara da mekânsal olarak uzaktır. Bu istasyonlar, grafiksel yorumlamada “tek zirveli-yazı yüksek” tip olarak belirtilse de daha önce anlatılan düzenli tip özelliği de göstermektedir.



Şekil 8. Türkiye’de belirlenen 7 RH rejimi.

Çift zirveli rüzgâr hızı rejimleri 89 istasyonda belirlenmiş, Türkiye’yi asıl karakterize eden tip oldukları görülmüştür (Şekil 8, Şekil 9). Bu tipte istasyonlardaki zirve dönemi farklı dönemlere denk gelmektedir. “Çift zirveli kışı yüksek” ve “çift zirveli yazı yüksek” tipler aslında benzer özelliklere sahip olsa da hızlı rüzgâr esme dönemleri birbirinden farklıdır. Bu tiplerde, yaz ve kış aylarında rüzgâr hızları yüksek, bahar ve günde ise düşüktür. Rüzgârın kışın hızlı olduğu istasyonlar kışı yüksek, yazın hızlı olduğu istasyonlar ise yazı yüksek olarak sınıflandırılmıştır. “Çift zirveli baharı yüksek” tip, 22 istasyonda belirlenmiştir. Bu tipte, bahar ve güz döneminde rüzgâr hızları yüksek, yaz ve kış aylarında ise düşük olarak belirlenmiştir. Çift zirveli tipler, dinamik nedenlerden etkilenmekte fakat termik özelliklerden

karakterlerini almaktadır. Bu istasyonlarda, deniz-kara arasındaki sıcaklık ve dolayısıyla basınç farkları yüksek olduğu dönemlerde RH de yükselmektedir. Bu özellik, yazı ve kışı yüksek tiplerin oluşmasını açıklamakta, baharı yüksek tip ise genel olarak dağlık-ovalık alan arasındaki sıcaklık ve basınç farklarının yüksek olduğu yerlerde görülmektedir.



Şekil 9. Türkiye’de RH rejim bölgeleri

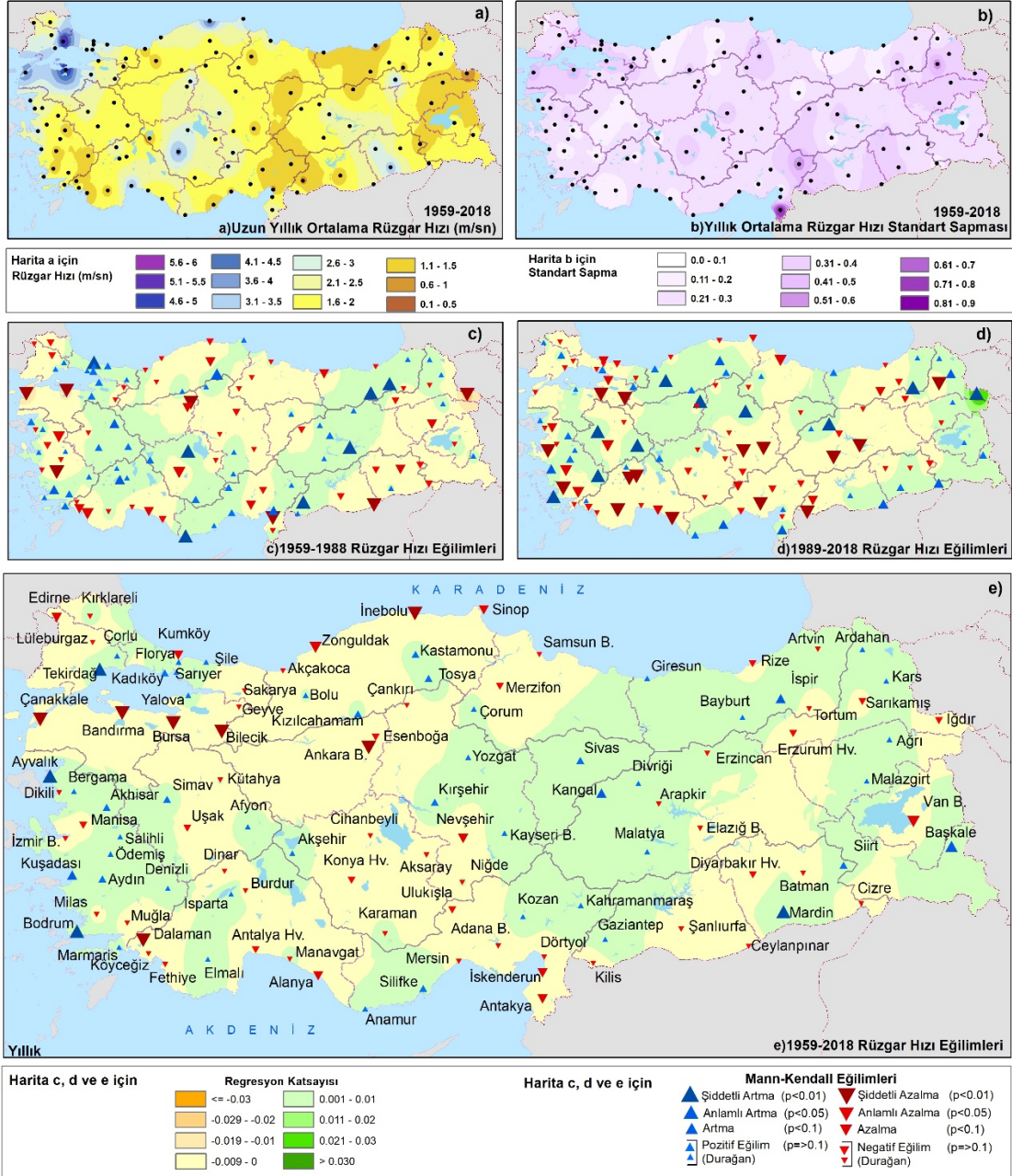
3.2. Yıllık Ortalama RH Eğilimleri

Analiz edilen istasyon verilerine göre Türkiye’de yıllık ortalama rüzgâr hızları, Marmara Denizi ve boğazlar çevresinde, Konya ve Dicle bölümlerinde 3 ms^{-1} değerini aşmakta, Van Gölü çevresi ve kuzeyi ile Adana Bölümü doğru yarısı, Yukarı

Kızılırmak ve Doğu Karadeniz bölümlerinde 1 ms^{-1} 'den düşük hızda esmektedir (Şekil 10a). Rüzgâr hızının uzun yıllık değişkenliği (standart sapma değeri), Ege Bölgesi ile Karadeniz kıyılarında düşük, Adana Bölümü doğu yarısı ile kuzeydoğu Anadolu'da yüksektir (Şekil 10b).

Türkiye'de 1959-1988 yılları arası RH verilerinin eğilim analizi sonuçlarına göre 53 istasyonda azalma, 58 istasyonda ise artış eğilimleri belirlenmiştir. Eğilimler, Gaziantep, Anamur, Bayburt, Elâzığ, Cihanbeyli, Kumköy-Kilyos ve İspir istasyonlarında şiddetli, Tosya'da anlamlı artma, Konya, Akhisar, Esenboğa, Çanakkale, Bandırma, Ceylanpınar, Aydın, İskenderun ve Iğdır'da şiddetli, Fethiye istasyonunda anlamlı azalma şeklindedir (Şekil 10c). 1989-2018 arasında bu eğilim sahalarında farklılıklar oluşmuş, 64 istasyonda azalma, 47 istasyonda artma eğilimleri görülmüştür. Azalma eğilimleri, Ege kıyıları ile Akdeniz ve Marmara Bölgelerinde, artma eğilimleri ise İç Ege Bölümü ve Sakarya Havzası ile Türkiye'nin doğu ve güneydoğu sınırlarında yoğunlaşmaktadır (Şekil 10d).

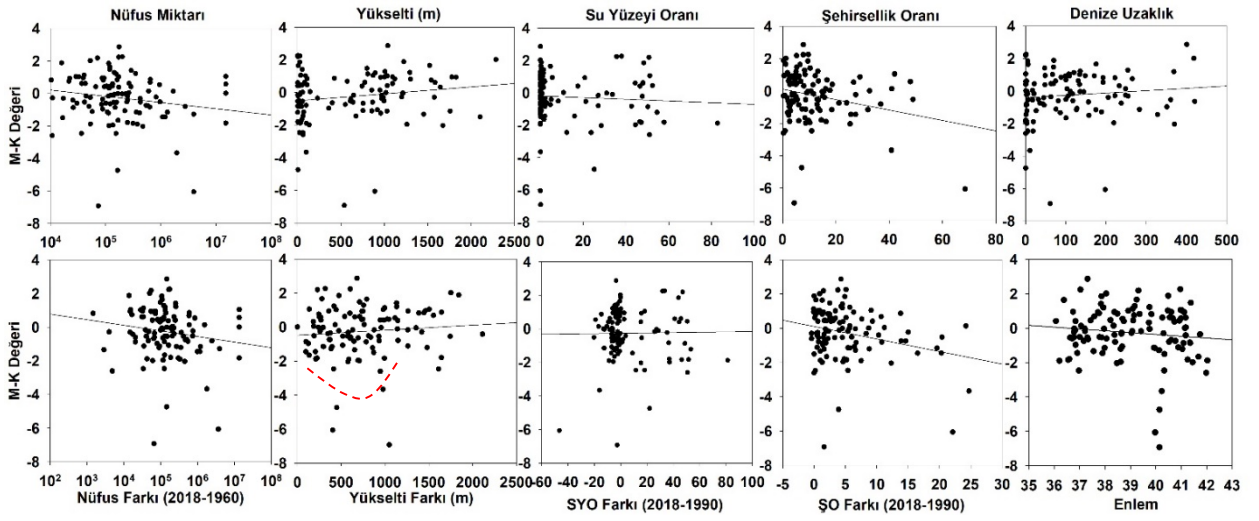
Tüm periyot değerlendirildiğinde 62 istasyonda azalma 49 istasyonda artma eğilimi belirlenmiş, azalma eğilimlerinin Bilecik, Ankara, Çanakkale, Bursa, İnebolu, Köyceğiz ve Bandırma'da şiddetli Van, Zonguldak ve Nevşehir'de anlamlı, artma eğilimlerinin ise Mardin, Tekirdağ, Bodrum ve Ayvalık'ta şiddetli, Başkale'de anlamlı artma şeklinde olduğu görülmüştür (Şekil 10e). Rüzgâr hızlarındaki eğilim miktarı (regresyon katsayıları) -0.011 (Çanakkale) ile 0.004 (Mardin) $\text{ms}^{-1}\text{yıl}^{-1}$ arasında değişmektedir. Artma eğilimlerinin, Ege Bölgesinde ve Anadolu Diyagonalı çevresinde yoğunlaştığı, azalmaların ise Güney Marmara ve Batı Karadeniz bölümleri ile İç Anadolu Bölgesinin batı yarısında istatistiksel anlam kazandığı görülmektedir.



Şekil 10. Türkiye’de yıllık ortalama rüzgâr hızı (a), rüzgâr hızı standart sapması (b), Mann-Kendall testine göre rüzgâr hızı eğilimleri (c, d, e) ve regresyon katsayıları (c, d, e).

Yıllık ortalama RH eğilimleri ile nüfus miktarı (2018) ve nüfus farkı (2018-1960) arasında negatif bir ilişki olduğu, nüfus miktarı ve nüfus farkı (dolayısıyla nüfus artışı) yüksek olan istasyonlarda eğilimlerin negatif değer gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 11). İstasyon yükseltisi ve istasyon merkezli 10 km çaplı daire içindeki yükselti farkı ile eğilimler arasında ise negatif bir ilişki olduğu görülmüş, yükseltinin ve yükselti farkının artmasının eğilim değerlerini de artırdığı anlaşılmıştır.

İstasyon SYO ve ŞO farkı ile eğilimler arasında belirgin bir ilişki bulunmamaktadır (Şekil 11). Eğilimler ile istasyon ŞO ve ŞO farkları arasında, düşük şehirsellikli sahalar hariç tutulduğunda eğrisel bir ilişki olduğu belirlenmiştir. DU ile eğilimler arasındaki ilişki incelendiğinde, denize yakın olan sahalar ile eğilimler arasında bir ilişkinin olmadığı, denizden uzak istasyonlar ile eğilimler arasında ise eğrisel bir ilişki olabileceği görülmüştür. Yine, enlem ile eğilimler arasında eğrisel bir ilişki olduğu görülmekte, Türkiye'nin kuzey ve güneyindeki eğilimlerin negatif değerler gösterdiği anlaşılmaktadır.

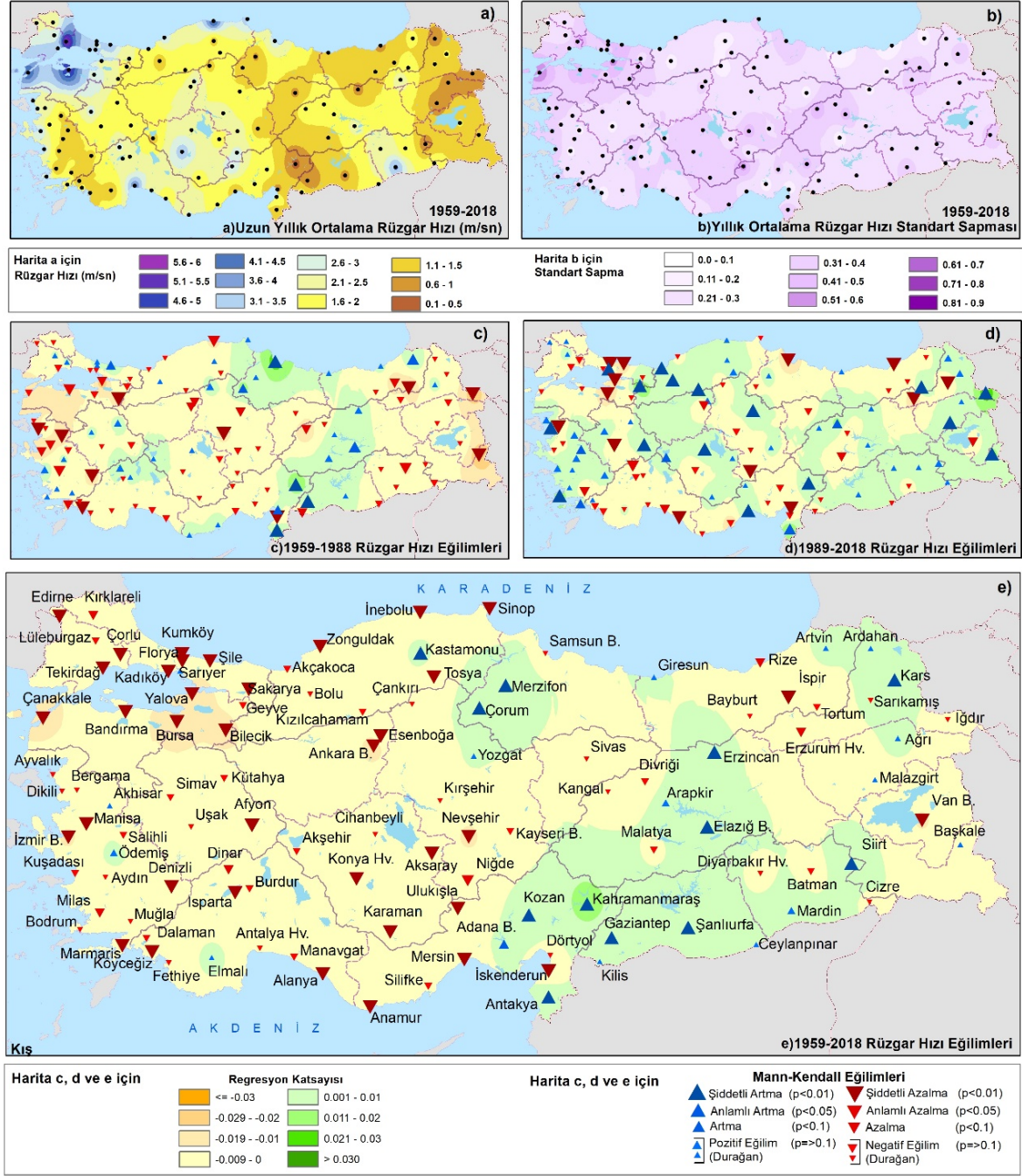


Şekil 11. Yıllık ortalama RH eğilimleri ile istasyon çevresi özellikleri arasındaki ilişkiler ve regresyon doğruları.

3.3. Mevsimlere Göre RH Eğilimleri

3.3.1. Kış Mevsimi Rüzgâr Hızları ve Eğilimleri

Kış mevsimi ortalama RH değerleri, Marmara Bölgesi, Antalya, Konya, Batı Karadeniz ve Dicle bölümlerinde yüksek, Kahramanmaraş ve Ağrı çevresinde düşüktür ($<0.5 \text{ ms}^{-1}$). Türkiye'de en yüksek rüzgâr hızları yıllık ortalama rüzgâr hızlarında olduğu gibi boğazlar ve Marmara Denizi çevresinde belirlenmiş, bu sahalardaki rüzgâr hızı 5 ms^{-1} 'yi aşmıştır (Şekil 12a). Uzun yıllar içindeki rüzgâr hızı değişkenliği (Şekil 12b), rüzgârın hızlı estiği yerlerde yüksek, Karadeniz, Ege ve Akdeniz çevresinde ise düşüktür.



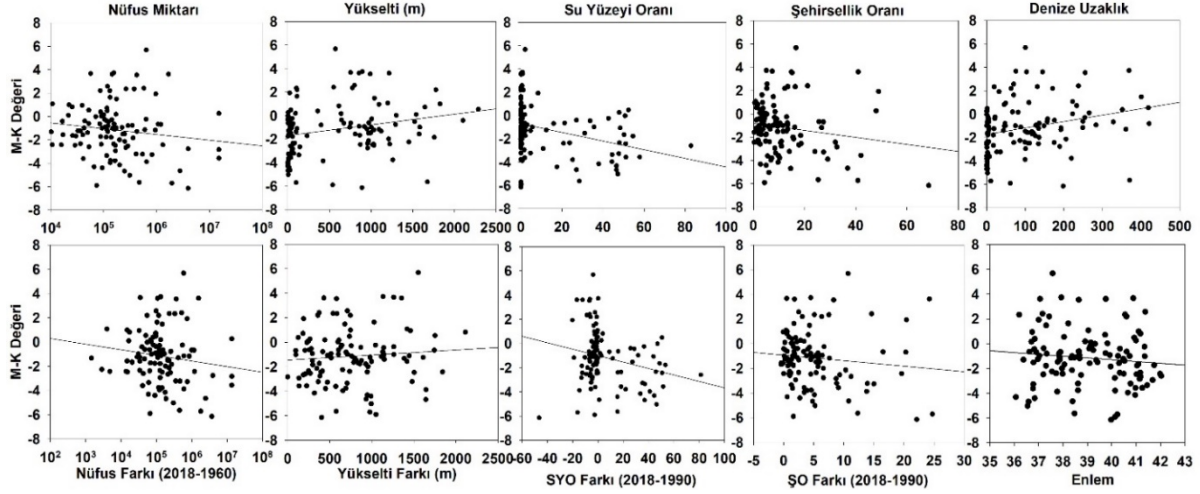
Şekil 12. Türkiye'de kış mevsiminde ortalama RH (a), rüzgâr hızı standart sapması (b), Mann-Kendall testine göre RH eğilimleri (c, d, e) ve regresyon analizine göre yıllık artış-azalış miktarları (c, d, e).

1959-1988 arası dönemde kış mevsimindeki rüzgâr hızlarında hem anlamlı artış hem de azalış eğilimleri belirlenmiştir. Artma eğilimleri Samsun, Gaziantep, Kahramanmaraş ve Antakya istasyonlarında şiddetli, Artvin ve Elâzığ istasyonlarında anlamlı artma şeklindedir (Şekil 12c). Samsun'daki yıllık ortalama RH artışı 0.025 ms⁻¹y⁻¹'a yaklaşmaktadır. Aynı dönemde, Iğdır, Dalaman, Başkale, İskenderun, Akhisar, Bilecik, Denizli, Kırşehir, Dikili ve Tortum, istasyonlarında şiddetli, İnebolu,

Bandırma, Aydın ve Batman istasyonlarında ise anlamlı azalma eğilimleri belirlenmiştir. Başkale istasyonundaki azalma eğilimi $-0.026 \text{ ms}^{-1}\text{y}^{-1}$ 'i geçmiştir. Kış dönemi rüzgâr hızları, 1989-2018 döneminde değişmiş, azalma eğilimleri Alanya, Yalova, Bursa, Sarıyer, Dört Yol, Niğde, Samsun, Erzurum, Uşak, Rize, Şile, Sarıkamış ve Bergama istasyonlarında şiddetli, Dinar istasyonunda ise anlamlı azalma şeklinde belirlenmiştir (Şekil 12d). Sarıyer istasyonundaki azalma $-0.020 \text{ ms}^{-1}\text{y}^{-1}$ değerini geçmiştir. Bu dönemde Iğdır, Dikili, Geyve, Mersin, Başkale, Bodrum, Yozgat, Afyon, Akçakoca, Malazgirt, Bolu, Tortum, Cihanbeyli, Kadıköy, Kahramanmaraş ve Kızılcahamam istasyonlarında şiddetli, Antakya ve Salihli istasyonlarında ise anlamlı artış eğilimleri görülmüştür. Geyve istasyonundaki artış $0.033 \text{ ms}^{-1}\text{y}^{-1}$ değerini aşmış, Kıyı Ege, Batı Karadeniz Bölümlerinde azalma, Antalya Bölümü'nde ise artış eğilimi hâkim olmuştur.

1959-2018 yılları arasındaki genel eğilimler incelendiğinde, Türkiye'nin batı yarısı ile doğu sınırı çevresinde ve Doğu Karadeniz-Erzurum çevresinde artma, diğer sahalarda azalma eğilimleri olduğu belirlenmiştir (Şekil 12e). Eğilimler, artma ve azalma bölgeleri sınırındaki istasyonlar haricindeki yerlerde istatistiksel anlam seviyesini aşmıştır. En fazla azalma Yalova'da ($-0.017 \text{ ms}^{-1}\text{y}^{-1}$), en yüksek artış ise Kahramanmaraş'ta ($0.016 \text{ ms}^{-1}\text{y}^{-1}$) belirlenmiştir.

Kış dönemi RH eğilimleri ile yükselti, denize uzaklık, istasyon çevresindeki yükselti farkları arasında pozitif bir ilişki bulunmakta, yükseltinin, yükselti farkının ve denize uzaklığın arttığı istasyonlarda RH azalma oranının düştüğü ya da rüzgâr hızının arttığı anlaşılmaktadır (Şekil 13). İstasyonların bulunduğu yerleşmenin nüfus miktarı, istasyon çevresindeki ŞO, 2018-1990 ŞO farkı ve enlem ile kış dönemi rüzgâr hızı eğilimleri arasındaki anlamlı bir ilişki görülmemektedir. Buna rağmen, istasyon çevresindeki SYO ve 2018-1990 yılları arasındaki SYO farkı arttıkça, rüzgâr hızında azalma miktarı yükselmektedir.

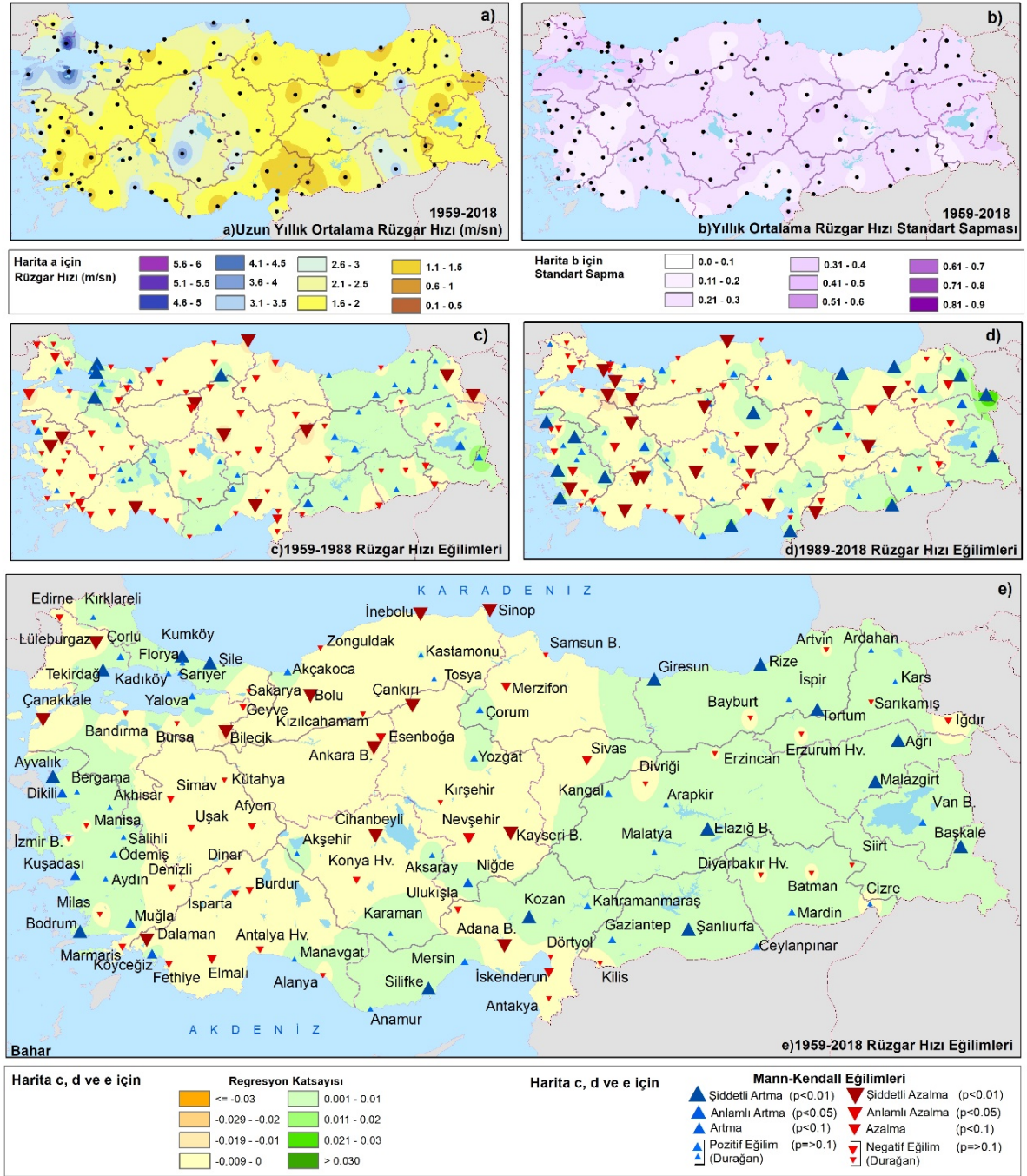


Şekil 13. Kış mevsimi ortalama RH eğilimleri ile istasyon ve çevresi özellikleri arasındaki ilişkiler ve regresyon doğruları.

3.3.2. Bahar Mevsimi Rüzgâr Hızları ve Eğilimleri

Bahar döneminde, kış ve yıllık ortalamalara RH dağılışına benzer şekilde en yüksek rüzgâr hızları, Marmara Bölgesi ile Konya, Antalya ve Dicle Bölümlerinde belirlenmiştir (Şekil 14a). Bu dönemde, Adana Bölümü doğusunda rüzgâr hızları düşüktür. Baharda, Akdeniz, Ege ve Karadeniz kıyıları ile depresyonlarda yer alan istasyonlarda standart sapma değerleri düşüktür. Standart sapma değerleri, Marmara Denizi çevresinde yükselmektedir (Şekil 14b).

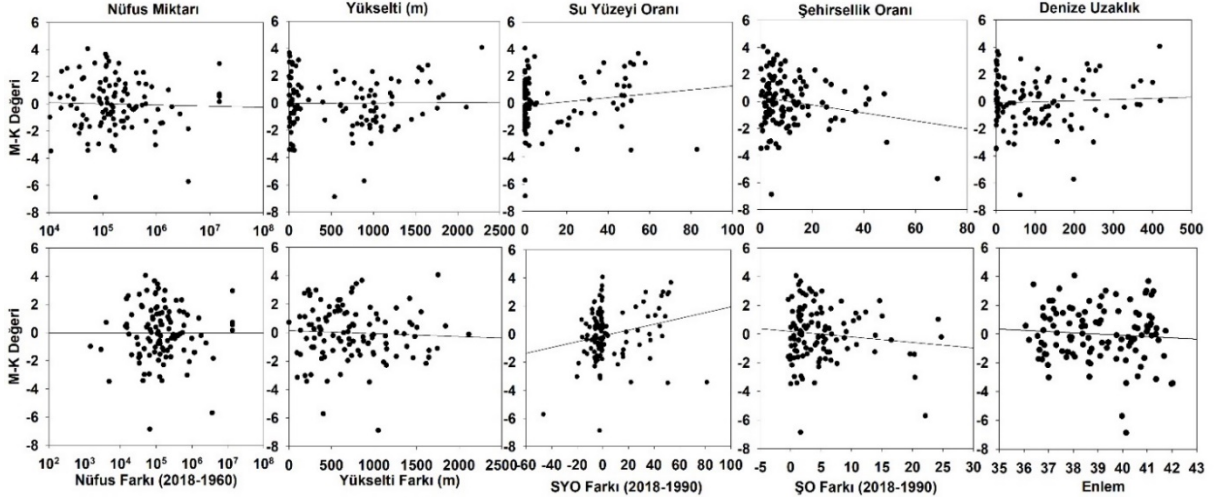
Bahar mevsiminde, 1959-1988 yılları arasında Iğdır, Kars, Kırşehir, Sinop, Akhisar, Manisa, Esenboğa, Adana ve Kangal istasyonlarında şiddetli, Antalya ve Çanakkale istasyonlarında anlamlı azalma, Kumköy, Kadıköy, Tosya ve Bursa istasyonlarında ise şiddetli artma eğilimleri belirlenmiştir (Şekil 14c). Bu dönemde, -0.022 ile 0.018 $m s^{-1}y^{-1}$ arasında yıllık rüzgâr değişimi belirlenmiş, en yüksek artış Kumköy, en fazla azalma ise Iğdır istasyonunda görülmüştür. Genel olarak Türkiye'nin doğu yarısında artma, batı yarısında ise azalma eğilimleri hâkimdir. İkinci periyotta, şiddetli ve anlamlı azalma eğilimleri 20, artma eğilimi ise 14 istasyona çıkmıştır (Şekil 14d). İkinci periyotta RH eğilimleri -0.021 (Bursa) ile 0.029 (Iğdır) $ms^{-1}y^{-1}$ arasında değişmiştir. Azalma ve artma eğilimleri genel olarak Türkiye'nin sınır bölgelerinde artma, iç kesimlerinde ise azalma şeklindedir.



Şekil 14. Türkiye'de bahar mevsiminde ortalama RH (a), RH standart sapması (b), Mann-Kendall testine göre RH eğilimleri (c, d, e) ve regresyon analizine göre yıllık artış-azalış miktarları (c, d, e).

Bahar mevsiminde tüm periyot boyunca ölçülen ortalama RH, İç Anadolu Bölgesi ile bölgenin kuzey, güneybatı ve batısındaki sahalarda azalma, Türkiye'nin geriye kalan kısmında ise genel olarak artma şeklinde belirlenmiştir (Şekil 14e). Azalma eğilimleri 13, artma eğilimleri ise 15 istasyonda istatistiksel anlam seviyesini aşmıştır. En fazla azalma Bilecik (-0.013 ms⁻¹y⁻¹) en yüksek artma ise Kümköy-Kilyos (0.009 ms⁻¹y⁻¹) istasyonunda belirlenmiştir.

Eğilimler ile nüfus ve nüfus farkı arasında, yükselti ve yükselti farkı arasında belirgin ilişkiler görülmemektedir (Şekil 15). İstasyon SYO ve SYO farkı ile eğilimler arasında pozitif bir ilişki bulunmakta, SYO ve SYO farkı arttıkça, eğilim değerleri pozitif yöne geçmekte ve değerleri büyümektedir. Buna rağmen, bahar mevsimi eğilimleri ile ŞO, ŞO farkı, denize uzaklık ve enlem arasında bir ilişki bulunamamıştır.



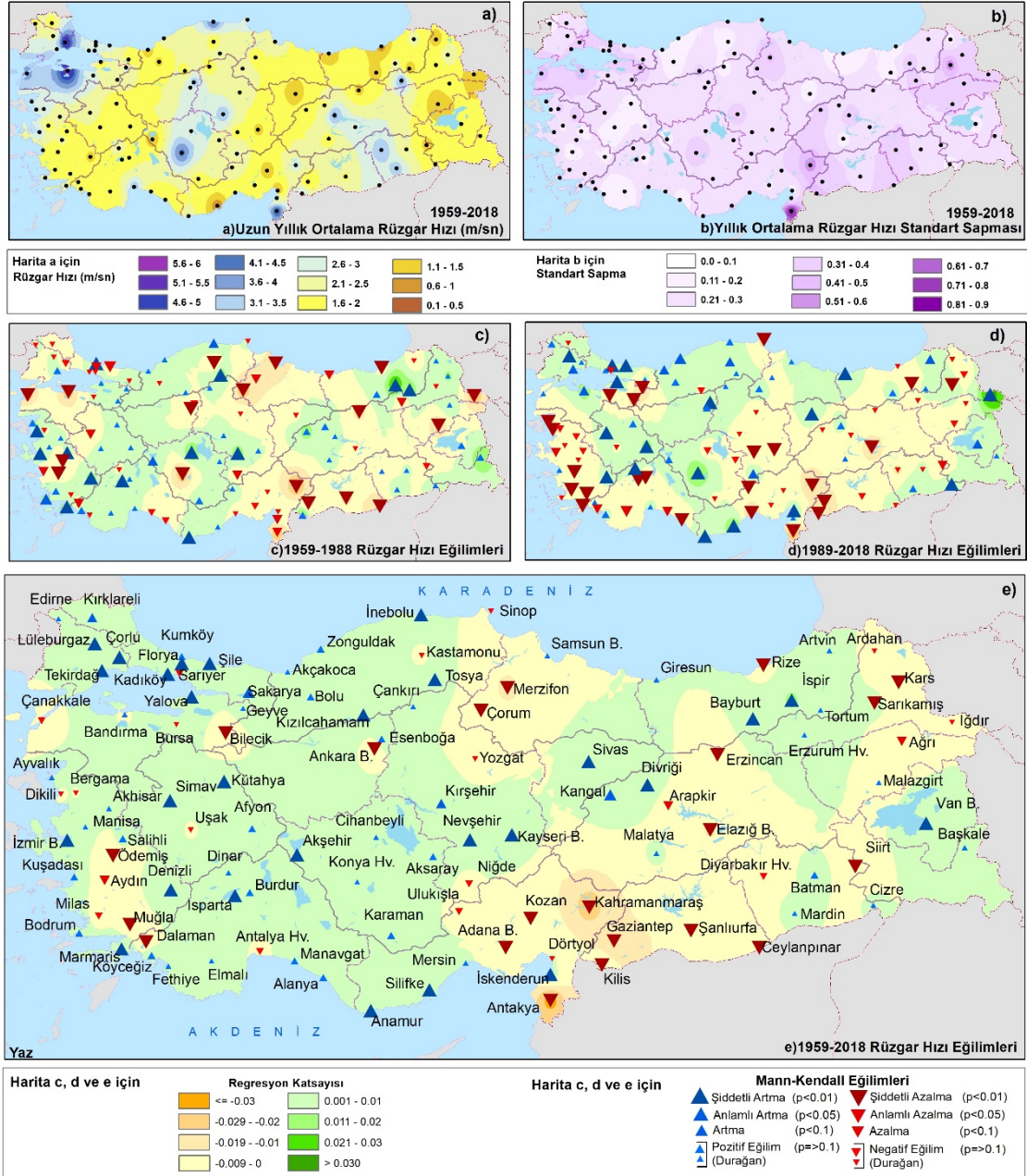
Şekil 15. Bahar mevsimi ortalama RH eğilimleri ile istasyon çevresi özellikleri arasındaki ilişkiler ve regresyon doğruları.

3.3.3. Yaz Mevsimi Rüzgâr Hızları ve Eğilimleri

Yaz mevsimi ortalama RH değerleri Marmara Denizi ve çevresi ile Konya ve Dicle Bölümlerinde yüksektir (Şekil 16a). Antakya istasyonu da yaz mevsiminde yüksek rüzgâr hızlarıyla kendini göstermekte, rüzgâr hızı yüksek istasyonlarda standart sapma değeri de yüksek çıkmaktadır (Şekil 16b).

1959-1988 periyodunda yaz mevsimi RH eğilimlerine bakıldığında, Konya, Ankara, Iğdır, Çorum, Samsun, Kastamonu, Kahramanmaraş, Aydın, Ödemiş, Şanlıurfa, Gaziantep, Ceylanpınar, Bandırma, Çanakkale, Malazgirt, Erzincan, istasyonlarında şiddetli Şile istasyonunda ise anlamlı azalma, Cihanbeyli, Kumköy, Tosya, Salihli, İzmir, Dikili, Denizli, Marmaris, Tortum, İspir Nevşehir, Burdur ve Anamur istasyonlarında şiddetli, Bodrum'da ise anlamlı artma eğilimleri olduğu görülmektedir (Şekil 16c). Bu periyotta rüzgâr hızları -0.033 (Kahramanmaraş) ile 0.036 (İspir) $m s^{-1}y^{-1}$ arasında değişim miktarına sahiptir. İkinci periyotta, şiddetli ve anlamlı bir şekilde rüzgâr hızı azalan istasyon sayısı 25'e, artan istasyon sayısı ise 17'ye çıkmıştır. Bu periyotta Akdeniz ve Ege kıyılarında, Dicle ve Orta Kızılırmak ile Doğu Anadolu Bölgesi'nin Van Gölü doğusu ve güneyi haricinde kalan kısımları ile Sakarya Havzası'nın aşağı çığırında rüzgâr hızlarının azaldığı ve bu azalmaların

istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Artma eğilimleri ise, İç Ege, Orta ve Batı Karadeniz Bölümleri, Ergene Havzası ile İstanbul ve Ankara çevrelerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 16d).

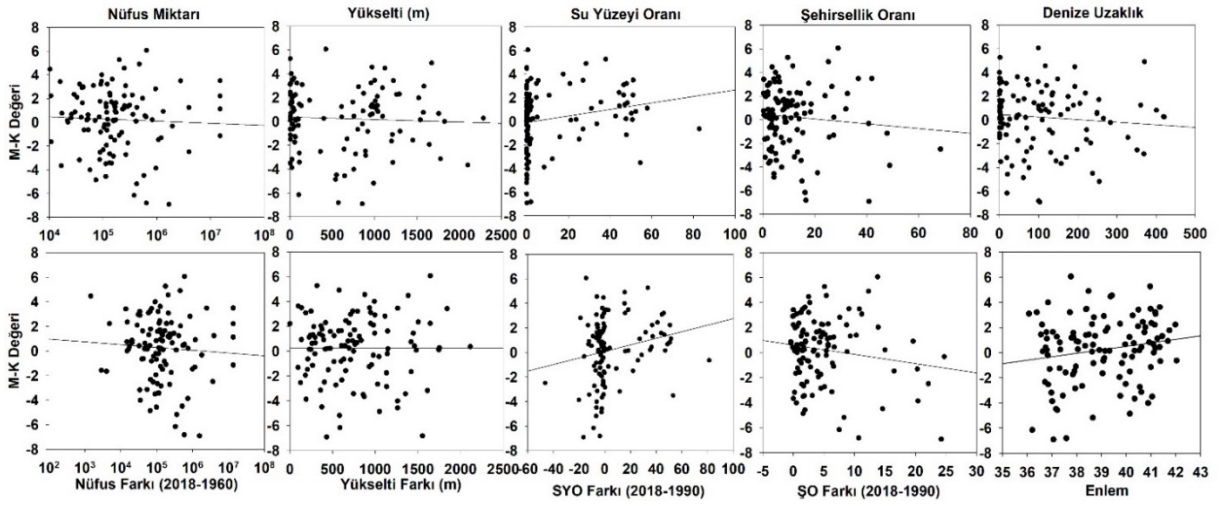


Şekil 16. Türkiye’de yaz mevsiminde ortalama RH (a), rüzgâr hızı standart sapması (b), Mann-Kendall testine göre RH eğilimleri (c, d, e) ve regresyon analizine göre yıllık artış-azalış miktarları (c, d, e).

Tüm periyot boyunca yaz mevsimi ortalama RH eğilimleri incelendiğinde bazı bölgeler haricinde genel bir artma eğilimi ile karşılaşılmaktadır. Artışlar genel olarak şiddetli artma şeklindedir (Şekil 16e). Azalma eğilimleri, kuzeydoğu Anadolu’da, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Adana Bölümü, Yukarı Fırat ve Orta Karadeniz

bölümleriyle Dalaman-Ödemiş arasındaki istasyonlarda karşımıza çıkmaktadır. Azalma eğilimleri de genel olarak şiddetli azalma şeklindedir.

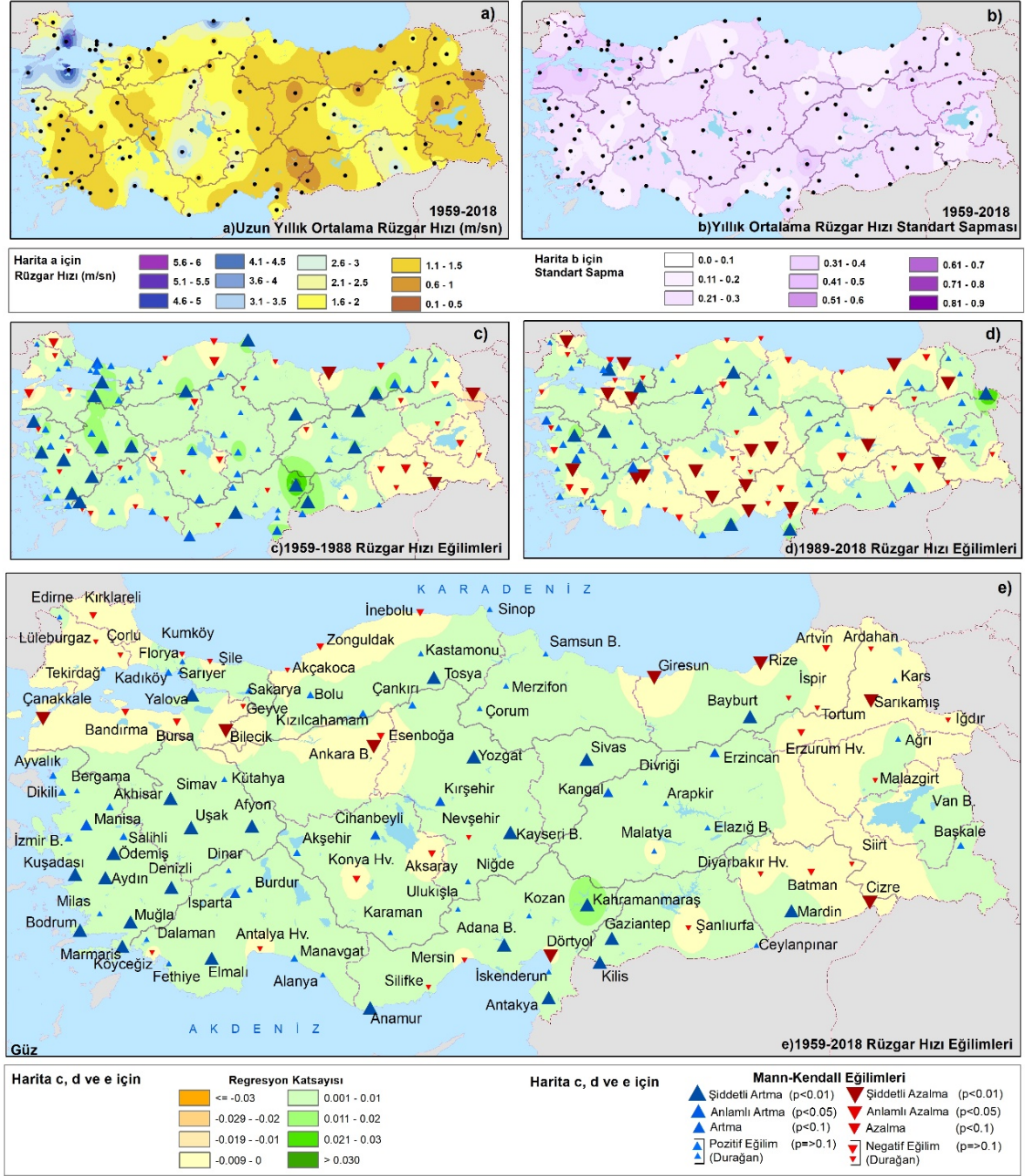
Yaz mevsimi RH eğilimleri ile nüfus miktarı, nüfus farkı, yükselti, yükselti farkı arasında belirgin bir ilişki bulunamamış, SYO değerlerinin yükselmesi ve bu orandaki artışa bağlı olarak RH eğilimlerinin pozitif değerler aldığı ve artış eğilimi gösterdiği görülmüştür (Şekil 17). ŞO ve ŞO farkı ile RH eğilimleri arasında negatif bir ilişki görülse de bu ilişki çok anlamlı görülmemektedir. Denize uzaklık ve enlem ile RH eğilimleri arasındaki ilişki de belirgin değildir.



Şekil 17. Yaz mevsimi ortalama RH eğilimleri ile istasyon çevresi özellikleri arasındaki ilişkiler ve regresyon doğruları.

3.3.4. Güz Mevsimi Rüzgâr Hızları ve Eğilimleri

Güz mevsimi rüzgâr hızları, Marmara Denizi çevresi ile Batı Karadeniz kıyılarında ve Konya ile Dicle bölümlerinde yüksektir (Şekil 18a). Bu mevsimde Türkiye'deki rüzgâr hızları genel olarak düşüktür ($<0.5 \text{ ms}^{-1}$). Rüzgâr hızı değişkenliği, Akdeniz, Karadeniz ve Ege Denizi kıyıları ile göl ve barajlar çevresindeki (Van, Akşehir, Keban, Karakaya) istasyonlarda düşüktür (Şekil 18b). Bu mevsimde, karalar soğumaya başlamış, su yüzeyleri serinlemeye başlamış, kara-deniz sıcaklık farkı azalmıştır. Bu nedenle hem rüzgâr hızları hem de değişkenliği düşüktür.



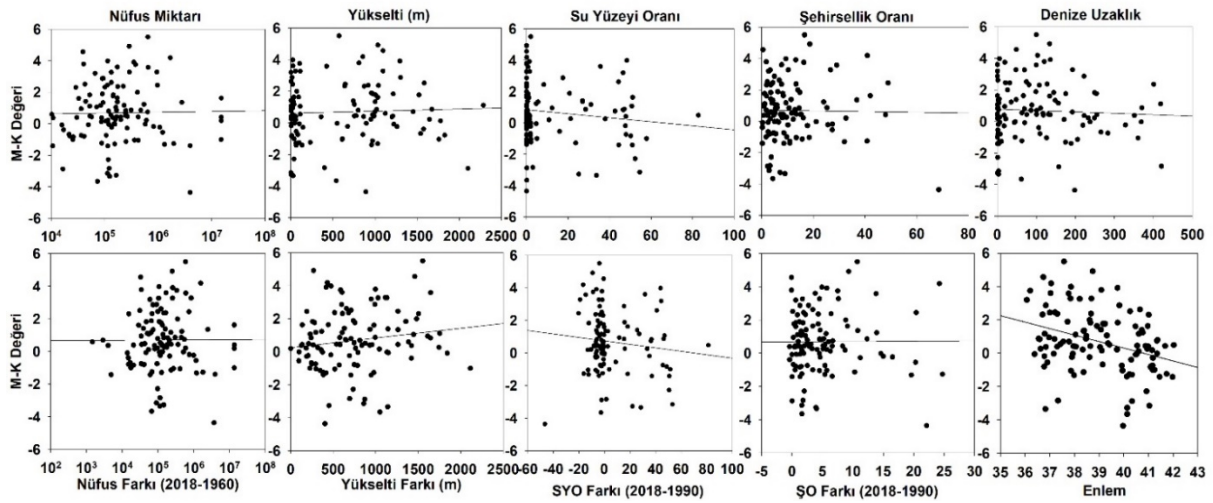
Şekil 18. Türkiye'de güz mevsiminde ortalama RH (a), rüzgâr hızı standart sapması (b), Mann-Kendall testine göre RH eğilimleri (c, d, e) ve regresyon analizine göre yıllık artış-azalış miktarları (c, d, e).

Güz mevsimi RH değerleri ilk periyotta genel olarak artma eğilimi göstermektedir (Şekil 18c). Bu mevsimde 36 istasyonda azalma eğilimi belirlenmiş, bu azalmalar ise sadece Hakkâri ve Van Bölümü ile Giresun'da şiddetli azalma şeklinde olmuştur. Artış miktarları ise Kahramanmaraş, Yalova, Kızılcahamam, Antakya, İspir, Sinop, Ayvalık, Nevşehir ve Bergama istasyonlarında $0.015 \text{ ms}^{-1}\text{yıl}^{-1}$ değerini aşmıştır. İkinci periyotta azalma eğilimi görülen istasyon sayısı 49'a çıkmış,

Akdeniz Bölgesi, Konya, Orta Kızılırmak Bölümleri ile Güneydoğu Toroslar çevresinde, Karadeniz kıyıları, Marmara Bölgesi doğusu ve Ege Bölgesi güney kıyılarında görülmeye başlamıştır (Şekil 18d). Bu dönemde Marmara Bölgesi doğusundaki ve Ege kıyılarında azalma eğilimleri dikkati çekmekte, bu sahalarda, incelenen iki periyotta farklı ve istatistiksel anlamlı eğilimler ile karşımıza çıkmaktadır.

Tüm periyot boyunca güz mevsimi ortalama RH değerleri genel olarak artma eğilimi göstermekte, bu eğilimler de 24 istasyonda istatistiksel anlam seviyesini aşmaktadır (Şekil 18e). İncelenen istasyonların sadece 38'inde azalma eğilimi belirlenmiş, bu istasyonlardan Ankara, Bilecik, Dört Yol, Çanakkale, Rize, Sarıkamış, Cizre ve Giresun'daki azalmaların şiddetli olduğu görülmüştür. Tüm periyotta güz mevsimindeki rüzgâr hızları yılda -0.010 (Çanakkale) ile 0.017 (Kahramanmaraş) $m\ s^{-1}$ arasında değişmektedir.

Güz mevsiminde, nüfus miktarı ve nüfus değişimi ile RH eğilimleri arasında belirgin bir ilişki görülmemektedir (Şekil 19). Benzer durum mutlak yükselti için de geçerlidir. Bunun yanında yükselti farkı ile eğilimler arasında doğrusal bir ilişki bulunsa da bu ilişki çok anlamlı değildir. SYO, ŞO ve denizel uzaklık ile eğilimler arasında doğrusal bir ilişki bulunmakta, enlem ile RH eğilimleri arasında negatif bir doğrusal ilişki olduğu görülmektedir. Enlem arttıkça, rüzgâr hızları azalmakta ve azalma miktarları artış göstermektedir.



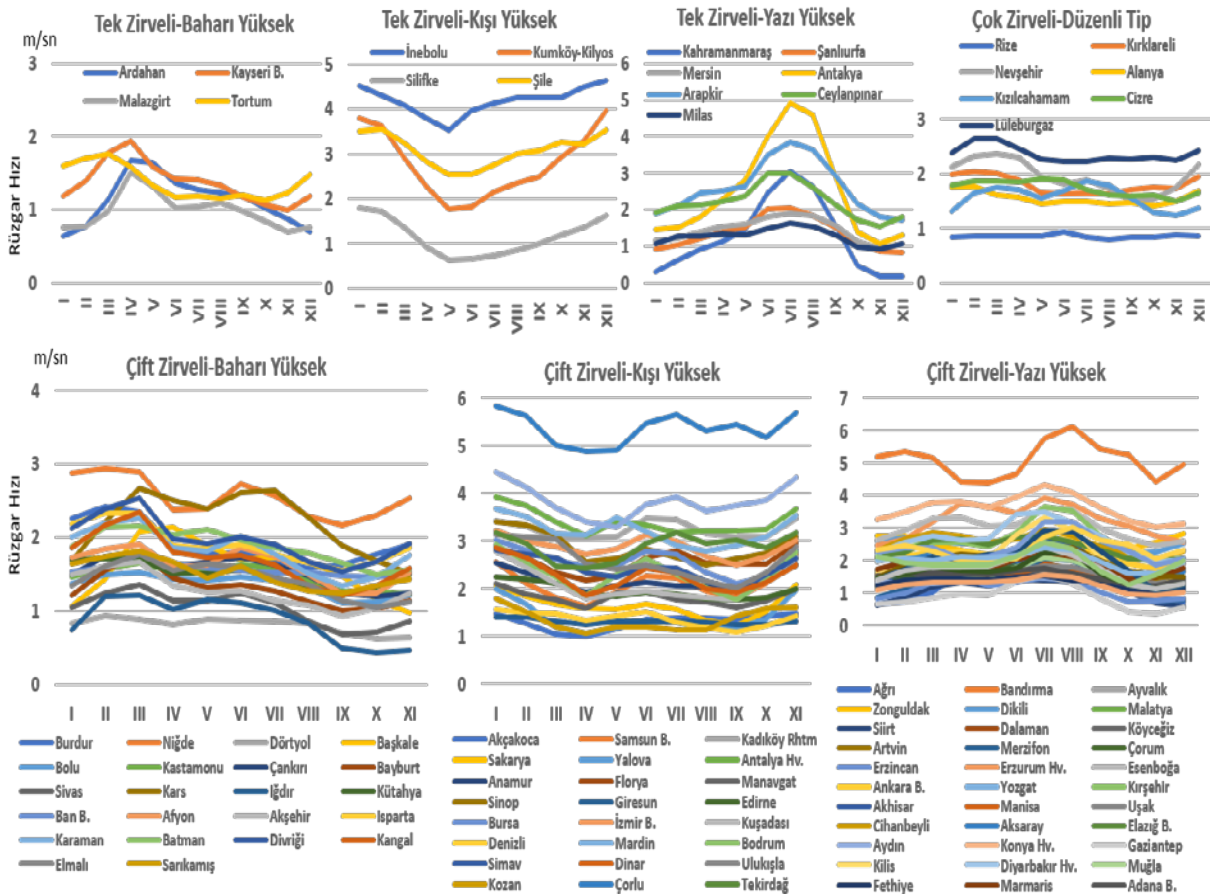
Şekil 19. Güz mevsimi ortalama RH eğilimleri ile istasyon çevresi özellikleri arasındaki ilişkiler ve regresyon doğruları.

3.4. Aylık Rüzgâr Hızı Eğilim Rejimleri

Türkiye’de, aylık ortalama rüzgâr hızı eğilimleri grafiklenerek incelenmiş, genel olarak 7 farklı eğilim rejimi olduğu görülmüştür. Bunlardan ilki, “baharda artan” tiptir (Şekil 20). Bu tipte RH değerleri genel olarak mart-mayıs arasında artmakta diğer aylarda ise azalmakta ya da belirgin bir eğilim göstermemektedir. Bu tip, Rize, Giresun, Ardahan, Malazgirt, Kilyos ve Mersin istasyonlarında görülmektedir. Bu eğilim rejimi, Doğu Karadeniz kıyılarında bir bölge oluştursa da Türkiye’nin farklı bölgelerinde dağınık şekilde görülmektedir (Şekil 21).

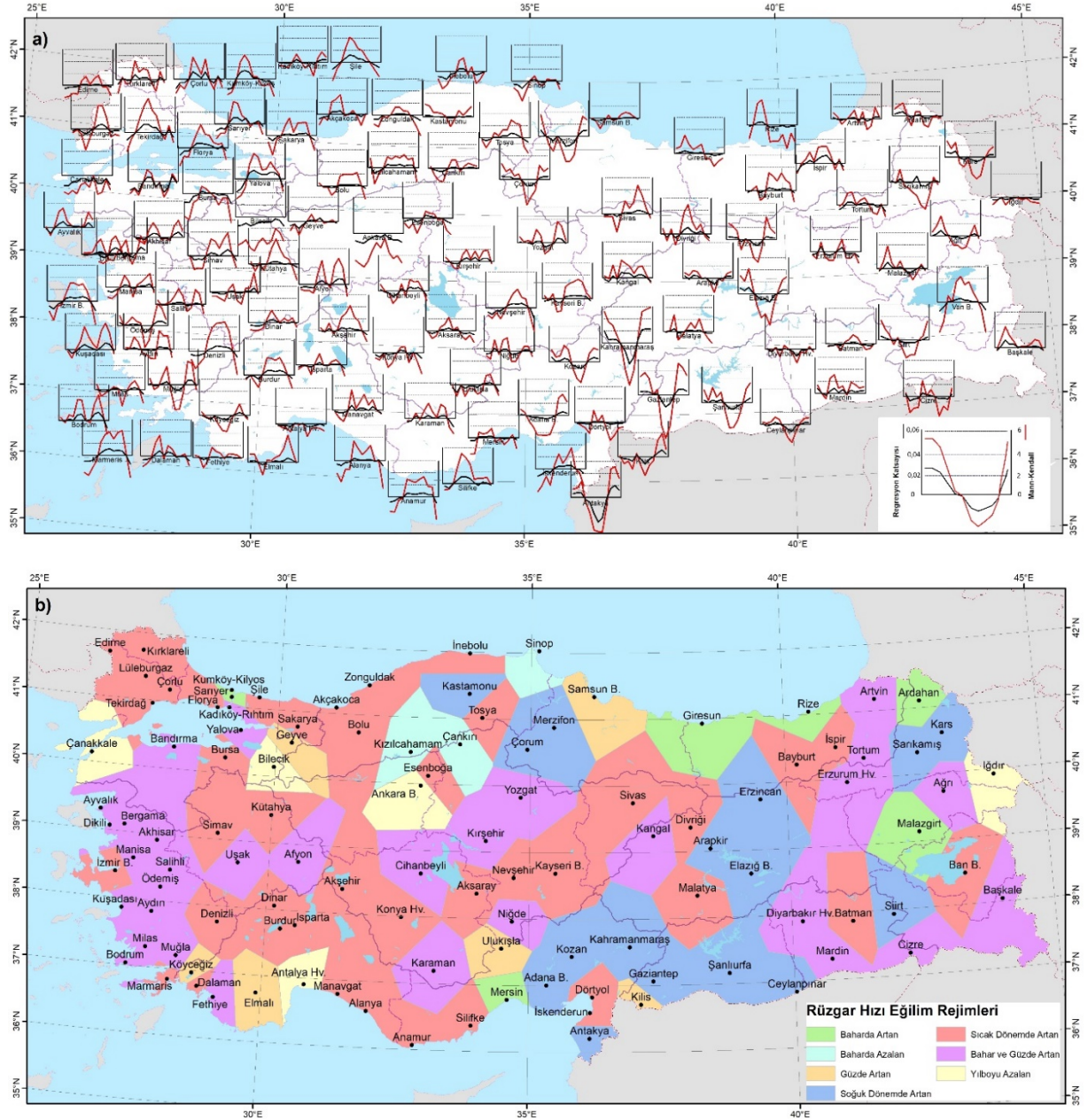
Toplam 6 istasyonda belirlenen “güzde artan” tip, Samsun, Niğde, Elmalı, Geyve, Muğla Kilis’te görülmektedir (Şekil 20, Şekil 21). Bu eğilim rejiminde, rüzgâr hızları genel olarak durağan özellik göstermekte, eylül-kasım arasında ise istatistiksel olarak anlamlı artış eğilimleri göstermektedir.

Çankırı, Kızılcahamam ve Sinop istasyonunda belirlenen “baharda azalan” tip, şubat-mayıs arasında azalma, diğer dönemlerde artan eğilim rejimini tanımlamaktadır. Bu tipte artma eğilimleri çok belirgin olmasa da bahardaki azalma istatistiksel anlam seviyesini aşmaktadır (Şekil 20, Şekil 21).



Şekil 20. Türkiye’de aylık RH eğilim rejimleri. Numaralar Şekil 8 ile aynıdır.

Türkiye’de en fazla istasyonda görülen rejim “sıcak dönemde artan” tiptir (42 istasyon). Bu tip, tek zirvelidir ve bu tipte hem rüzgâr hızı azalması hem de artması mevcuttur. Rüzgâr hızı azalışları, soğuk dönemde, özellikle aralık ve ocak aylarında istatistiksel olarak anlamlı olabilmekte ya da soğuk dönemde belirgin bir azalma görülmemektedir. Buna rağmen, sıcak dönemde ve özellikle mayıs-eylül arası dönemde rüzgâr hızları artma eğilimi göstermektedir. Sıcak dönemde artan tip, Batı Karadeniz kıyıları ile Trakya’da, İç Ege’de, Antalya Bölümü’nün yüksek istasyonlarında, İç Anadolu Bölgesinin, Toroslar kuzeyinde kalan istasyonlarında görülmektedir (Şekil 21).



Şekil 21. Türkiye’de aylık RH eğilimleri ve rejim bölgeleri.

“Soğuk dönemde artan” tip (16 istasyon), soğuk dönemde, özellikle ekim-ocak arasında rüzgâr hızlarının arttığı, sıcak dönemde özellikle haziran-ağustos aylarında rüzgâr hızlarının azaldığı, bu azalma ve artış dönemleri arasında çok belirgin eğilimin görülmediği istasyonları ifade etmektedir (Şekil 20). Bu tipteki istasyonlar genelde Türkiye’nin doğu yarısında yer almakta ve Doğu Akdeniz ve Fırat Havzası’nda yoğunlaşmaktadır (Şekil 21). Bunların yanında Kars, Sarıkamış ve Kastamonu gibi yüksek istasyonlarda da bu tip görülmektedir.

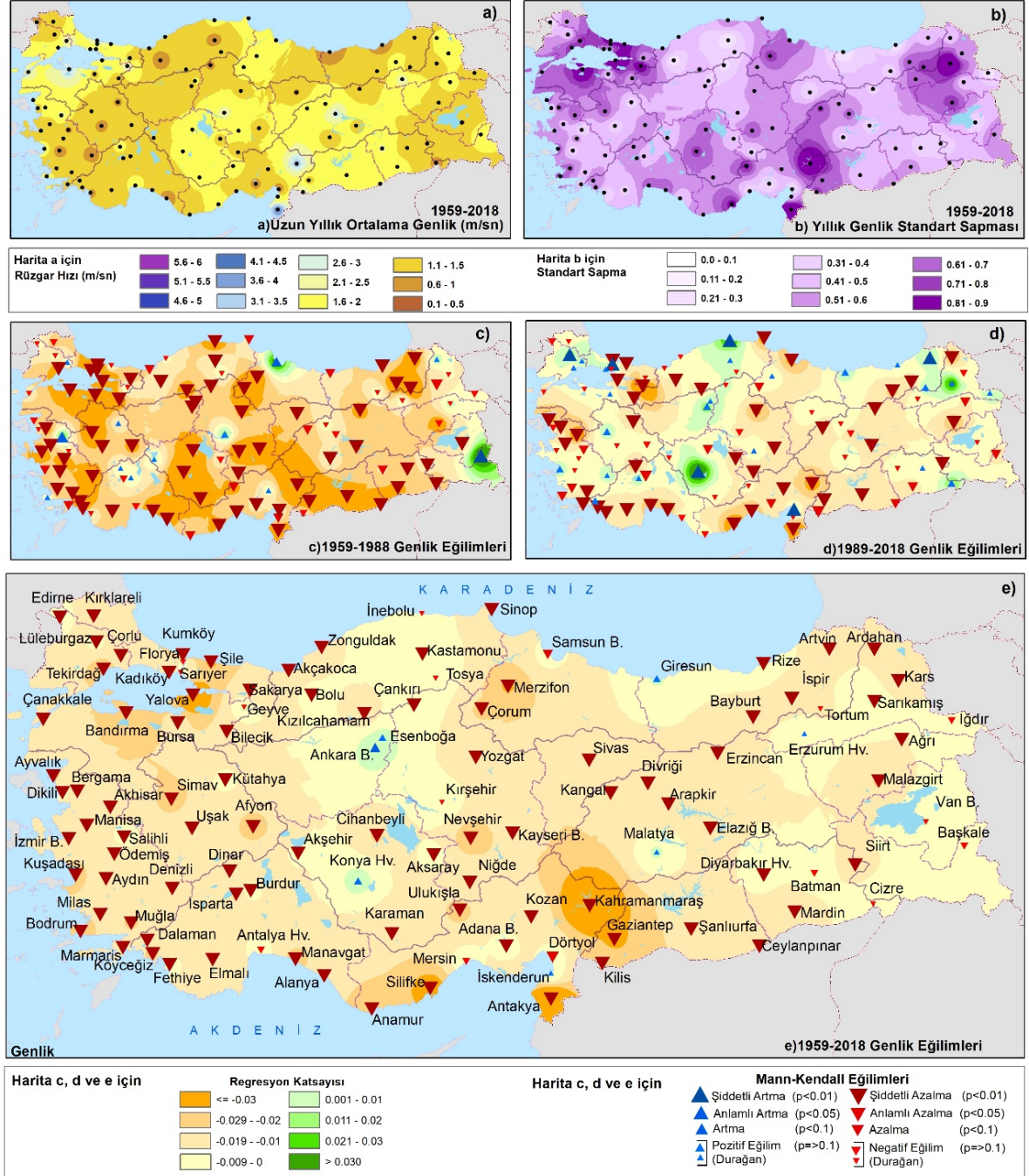
“Bahar ve güzde artan” tip, toplam 32 istasyonda belirlenmiştir. Bu tipteki rüzgâr hızları, yaz ve kış aylarında durağan seyretmekte ya da azalma eğilimi göstermekte, bahar (bahar sonu yaz başı) ve güz döneminde ise artışlar ile kendini göstermektedir (Şekil 20). Ege, İç Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri’nde belirlenen bu eğilim rejimi (Şekil 21), yaz ve kış aylarında yüksek rüzgâr hızlarına sahip (çift zirveli-yazı yüksek ve çift zirveli kışı yüksek) istasyonlarda görülmekte (Şekil 9), bu durum da RH’nin düşük olduğu dönemlerde rüzgâr hızlarının arttığını göstermektedir. “Yılboyu azalan” tip, toplam 5 istasyonda belirlenmiştir. Bu tipte rüzgâr hızları ya tamamen ya da bir ya da iki ay haricinde tüm aylarda azalma eğilimi göstermektedir. Bu tipteki istasyonlar birbirinde uzak sahalarda yer almakta, bir bölge oluşturmamaktadır.

3.5. Türkiye’de Ortalama Rüzgâr Hızı Genliği ve Eğilimleri

Türkiye’de 1959-2018 yılları arasında, her yıl en yüksek aylık ortalama rüzgâr hızı ile en düşük rüzgâr hızı arasındaki farkların ortalaması alınarak elde edilen ortalama genlik haritasına göre Marmara Denizi ve çevresinde, Konya Bölümü ve Kızılırmak çevresinde, Orta Karadeniz Bölümü ile Fırat Havzası’nda ve Kahramanmaraş çevresindeki rüzgâr genlikleri yüksektir ($> 1,6 \text{ ms}^{-1}$) (Şekil 22a). Rüzgâr genliğinin yıllar arasındaki değişkenliği de bu sahalarda ve Kuzeydoğu Anadolu’da daha yüksektir (Şekil 22b).

1959-1988 yılları arasında yıllık rüzgâr genlikleri Türkiye’nin büyük bölümünde şiddetli azalma eğilimi göstermekte, artma eğilimi gösteren 7 istasyondan sadece, Başkale, Samsun, Akhisar istasyonlarındaki artma eğilimleri istatistiksel anlam seviyesini aşmaktadır (Şekil 22c). 1989-2018 yılları arasında da rüzgâr genlikleri Türkiye’nin büyük bir bölümünde şiddetli azalma eğilimi göstermekte, Konya, İnebolu, Artvin, Sarıyer, Lüleburgaz ve Tortum istasyonlarında artma eğilimlerinin anlamlı olduğu görülmektedir. Tüm periyot boyunca genlik eğilimleri 7 istasyonda artma eğilimi göstermekte, sadece Ankara istasyonundaki eğilim anlamlı artma şeklinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 22d). Türkiye’nin geriye kalan

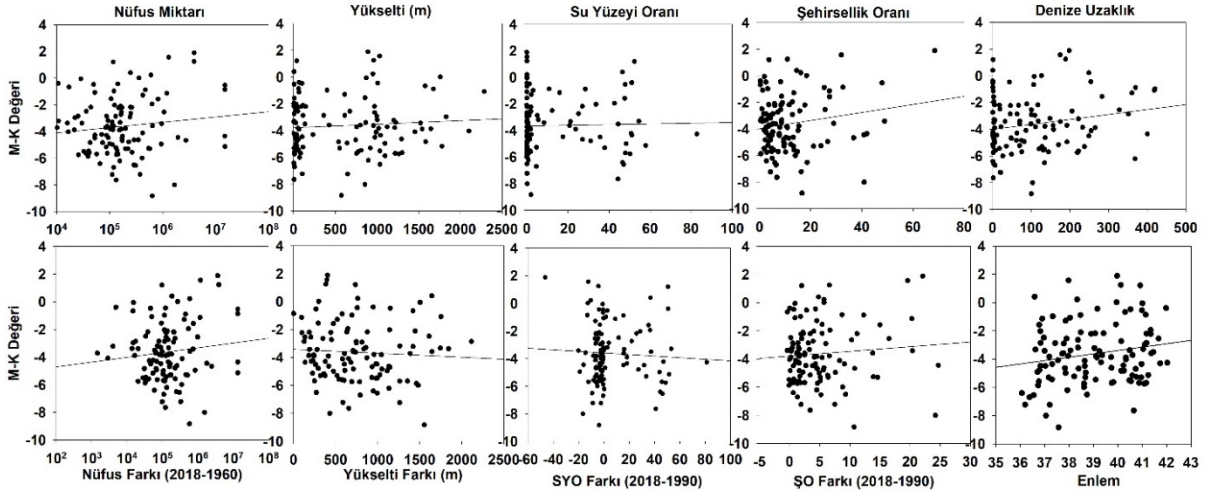
istasyonlarında ise genliklerde azalma eğilimleri görülmekte, bu azalmalar istasyonların büyük bir bölümünde şiddetli azalma şeklinde meydana gelmektedir (Şekil 22e).



Şekil 22. Türkiye’de uzun yıllık ortalama RH genlikleri (a), genliklerin standart sapması (b), Mann-Kendall testine göre genlik eğilimleri (c, d, e) ve regresyon analizine göre yıllık genlik artış-azalış miktarları (c, d, e).

Genliklerdeki eğilimler ile istasyon özellikleri arasındaki ilişkilere bakıldığında, nüfus ve nüfus farkı arttıkça genliklerin arttığı ya da 0’a yaklaştığı görülmektedir (Şekil 23). Yükselti, yükselti farkı, SYO ve SYO farkı ile genlikler arasında bir ilişki

görülmezken, ŞO, ŞO farkı, denize uzaklık ve enlem arttıkça eğilimler azalmakta ve 0'a yaklaşmaktadır.



Şekil 23. Türkiye’de RH genlik eğilimleri ile istasyon çevresi özellikleri arasındaki ilişkiler ve regresyon doğruları.

Tartışma

Türkiye için yıllık, mevsimlik ve aylık ortalama rüzgâr hızları, 1975-2006 yılları arası dönem için Dadaser-Çelik ve Cengiz tarafından analiz edilmiş, RH değerlerinin Türkiye genelinde azalmakta olduğu, Anadolu Diyagonalı çevresi, Trabzon-Harran arası hat ve çevresi ile Batı Karadeniz ve Uşak çevrelerinde arttığı belirlenmiştir. Artış oranları, bahar ve yaz mevsimleri ile özellikle şubat ve mart aylarında, azalış oranları ise yaz ve kış mevsimleri ile kasım, aralık ve ocak aylarında kuvvetlenmektedir. Bu çalışmada, 1959-1988 arası dönem için yapılan yıllık ortalama RH analizlerinde de Doğu Karadeniz-Dörtyol arasındaki hat çevresinde artma eğilimleri belirlenmiş, Dadaser-Çelik ve Cengiz (1921) tarafından yapılan analiz sonuçları ile benzerlik göstermiş, diğer sahalardaki artışlar ise bu çalışmada daha geniş alanlarda belirlenmiştir. Tüm periyot değerlendirildiğinde ise bu çalışmada Ege kıyıları da RH artışlarının olduğu görülmekte, azalmalar ise daha dar alan kapsamaktadır.

Mevsimlere göre RH analiz sonuçlarına bakıldığında, kış mevsimi için bu çalışma sonuçları ile Dadaser-Çelik ve Cengiz (1918) tarafından yapılan çalışma sonuçları benzerlikler içermekte, hem 1959-1988 hem de tüm periyotta Adana Bölümü-Erzincan arası hat ve çevresindeki sahalardaki RH artışları iki çalışmada da görülmektedir. Buna rağmen, Dadaser-Çelik ve Cengiz (1918) tarafından Batı Karadeniz için belirlenen RH azalmaları bu çalışmada sonuçları ile örtüşmemiştir. Bu çalışmada ayrıca Orta Karadeniz ve Kuzeydoğu Anadolu’da da RH artışları belirlenmiştir. Çarpar ve diğerleri (3026-3027) tarafından yapılan çalışmada da

aralık-şubat arasında kuzeydoğu Anadolu'da RH artışları belirlenmiş, bu çalışma sonuçları ile örtüşmüştür. Kış mevsiminde Türkiye'nin büyük bir bölümünde azalma eğilimlerinin görülmesi, bu mevsimde KKD'nin Adana ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi haricinde hâkim olduğunu göstermektedir. Kış mevsiminde Türkiye, Sibiryaya termik yüksek basıncı (STYB), Azor dinamik yüksek basıncı (ADYB) ve İzlanda dinamik alçak basıncı (İDAB) etkisinde kalmaktadır. Bu dönemde Türkiye'nin büyük bölümünde KKD'yi doğrulayan sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum, STYB ve ADYB'nin Türkiye'yi etkileme oranlarının arttığını, YB koşulları hâkim olmasıyla daha düşük rüzgâr hızlarının kaydedildiğini göstermektedir. Çarpar ve diğerleri (3024–3025) tarafından elde edilen basınç eğilimlerinde de aralık-şubat arasında Türkiye üzerindeki basınç değerleri artış göstermektedir.

Bahar için Dadaser-Çelik ve Cengiz (1921) tarafından yapılan analiz sonuçlarında Trabzon-Harran arası hat ve çevresinde belirlenen RH artışları, bu çalışmada daha geniş bir sahada ve Türkiye'nin doğu yarısında belirlenmiş ayrıca Ege kıyıları ve Marmara Denizi çevresinde de RH artışları olduğu görülmüştür. Karadeniz ve çevresi için ERA verileri ile yapılan eğilim analizlerinde (Çarpar ve diğerleri 3026–3027) Karadeniz Bölgesi ve özellikle doğu yarısında RH değerleri artma eğilimi göstermekte, artışlar mart ayında daha belirgin görülmekte, bu çalışma ile örtüşmektedir. Buna rağmen, bu çalışmada bahar mevsiminde Marmara Denizi çevresinde belirlenen artma eğilimleri, ERA verileri ile yapılan analizlerde mart ve mayıs aylarında azalma yönündeyken sadece nisan ayında pozitif değerler göstermiştir. Bu çalışmada, İç Anadolu Bölgesi ve çevresinde belirlenen RH artışları KKD'nin baharda her bölge için geçerli olmadığını göstermektedir. Çarpar ve diğerleri (3026–3027) tarafından bahar ayları için belirlenen basınç eğilimlerinin azalma gösterdiği sahalarda RH değerleri artış eğilimi göstermekte, basınç eğilimlerinin arttığı sahalarda ise kışa benzer şekilde RH değerleri azalma eğilimi görülmektedir.

Dadaser-Çelik ve Cengiz (1918) tarafından yaz mevsimi için Trabzon-Harran arasında belirlenen RH artışları bu çalışma ile karşıtlık oluşturmakta, belirtilen sahalarda için bu çalışmada RH azalmaları olduğu görülmektedir. Dadaser-Çelik ve Cengiz (1918–1921) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile sadece Orta Karadeniz Bölümü'ndeki RH azalmaları örtüşmekte, diğer sahalardaki eğilimler hem birinci hem ikinci hem de tüm periyot analizlerinde farklılaşmaktadır. Çarpar ve diğerleri (3026–3027) tarafından yapılan çalışma ile bu çalışma sonuçları büyük oranda örtüşmekte, Türkiye'nin Karadeniz kıyıları ve çevresinde belirlenen RH artışları bu çalışmada da karşımıza çıkmaktadır. Yaz mevsiminde Türkiye genel olarak ADYB'den

etkilenmekte, orta enlem depresyonları daha sığ ve dar alanlı oluşarak Türkiye'nin kuzeyinden geçmekte, Karadeniz çevresine yağış bırakabilmektedir. Çarpar ve diğerleri (3024–3025) tarafından yaz ayları için belirlenen basınç eğilimlerinde, Türkiye kıyıları ve çevresinde basınç azalmaları, Doğu Anadolu Bölgesi ve çevresinde ise basınç artışları belirlenmiştir. Türkiye'de yaz mevsiminde RH eğilimleri ile Çarpar ve diğerleri (3024–3025) tarafından belirlenen basınç eğilimleri arasında, bahar mevsiminde olduğu gibi, basıncın arttığı sahalarda RH azalmaları, basıncın azaldığı sahalarda ise RH değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu durum, yaz mevsiminde İDAB'nın daha etkin olmaya başladığını ve bu etkinin olduğu yerlerde RH değerlerinin arttığını göstermektedir. Bu da İDAB'nın etkinliğinin artmasının karalardaki küresel durgunluğu (KKD) ortadan kaldırdığını göstermektedir.

Güz mevsimi için daha önce yapılan RH eğilim analizlerinde Trabzon-Harran arasındaki artma eğilimleri, bu çalışmada da belirlenmişse de artma eğilim sahası bu çalışmada Türkiye'nin büyük bir kısmını kaplaması yönüyle farklılaşmaktadır. Dadaser-Çelik ve Cengiz (1918) tarafından Türkiye'nin batısında belirlenen azalma eğilimleri, bu çalışma sonuçlarında artma yönünde görülmektedir. Buna rağmen Çarpar ve diğerleri (3026–3027) tarafından Karadeniz çevresi için belirlenen RH eğilimleri ile bu çalışma sonuçları kısmen örtüşmekte, eylül ve ekim aylarında Orta Karadeniz Bölümü ve çevresinde artma eğilimleri ile ekim ve kasım aylarında Kuzeydoğu Anadolu'da belirlenen azalma eğilimleri bu çalışmada da belirlenmiştir. Güz mevsiminde Türkiye'de ADYB etkisi azalmakta, İDAB etkisi artmaya başlamaktadır. Basınç eğilim analizlerinde (Çarpar ve diğerleri 3024–3025), eylül döneminde Türkiye ve çevresinde basınç değerleri azalırken, kasım ayında artmakta, aylara göre değişen RH eğilimlerinin oluşması beklenmektedir. Buna rağmen Türkiye genelinde RH değerleri artış göstermekte bu da eylül ayı basınç eğilimlerinin güz mevsimi basınç eğilimlerine baskın geldiğini ve tüm mevsim RH eğilimlerini etkilediğini göstermektedir. Güz mevsiminde Türkiye'de görülen RH artışları, KKD'nin bu mevsimde geçerli olmadığını göstermektedir.

Türkiye, orta enlem ülkesi olması yanında, yükselti genliği fazla, yükselti değişkenliği de yüksektir (Elibüyük ve Yılmaz 27). Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye, farklı yönlerdeki derin vadilerle parçalanmıştır. Orta enlemde bulunması açısından Türkiye'de son birkaç on yıldaki rüzgâr hızlarının KKD'ye paralel olarak, azalması beklenmekte, bunu doğrulayan (Dadaser-Çelik ve Cengiz) ve kısmen karşıt sonuçlar sunan çalışmalar (Çarpar ve diğerleri) da bulunmaktadır. Bu çalışmada belirlenen yıllık ve mevsimlik analizler değerlendirildiğinde, Türkiye'deki RH

eğilimlerinin soğuk dönemde azalma, sıcak dönemde artma eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu da KKD'nin Türkiye için yıl boyu değil, soğuk dönem için geçerli olduğunu, Türkiye'de RH eğilimlerinin ise Türkiye çevresindeki basınç merkezlerinin kuvvetlenip zayıflamasından kaynaklandığını göstermektedir. Buna karşın, tüm Türkiye'de belirlenen RH genliklerindeki azalmalar, KKD, Türkiye'de karakter değiştirerek kendini genlik azalması şeklinde göstermektedir.

RH eğilimleri ile istasyon karakterleri arasındaki ilişkiler değerlendirildiğinde, her bir özelliğin farklı etki yapabildiği, buna rağmen bazı özelliklerin aynı etkiyi yaptığı ve bu etkinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Mesela istasyonun bulunduğu yerleşme nüfusu ve nüfusun değişimi (nüfus farkı) ile RH eğilimleri arasında ters bir ilişki bulunmakta, nüfus ve nüfus artışı arttığında RH eğilimleri negatif değerler alarak azalma eğilimi göstermektedir. Benzer şekilde, şehirsellik oranı (ŞO) ve ŞO farkının artışı da RH eğilimlerini düşürmektedir. Bu da yerleşmelerdeki nüfus miktarı ve artışının ŞO değerlerini artırdığını, ŞO değerleri arttığında ise sürtünme ve pürüzlülüğün artarak RH eğilimlerini düşürdüğünü göstermektedir.

İstasyonun yükseltisi ve İKS alanı içindeki yükselti farkının artması ile RH eğilimleri arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu anlaşılmakta, yükseltinin artışı RH eğilimlerini artırmakta ve pozitif yapmaktadır. Fakat bu durum genel olarak kış mevsimi RH eğilimlerinde görülmekte, diğer mevsimlerde ise yükselti ve yükselti farkının etkisinin belirgin olmadığı görülmektedir. Yine denize uzaklığın arttığı sahalarda RH eğilimleri genel olarak pozitif değerler almakta ve artış göstermektedir. Bu durum Türkiye için değerlendirildiğinde, denize uzak sahalarda yükseltinin de arttığı, denize uzaklık ve yükselti artışının RH eğilimleri üzerinde benzer etki yaptığını göstermektedir. Enlem ile RH eğilimleri arasında yıllık ortalamalarda eğrisel, mevsimlerde ise doğrusal bir ilişki bulunduğu görülmektedir. İlişkinin kışın pozitif yönde diğer mevsimlerde eğim değerinin 0'a yaklaşması, yükselti, denize uzaklık ve enlem etkisinin birlikte düşünülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Türkiye çevresinin denizlerle çevrili olması, düşük ve yüksek enlem sahalarının denizel yakın ve yükseltisinin düşük olmasına neden olmakta, tersi durumlarda ise yükselti ve denize uzaklık artmakta, RH eğilimleri de her üç faktörle de ilişkili görünmektedir.

Su yüzeyi oranları (SYO) ve SYO farkları, özellikle termal etkiyi göstermesi açısından önemlidir. Su ve kara yüzeyleri, enerji alışverişi açısından birbirinden farklı hareket etmekte, farklı ısınma ve termik nedenli basınç farkları oluşabilmekte bu da rüzgâr ve hızını etkilemektedir. Dolayısıyla bir sahadaki SYO artışının RH değerlerini

etkilemesi beklenmektedir. Bu açıdan bakıldığında yıllık ortalama RH eğilimleri ile SYO oranları ve farkları arasında belirgin bir ilişki görülmezken, kış ve günde negatif, bahar ve yazın pozitif ilişkiler ortaya çıkmakta, bu da SYO oranlarının RH eğilimlerine mevsimsel olarak farklı etki ettiğini göstermektedir.

Çalışmada incelenmeyen ama RH eğilimlerinin etkileyeceği unsurlar da bulunmakta, bunlar içerisinde termal konfor, bitki yaşamı, rüzgâr enerjisi elde etme ve hava kalitesi gibi konular bulunmaktadır. Soğuk dönemde azalan, sıcak dönemde artan RH eğilimlerinin, termal konforu daha uygun hale getirebileceği düşünülmektedir. Çünkü soğuk dönemde RH azalması hissedilebilir sıcaklığın düşmesini yavaşlatacak, sıcak dönemdeki RH artışları ise serinletici bir etki yapabilecektir.

Yine RH eğilimlerinin sıcak dönemde yükselmesi, bitki tozlaşması ve aktif yayılma açısından olumlu bir etki yapabilecektir. Sıcak dönem, çoğu bitkinin vejetasyon dönemine denk gelmekte, meyve verme dönemini oluşturmakta, tozlaşma faaliyetlerinde rüzgâr rolü de bulunmaktadır. Yine yaz sonu-güz dönemi, bitki gelişim döneminin tamamlandığı tohum verme zamanına denk gelmektedir. Bu dönemdeki RH artışı tohum ve polenlerin daha uzak mesafelere taşınımını sağlayabilecek, ekosistem açısından olumlu bir etki meydana getirecektir.

Son birkaç on yıldır Türkiye’de kurulan rüzgâr enerji santralleri, yerden 30-50 m yükseklikteki rüzgar hızlarındaki eğilimlerden etkilense de, bu eğilimlerin 10 m rüzgarlarında görülen eğilimlerle benzer eğilimler göstereceği varsayılırsa, soğuk dönemde RH azalması görülmesi enerji üretim kapasitesini azaltabilecek buna rağmen sıcak dönemde artan rüzgâr hızları bu açığın kapatılmasını sağlayabilecektir.

Türkiye şehirlerindeki hava kirliliği, kış aylarında endüstri faaliyetlerinin yanında özellikle mesken ısıtmasının fosil yakıtlardan sağlanması nedeniyle yüksektir. Bu dönemdeki RH azalmaları özellikle şehirselle ve endüstriyel alanlar ve çevresindeki hava kalitesinin azalmasına neden olabilecektir. Benzer şekilde yaz döneminde, Ege ve Akdeniz kıyılarında görülen RH artışları, yangın önleme çalışmalarını olumsuz yönde etkileyebilecektir.

Sonuçlar

Bu çalışmada, Türkiye’de 1959-2018 yılları arasında 111 meteoroloji istasyonunda belirlenen aylık ortalama rüzgâr hızı verileri incelenmiş ve bu verilerin homojen olmadıkları anlaşılmış, SNHT kullanılarak homojen hale getirilmiştir. Homojen veriler ile istasyonlardaki yıllık rüzgâr hızı rejimleri belirlenmiş, aylık,

mevsimlik ve yıllık rüzgâr hızı eğilimleri ile rüzgâr genlik eğilimleri araştırılmıştır. Eğilimler ile istasyonların nicel özellikleri arasındaki ilişkiler de incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1-Türkiye’de geçmişten günümüze ölçülen rüzgâr hızı verileri, dünya genelinde birçok ülkede olduğu gibi alet hatası, ölçüm aleti değişimi, istasyon yeri değişimi, istasyon çevresindeki fiziksel özelliklerin değişimi gibi nedenlerden dolayı kırılmalar içermektedir. Bu kırılmaların eylül aylarında daha fazla meydana gelmesi, sıcak dönemden soğuk döneme geçişte alet mekanizmalarının ortam koşullarına uyum sağlayamadığını ve sapan veriler ürettiğini göstermektedir. Yıllar itibarıyla da istasyon yenilenmelerinin ya da ölçüm aleti değişiminin olduğu dönemlerde kırılmaların sıklaştığı anlaşılmaktadır.

2-Türkiye’de 3 tek zirveli, 3 çift zirveli 1 de düzenli tip olmak üzere 7 farklı rüzgâr hızı rejimi bulunmaktadır. Bunlar, tek zirveli-yazı yüksek, tek zirveli-kış yüksek, tek zirveli-bahar yüksek, çift zirveli-yazı yüksek, çift zirveli-kış yüksek, çift zirveli-bahar yüksek ve çok zirveli-düzenli tip şeklinde adlandırılmıştır.

3- Türkiye’de yıllık ortalama rüzgâr hızları Akdeniz ile Marmara Bölgesinin doğusu ve Batı Karadeniz’de azalmaktadır. Bu azalmalar, istasyonların ŞO, DU ve enlem değerleri ile ilişkilidir. Kış mevsimi ortalama rüzgâr hızları, Türkiye’nin batı yarısında azalırken, doğu yarısında ve özellikle Güneydoğu Toroslar çevresinde artmaktadır. Bahar mevsimi ortalama rüzgâr hızları, İç Anadolu Bölgesi ve çevresinde azalmakta, Ege kıyıları ile Doğu Anadolu Bölgesinde artma eğilimi göstermektedir. Bahar mevsiminde, istasyon çevresi SYO arttıkça, eğilimler pozitif değerlere dönüşmekte ve artma yönünde olmaktadır. Yaz mevsiminde Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile Adana Bölümü doğu yarısı, Kuzeydoğu Anadolu ve güney Ege kıyılarında rüzgâr hızları azalmakta, diğer bölgelerde artmaktadır. Bu mevsimde su yüzeyi oranları ile eğilimler arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Güz mevsiminde rüzgâr hızlarında genel bir azalma söz konusudur.

4-Türkiye’de 7 farklı rüzgâr hızı eğilim rejimi bulunmaktadır. Bunlar, baharda artan, baharda azalan, güzde artan, sıcak dönemde artan, soğuk dönemde artan, baharda ve güzde artan tip ile yılboyu azalan tipten oluşmaktadır.

5-Türkiye’de yıl içindeki rüzgâr hızı genlikleri şiddetli azalma eğilimi göstermekte, yıl içinde rüzgârın hızlı ve yavaş estiği dönemler arasındaki RH farkları azalmaktadır.

Bunların yanında, çalışma sonuçları başka araştırmalarla karşılaştırıldığında, Türkiye ve çevresinde basınç değeri azalan sahalarda, RH eğilimlerinin pozitif değerler gösterdiği, basınç değerlerinin arttığı bölgelerde ise RH eğilimlerinin negatif olduğu anlaşılmaktadır. Buna bağlı olarak, İDAB'nın etkinliğinin arttığı saha ve dönemlerde basınçlarda azalma-RH eğilimlerinde artma, ADYB veya STYB'nın daha etkin olmaya başladığı saha ve dönemlerde ise basınçların arttığı, rüzgâr hızlarının ise azalma eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada veriler homojenleştirilerek eğilim analizleri gerçekleştirilmiş, dolayısıyla ham veriler ile yapılan analiz sonuçları ile karşıtlıklar oluşmuştur. Bu karşıtlıkların bir kısmı da çalışılan dönemlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu rağmen, yapılandırılmış verilerle yapılan eğilim analizleri ile bu çalışma sonuçlarının benzeşmesi ve örtüşmesi, homojenleştirme işleminin RH eğilimleri için tutarlı sonuçlar sağladığını göstermektedir.

KAYNAKÇA

- Akova, İsmet. "Development Potential of Wind Energy in Turkey." *EchoGéo* 16 (2011): 1-24.
- Akyol, İbrahim Hakkı. "Türkiye'de Basınç, Rüzgârlar ve Yağış Rejimi." *Türk Coğrafya Dergisi* 5-6 (1944): 1-34.
- Alexandersson, Hans. "A Homogeneity Test Applied to Precipitation Data." *Journal of Climatology* 6.6 (1986): 661-675.
- Alpar, Reha. *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlere Giriş 1*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 2003.
- Azorin-Molina, Cesar ve diğerleri. "Assessing the Impact of Measurement Time Interval When Calculating Wind Speed Means and Trends Under The Stilling Phenomenon." *International Journal of Climatology* 37.1 (2017): 480-492.
- . "Homogenization and Assessment of Observed Near-Surface Wind Speed Trends Over Spain and Portugal, 1961-2011." *Journal of Climate* 27.10 (2014): 3692-3712.
- . "Recent Trends in Wind Speed Across Saudi Arabia, 1978-2013: A Break in the stilling." *International Journal of Climatology* 38 (2018): 966-984.
- Buishand, T. Adri. "Some Methods for Testing the Homogeneity of Rainfall Records." *Journal of Hydrology* 58 (1982): 11-27.

- Çarpar, Tunay ve diğerleri. "Spatio-Seasonal Variations in Long-Term Trends of Offshore Wind Speeds Over the Black Sea; An Inter-Comparison of Two Reanalysis Data." *Pure and Applied Geophysics* 177.6 (2020): 3013–3037.
- Dadaser-Çelik, Filiz ve Eda Cengiz. "Wind Speed Trends Over Turkey from 1975 to 2006." *International Journal of Climatology* 34.6 (2014): 1913–1927.
- Elibüyük, Mesut ve Erkan Yılmaz. "Türkiye'nin Coğrafi Bölge ve Bölümlerine Göre Yükselti Basamakları ve Eğim Grupları." *Coğrafi Bilimler Dergisi* 8.1 (2010): 27–55.
- Enders, Craig K. *Applied Missing Data Analysis*. London: The Guilford Press, 2010.
- Erinç, Sırrı. *Tatbiki Klimatoloji ve Türkiye'nin İklim Şartları*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Basımevi, 1957.
- Erol, Oğuz. *Genel Klimatoloji*. Ankara: Çantay Kitabevi, 1999.
- Forthofer, Ron N. ve diğerleri. *Rank Correlation Methods*. Boston: Springer, 1981.
- Frenz, David A. "The Effect of Windspeed on Pollen and Spore Counts Collected with the Rotorod Sampler and Burkard Spore Trap." *Annals of Allergy, Asthma and Immunology* 85.5 (2000): 392–394.
- Ghaedi, Sohrab. "The Variability and Trends of Monthly Maximum Wind Speed Over Iran." *Idojaras* 123.4 (2019): 521–534.
- Gocic, Milan ve Slavisa Trajkovic. "Analysis of Changes in Meteorological Variables Using Mann-Kendall and Sen's Slope Estimator Statistical Tests in Serbia." *Global and Planetary Change* 100 (2013) 172–182.
- Gürtan, Kenan. *İstatistik ve Araştırma Metodları*. İstanbul: Fatih Yayınevi Matbaası, 1979.
- Hart, Micehella L., J. E. Wentworth ve J. P. Bailey. "The Effects of Trap Height and Weather Variables on Recorded Pollen Concentration at Leicester." *Grana* 33.2 (1994): 100–103.
- Hou, Yuhan. "Effect of Wind Speed on Human Thermal Sensation and Thermal Comfort." *AIP Conference Proceedings* 1971 (2018): 1–6.
- IPCC. *Global warming of 1.5°C. an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*, Baskıda 2018. Web. 5 Haziran 2020.

- Kang, Ho Ming ve Fadhilah Yusof. "Homogeneity Tests on Daily Rainfall Series in Peninsula Malaysia." *International Journal Contemporary Math Science*. 7.1 (2012): 9–22.
- Kendall, Mann G. *Rank Correlation Methods*. London: Griffin, 1970.
- Khaliq, M. Naveed ve Taha B.M.J. Ouarda. "On the Critical Values of The Standard Normal Homogeneity Test (SNHT)." *International Journal of Climatology* 27.5 (2007): 681–687.
- Kim, Kyung Hwan ve diğerleri. "Influence of Wind Direction and Speed on the Transport of Particle-Bound Pahs in a Roadway Environment." *Atmospheric Pollution Research* 6.6 (2015): 1024–1034.
- Lin, Yuchun ve Leo Oey. "Global Trends of Sea Surface Gravity Wave, Wind, and Coastal Wave Setup." *Journal of Climate* 33.3 (2020): 769–785.
- Little, Roderick J. A. ve Donald B. Rubin. *Statistical Analysis with Missing Data*. New York: John Wiley&Sons, 1987.
- Liuzzo, Lorena, Francesco Viola ve Leonardo V. Noto. "Wind Speed and Temperature Trends Impacts on Reference Evapotranspiration in Southern Italy." *Theoretical and Applied Climatology* 123.1–2 (2016): 43–62.
- Mann, Henry B. "Nonparametric Tests Against Trend." *Econometrica* 13.3 (1945): 245–259.
- McVicar, Tim R. ve diğerleri. "Global Review and Synthesis of Trends in Observed Terrestrial Near-Surface Wind Speeds: Implications For Evaporation." *Journal Of Hydrology* 416 (2012): 182–205.
- Minola, Lorenzo, Cesar Azorin-Molina ve Deliang Chen. "Homogenization and Assessment of Observed Near-Surface Wind Speed Trends Across Sweden, 1956–2013." *Journal of Climate* 29.20 (2016): 7397–7415.
- Mohd Razali, Nornadiah ve Yap Bee Wah. "Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests." *Journal of Statistical Modelling and Analytics* 2.1 (2011): 21–33.
- Pettitt, Anthony N. "A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem." *Applied Statistics* 28.2 (1979): 126–135.

- Pirazzoli, Paolo Antonio ve Alberto Tomasin. "Recent Near-Surface Wind Changes in the Central Mediterranean and Adriatic Areas." *International Journal of Climatology* 23.8 (2003): 963–973.
- Rahimzadeh, Fatemeh ve diğ erleri. "Wind Speed Variability Over Iran and Its Impact on Wind Power Potential: A Case Study for Esfehan Province." *Meteorological Applications* 18.2 (2011): 198–210.
- Roderick, Michael L. ve diğ erleri. "On the Attribution of Changing Pan Evaporation." *Geophysical Research Letters* 34.17 (2007): 1–6.
- Sahin, Sinan ve Murat Tūrkeř. "Contemporary Surface Wind Climatology of Turkey." *Theoretical and Applied Climatology* 113.1–2 (2013): 337–349.
- Sen, Pranab Kumar. "Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau." *Journal of the American Statistical Association* 63 (1968):1379-1389.
- Schafer, Joseph. "Multiple Imputation: A Primer." *Statistical Methods in Medical Research* 8 (1999): 3-15
- Thomas, Peter, Simon Cox ve Andrew Tindal. "Long-Term Wind Speed Trends in Northwestern Europe." *European Wind Energy Conference and Exhibition 7* (2009): 4983–4987.
- Torralba, Verónica, Francisco J. Doblas-Reyes ve Nube Gonzalez-Reviriego. "Uncertainty in Recent Near-Surface Wind Speed Trends: A Global Reanalysis Intercomparison." *Environmental Research Letters* 12.11 (2017):1-9.
- Tuomenvirta, Heikki. "Homogeneity Testing and Adjustment of Climatic Time Series in Finland." *Geophysica* 38.1–2 (2002): 15–41.
- Tūrkeř, Murat. *Genel Klimatoloji*. Ankara: Ertem Büro, 2010.
- Wan, Hui, Xiaolan L. Wang ve Val R. Swail. "Homogenization and Trend Analysis of Canadian Near-Surface Wind Speeds." *Journal of Climate* 23.5 (2010): 1209–1225.
- Wohland, Jan ve diğ erleri. "Inconsistent Wind Speed Trends in Current Twentieth Century Reanalyses." *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 124.4 (2019): 1931–1940.
- Wu, Jian ve diğ erleri. "Changes in Terrestrial Near-Surface Wind Speed and Their Possible Causes: An Overview." *Climate Dynamics* 51.5–6 (2018): 2039–2078.

- Yılmaz, Veysel, Haydar Aras ve H Eray Çelik. "Statistical Analysis of Wind Speed Data." *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 18.2 (2005): 1-14.
- Yılmaz, Erkan. "Türkiye’de Thornthwaite İklim İndislerindeki Eğilimler." *Coğrafya Dergisi* 40 (2020): 1–25.
- Young, Lan R. ve diğerleri. "Global Trends in Extreme Wind Speed and Wave Height." *Science* 332 (2011): 451-455.
- Zahradniček, Pavel ve diğerleri. "Differences in Wind Speeds According to Measured and Homogenized Series in the Czech Republic, 1961–2015." *International Journal of Climatology* 39.1 (2019): 235–250.
- Zeng, Zhenzhong ve diğerleri. "Global Terrestrial Stilling: Does Earth’s Greening Play a Role?" *Environmental Research Letters* 13.12 (2018):1-13.
- Zheng, Chong Wei, Jing Pan ve Chong Yin Li. "Global Oceanic Wind Speed Trends." *Ocean and Coastal Management* 129 (2016): 15–24.

Summary

Studies of wind speed (WS) trends in Turkey have been conducted. However, some studies did not obtain sufficient detail at the global scale, and other studies only conducted analyses of raw data. Only the trends for the period between 1975 and 2006 have been investigated, and previous and subsequent trends have not been adequately analyzed. This study focused on the following questions, and the findings were compared with the findings of existing research in the field.

(a) Are the WS data in Turkey homogeneous? In what periods do the breaks in the inhomogeneous data sets intensify?

(b) How many WS regimes are there in Turkey? Where are these regimes frequently observed in Turkey?

(c) Are there significant trends in the annual, seasonal, and monthly average WS between 1959 and 1988, between 1989 and 2018, and between 1959 and 2018? Where are these trends statistically significant in Turkey?

(d) When is it desired to obtain similar trends in Turkey? How many stations are there? How many WS trend regimes are formed?

(e) Does the wind amplitude change during the year in Turkey?

The data of 111 stations are inhomogeneous, and the number of breaks at the beginning of the examination period is high (Figure 4). In some years, such as 1976 and 2000, the number of breaks decreases. The number of breaks is quite high in 1981, 1992, and 2004. When the monthly number of breaks is analyzed, the highest number of breaks is observed in September. This finding can be attributed to the fact that the measurement devices those are heated and expand in the summer season, do not react appropriately to cooling in September; thus, the accuracy and sensitivity of the measurement devices decrease.

The WS analysis and trend results obtained in the study are listed as follows:

1. Turkey has seven different WS regimes, namely, three single-peak types (i.e., single-peak high in summer, single-peak high in winter, single-peak high in spring), three double-peak types (double-peak high in summer, double-peak high in winter, double-peak high in spring), and a regular type (i.e., multi-peak regular type).

2. The annual average WS decreases in the eastern part of the Mediterranean and Marmara regions and the western part of the Black Sea region. These decreases are related to the urbanization rate, distance from the sea, and latitude values of the stations. The average WS in winter decreases in the western half of Turkey and increases in the eastern half of Turkey, particularly around the Southeastern Taurus Mountains. The average WS in spring decreases in the Central Anatolia Region and its surroundings and increases in the Aegean coasts and Eastern Anatolia Region. In the spring season, as the water surface rate around the station increases, the trend values change positively and tend to increase. In the summer season, the WS decreases in the eastern half of the Southeastern Anatolia Region and Adana section and the coasts of Northeast Anatolia and southern Aegean and increases in other regions. Moreover, in the summer season, a positive relationship between water surface ratios and trends is observed. In the fall season, a general decrease in WS is observed.

3. Turkey has seven different WS trend regimes, namely, the type that increases in the spring season, the type that decreases in the spring season, the type that increases in the fall season, the type that increases in the hot period, the type that increases in the cold period, the type that increases in the spring and fall seasons, and the type that decreases throughout the year.

4. In Turkey, the wind velocity amplitudes within the year show a severe decline. WS differences decrease between the periods when the wind blows fast and slow throughout the year.

In addition to being a midlatitude country, Turkey has a high elevation amplitude and high elevation variation (Elibüyük and Yılmaz). Surrounded by the sea on three sides, the country is covered with deep valleys in different directions. In the past few decades, the WS is expected to decrease in parallel with global terrestrial stilling in midlatitude countries. The results of this study are consistent with those of some studies (Dadaser-Çelik and Cengiz) and partially opposite to those of other studies (Çarpar et al.). When the annual and seasonal average WS are assessed, the WS trends in Turkey tend to decrease in the cold period and increase in the hot period. This finding indicates that global terrestrial stilling occurs only in the cold period but not throughout the year and that the WS trends in Turkey are based on the increase and decrease in surrounding pressure centers. However, any reduction in WS amplitude in Turkey indicates that global terrestrial stilling changes its characteristic features and reflects its reduced amplitude.

There are also factors that are not examined in the study, but that WS tendencies will affect, including topics such as thermal comfort, vegetations, wind energy generation and air quality. It is thought that WS tendencies that decrease in the cold period and increase in the hot period may make thermal comfort more suitable. The increase of WS tendencies in the warm period may have a positive effect in terms of plant pollination and active propagation. Wind power stations built in the last few decades in Turkey will be affected by trends in WS. From this point of view, the decrease in WS in the cold period may reduce the energy production capacity, however, increasing wind speeds in the hot period will make this gap close. Air pollution in the Turkey cities, next to the industrial activities of particular home heating during the winter months is higher due to be supplied from fossil fuels. WS decreases in this period may lead to a decrease in air quality, especially in urban and industrial areas and surrounding areas. Similarly, the increase in WS observed in the summer season on the Aegean and Mediterranean coasts may adversely affect the fire prevention activities.