

## Van Gölü Su Yüzeyi Sıcaklıklarının Eğilim Analizi

Kebir Emre Saraçoğlu<sup>1</sup>, Fevziye Ayça Saraçoğlu<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34320, İstanbul.

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 17020, Çanakkale.

### Özet

Bu çalışmada, Van Gölü su yüzeyi sıcaklıklarının değişimi ve eğilimi araştırılmıştır. 2016-2020 tarih aralığı için; NASA-Gündüz, NASA-Gece uydu verileri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) 3 istasyon için edinilmiş olan ölçüm verileri karşılaştırılmıştır. Ayrıca gündüz ve gece uzun dönem uydu verilerinin (2001-2020) Theil-Sen ve Yenilikçi Eğilim Analizi yöntemleriyle aylık, yıllık (minimum-ortalama-maksimum) ve mevsimsel eğilim analizleri ile anlamlılık seviyeleri belirlenmiştir. 2016-2020 tarih aralığını kapsayan MGM ölçüm verileri ile NASA-Gündüz/NASA-Gece uydu verilerinin oldukça uyumlu olduğu belirlenmiştir ( $R=0,94-0,99$ ). NASA-Gece su yüzeyi sıcaklıkları MGM ölçüm verileri ile daha uyumludur. 2001-2020 tarih aralığı için NASA-Gündüz ve NASA-Gece su yüzeyi sıcaklık verilerinin %1 anlamlılık düzeyinde homojen olduğu belirlenmiştir. Hem kısa hem de uzun dönemde su yüzeyi sıcaklıkları artış eğilimindedir. Aylık analizlerdeki en fazla artış ( $0,094$  °C/yıl) gündüz verileri için Haziran ayında, gece verileri için ( $0,104$  °C/yıl) Nisan ayında belirlenmiştir. Mevsimsel analizlerdeki en fazla artış ilkbahar mevsiminde gece verilerinde ( $0,080-0,099$  °C/yıl) tespit edilmiştir. Uzun dönem yıllık ortalama su yüzeyi sıcaklığındaki ortalama artış  $0,043$  °C/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer, Doğu Karadeniz için belirlenmiş olan ( $0,11$  °C/yıl) artıştan daha küçük, Ege ve Doğu Akdeniz için belirlenmiş olandan fazla ( $0,055$  °C/yıl), Güney Hazar Denizi için belirlenmiş olan artışın ( $0,029 \pm 0,009$  °C /yıl) yaklaşık 1,5 katı ve okyanuslar için belirlenmiş olan artışın ( $0,011$  °C/yıl) yaklaşık 4 katı olduğu sonucuna varılmıştır.

### Anahtar Sözcükler

Van Gölü, Su Yüzeyi Sıcaklığı, Eğilim Analizi, Homojenlik

## Trend Analysis of Lake Surface Temperatures in Lake Van

### Abstract

In this study, the change and trend of water surface temperatures of Lake Van has been investigated. For the period of 2016-2020; NASA-Day, NASA-Night satellite and measurement data obtained from the Turkish State Meteorological Service for 3 stations were compared. In addition, the monthly, the annual (minimum-average-maximum), the seasonal trend analysis of day and night long-term satellite data (2001-2020) and their significance levels were determined by the Theil-Sen and Innovative Trend Analysis. Measurement data covering for the period of 2016-2020 and NASA-Day, NASA-Night satellite data were highly compatible ( $R=0,94-0,99$ ). NASA-Night water surface temperatures were found to be more compatible with measurement data than NASA-Day satellite data. NASA-Day and NASA-Night water surface temperatures covering for the period of 2001-2020 were found to be homogeneous at a 1% significant level. Water surface temperatures tend to increase both in the short and long term. The highest increase in monthly analyses ( $0,094$  °C/year) was determined in June for NASA-Day and in April for NASA-Night ( $0,104$  °C/year). The highest increase in seasonal analyses was seen in night data ( $0,080-0,099$  °C/year) in the spring season. The average increase in long-term annual average water surface temperatures was calculated as  $0,043$  °C/year. It was concluded that this value is smaller than the increase determined for the Eastern Black Sea ( $0,11$  °C/year), higher than the calculated for the Aegean and Eastern Mediterranean ( $0,055$  °C/year), approximately 1,5 times the increase determined for the South Caspian Sea ( $0,029 \pm 0,009$  °C /year) and about 4 times the increase (as  $0,011$  °C/year) for the oceans.

### Keywords

Lake Van, Lake Surface Temperature, Trend Analysis, Homogeneity

## 1. Giriş

Su Yüzeyi Sıcaklıkları (SYS), ekoloji, balıkçılık, iklim değişikliği, denizcilik vb. açılardan bölgesel analizlerde önemli ve gerekli olan parametrelerden biridir. Hidrolojik çevrimle de yakından ilişkili olan bu parametre; denizler, okyanuslar, göller ve atmosfer arasındaki dengenin sağlanmasında etkili bir role sahiptir. SYS değişiminin iklim değişikliği ile doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir. Günümüzde enerji ihtiyacının sürekli artış içerisinde olması ve bu ihtiyacın önemli bir kısmının fosil yakıt kaynaklarından elde edilmesi sera gazı salınımlarında kayda değer artışlara sebep olmaktadır.

Bu artış sonucunda da hidrolojik çevrimde ve bununla ilişkili SYS'nin de içerisinde bulunduğu, bazı fiziksel parametrelerin eğilim ve sıklıklarını değiştirmektedir. Sera gazlarının atmosferde birikmesiyle mevcut yapının değişimi, olağan dengeleri de bozmuş ve daha fazla kararsızlık oluşmaya başlamıştır (Şişman 2019).

Stockler vd. (2013), IPCC-2013 raporunda 20 yy. başlarından itibaren küresel olarak su yüzeyi sıcaklıklarının 0,0042-0,0054 °C/yıl arttığını, Rhein vd. (2013) ise 1971-2010 tarih aralığında okyanuslar için 0,011 °C/yıl artış olduğunu belirlemişlerdir. Okyanuslarda 1979-2012 tarih aralığı için Rayner vd. (2003) 0,072±0,024 °C/10yıl; Ishii vd. (2005) 0,073±0,020 °C/10yıl; Smith vd. (2008) 0,105±0,031°C/10yıl; Kennedy vd. (2011) 0,124±0,030 °C/10yıl artış belirlemişlerdir. Küresel olarak deniz suyu sıcaklıklarındaki eğilimlerin belirlenmesinde farklı veri setleri ve tarih aralıkları için artış eğilimleri elde edilmiştir. Ayrıca yapılan diğer çalışmalarda (Ginzburg vd. 2004; Park vd. 2015; Kashkooli vd. 2019; Saraçoğlu vd. 2021) dünyanın farklı bölgeleri için su yüzeyi sıcaklıklarındaki eğilimler araştırılmış ve bölgelere özgü artış değerleri hesaplanmıştır.

Göller, çevresel değişikliklere karşı hassas olup (Carpenter vd. 2007), iklim değişikliğiyle birlikte fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin hızlıca değişimiyle çevresel değişikliklere cevap verdikleri bilinmektedir (Rosenzweig vd. 2007). İklim değişikliği kaynaklı olarak yağış rejimlerinde meydana gelen değişimler sonucunda göllere direkt giren yüzeysel ve yeraltı sularının miktarına bağlı göl suyu tuzluluğunun ve hacminin artıp azaldığı bilinmektedir (Winter 1999). Dolayısıyla göllerin karakteristik özelliklerinin değişimi küresel iklim değişikliğinin önemli göstergelerinden birisidir.

Son zamanlarda göllerin su yüzeyi sıcaklığının eğilimi ve tahmini farklı çalışmalara konu olmuştur. Trumpickas vd. (2009) çalışmalarında; gelecekteki iklim değişikliği modellerinden üretilebilen hava sıcaklıklarını kullanarak su sıcaklıklarının tahmininde kullanılması amacıyla, su yüzeyi sıcaklıkları ile yerel hava sıcaklığı arasında ampirik bir ilişki belirlemeye çalışmışlardır. Öglü vd. (2020), 1950-2018 tarih aralığında Peipus Gölündeki su yüzey sıcaklıklarının uzun dönem eğilimlerini ve ekstrem değişikliklerin sıklığını, göl yüzeyi su sıcaklıklarının iklim değişikliğine nasıl cevap verdiğini araştırmışlardır. 1950 itibarıyla ortalama göl yüzeyi su sıcaklıklarının önemli bir artış göstermediğini, son on yılda kış mevsiminde 0,5 °C arttığını belirlemişlerdir. Viridis vd. (2020), 2000-2018 periyodu için 24 gölde (23 yapay ve 1 doğal), Landsat ve MODIS verileri ile ölçüm göl yüzeyi su sıcaklıklarını kullanarak 0,010°C/yıl artış eğilimi belirlemişlerdir. Yang vd. (2020), Çin'in Yunnan-Guizhou Platosunda yer alan 11 doğal gölde gündüz ve gece su yüzeyi sıcaklıklarının, yakın yüzey hava sıcaklığı, yüzey basıncı, yüzey güneş ışınması, toplam bulutluluk, rüzgar hızı ve Secchi Derinliğiyle ilişkisini araştırmışlardır. Bununla birlikte 2001-2019 dönemini kapsayan çalışmalarında, gündüz su yüzeyi sıcaklıklarındaki değişim oranının, gece su yüzeyi sıcaklıklarındaki değişim oranından daha yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır. Yu vd. (2020) ise çalışmada, Yang vd. (2020)'nin çalışmasında yer alan 11 gölün su yüzeyi sıcaklık değişimlerini analiz etmişlerdir. Bu bağlamda, ε-Destek Vektör Regresyonu, Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağları Yöntemi kullanılarak bir tahmin modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu model kullanılarak Ocak 2018-Aralık 2019 dönemini kapsayacak şekilde 11 göl için Su Yüzeyi Sıcaklıkları modellenmiştir. Ayrıca 2001-2019 dönemi için su yüzeyi sıcaklıklarındaki değişim karakteristikleri ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar, geliştirilen hibrit modelin su yüzeyi sıcaklıklarını tahmin etmede oldukça etkili olduğunu göstermiştir.

Bu araştırmaya konu olan Van Gölü'ne ilişkin literatürdeki çalışmalar su seviyesi değişimi (Batur vd. 2009; Yıldız ve Deniz 2005; Yeşilova vd. 2019), iklim değişikliğinin etkileri (Kadıoğlu vd. 1997; Sarı vd. 2000), su yüzeyi sıcaklığının uydu verileriyle analizi (Kavak ve Karadoğan 2012; Kavak 2021), gölün biyolojik analizi (Huguet vd. 2011), jeolojisi (Degens vd. 1984; Çiftçi vd. 2008) üzerine yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte Van Gölü Havzasının yağış (Emek 2014; Şenocak ve Emek 2019; Coşkun 2020) ve kuraklık (Yetmen 2013; TOB 2018; TOB 2020) analizleri birçok çalışmaya konu olmuştur.

Kavak ve Karadoğan (2012) yürütmüş oldukları çalışmalarında Van Gölü su yüzeyi sıcaklıklarındaki değişimi 4 km çözünürlüğe sahip AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer / Geliştirilmiş Çok Yüksek Çözümlemeli Radyometre) verisi ile 1 km çözünürlüğe sahip DLR (Deutsches Zentrum für Luft- Und Raumfahrt / Alman Havacılık Merkezi) verisini kullanarak araştırmışlardır. Ancak kullanılan zaman serilerinde çok sayıda eksik verinin bulunması ve Van Gölü'nün sadece batısının göz önüne alınması sebebiyle, elde edilen sonuçlar tartışmaya açıktır.

Kavak (2021) tarafından yürütülen araştırmada, MODIS-Aqua uydu verileri kullanılarak uzun dönemli Van Gölü su yüzeyi sıcaklıkları ile Klorofil-a Pigment Konsantrasyonu arasındaki ilişki incelemiştir. Bu çalışma sonucunda Van Gölü su yüzeyi sıcaklıklarındaki değişim ile Klorofil-a Pigment konsantrasyonu arasında belirgin bir korelasyona ulaşılamamıştır.

Van Gölüne ilişkin NASA su yüzeyi sıcaklık verileri daha önceki çalışmalarda kullanılmış (Kavak ve Karadoğan 2012; Kavak 2021) ancak MGM ölçüm verileri ile karşılaştırılmamıştır.

Birçok çalışmada, küresel iklim değişikliğinin deniz suyu sıcaklıklarına etkisinin belirlenmesi amacıyla; Türkiye çevresindeki tüm denizler için hem ölçüm verileri hem de uydu verileri kullanılarak deniz suyu sıcaklıklarının eğilimi araştırılmıştır. Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü'ndeki değişikliklerin belirlenmesi için yapılan çalışmalar ise oldukça kısıtlıdır. Dolayısıyla göllerin karakteristik özelliklerinin değişimi küresel iklim değişikliğinin önemli göstergelerinden birisi olduğu bilindiğinden yürütülen bu çalışma ile literatürdeki boşluğun doldurulması amaçlanmıştır.

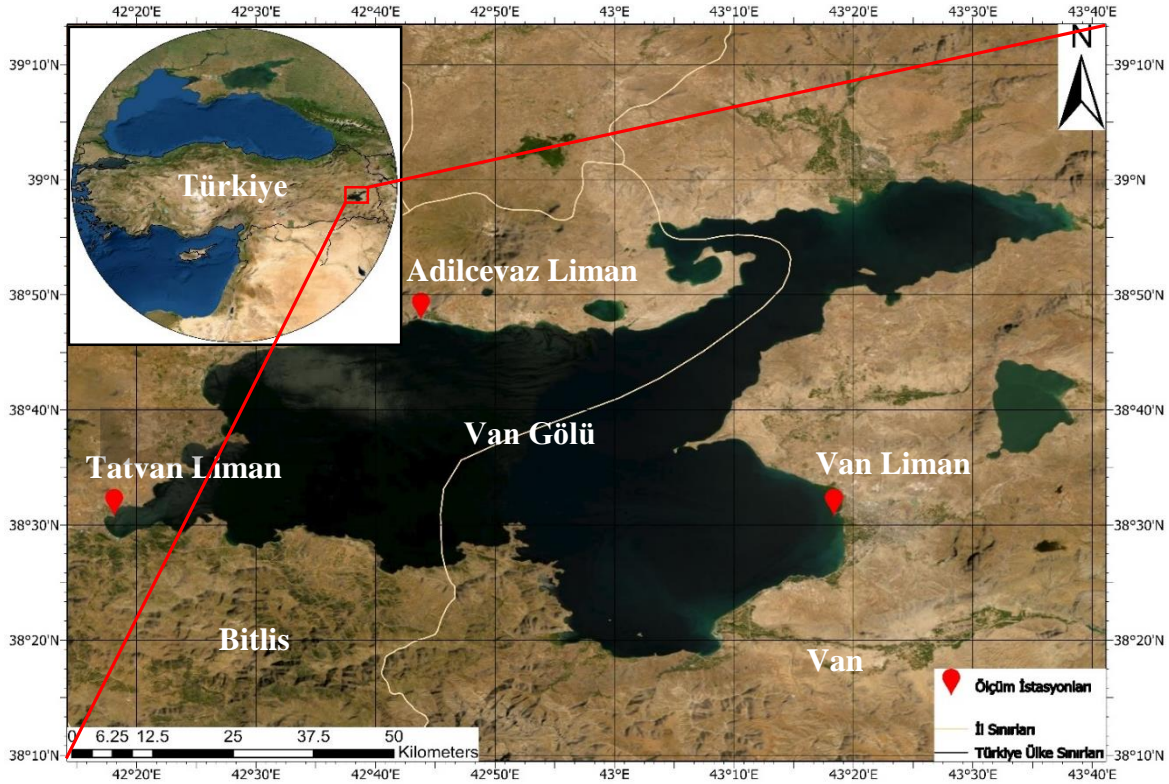
Bu çalışma kapsamında, 2016-2020 tarih aralığı için Van Gölü'nde; NASA gündüz ve gece uydu verileri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden üç istasyon için edinilmiş olan ölçüm verileri karşılaştırılmıştır. Ayrıca gündüz ve gece uzun dönem uydu verilerinin (2001-2020), Theil-Sen ve Yenilikçi Eğilim Analizi yöntemleriyle aylık, yıllık (minimum-ortalama-maksimum) ve mevsimsel eğilim analizleri ile anlamlılık seviyeleri araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada, dünyanın en büyük sodalı gölü olan ayrıca Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü'ndeki su yüzeyi sıcaklıklarının zamansal değişimi araştırılmıştır. Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan Van Gölü'nün ve su yüzeyi sıcaklıklarının ölçüldüğü istasyonların (Van Liman-Tatvan Liman-Adilcevaz Liman) konumları Şekil 1'de görülmektedir.

Van Gölü'nün uzun yıllar ortalama su seviyesi 1648,33 m, en derin yeri yaklaşık 452,91 m ve ortalama derinliği 162,42 m'dir. Van Gölü'nün yüzey alanı 3576,71 km<sup>2</sup>'dir (TOB 2020). Şekil 2'de görüldüğü gibi dağlık bir arazi olan Van Gölü Havzasında çok sayıda göl ve bu gölleri besleyen akarsular bulunmaktadır. Van Gölü'ne dökülen akarsular; Karasu Çayı, Bedhimahi Çayı, Güzelsu Çayı, Zilan Deresi, Deliçay, Yeniköprü Çayı'dır. Van Gölü, suyunu genel olarak yağış, kar erimesi ve 12500 km<sup>2</sup>'lik drenaj alanına sahip Van Gölü Havzasından sağlamakta olup, buharlaşmayla da kaybetmektedir (Kadıoğlu vd. 1997). Türkiye'nin ikinci büyük içe akışlı havzası olan Van Gölü Kapalı Havzası, sularını çevre denizlere göndermemektedir. Van Gölü su seviyesinin Van-İskele ve Tatvan Göl Gözlem İstasyonlarından elde edilmiş olan uzun dönem verileri ile artış eğiliminde olduğu ortaya konmuştur (TOB 2018).



Şekil 1: Çalışma alanı ve ölçüm istasyonlarının konumları

Karasal iklimdeki Van Gölü Havzası'nda, en soğuk ay Ocak ve en sıcak ay ise Temmuzdur. Havzada en fazla buharlaşma Temmuz ve Ağustos aylarında, en düşük buharlaşma ise Kasım ayında gözlenirken; Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında buharlaşma gerçekleşmemektedir (TOB 2018).

Keskin vd. (2018) Doğu Anadolu Bölgesi için sıcaklık ve yağış eğilimlerini araştırmış, ülkemizin doğu bölgesinin iklim değişikliğine duyarlı olduğunu ve bu bölgede bulunan 12 il için sıcaklıkların artış eğilimi gösterdiğini belirtmişlerdir. Emek (2014) Doğu Anadolu Bölgesi'nin yağış eğilimlerinin araştırıldığı çalışmasında bölgenin kuzey kısımlarında genellikle artış eğilimi, güney ve batı kesimlerinin ise azalan eğilime sahip olduğunu belirlemiştir.





$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

ifadesiyle hesaplanmaktadır. Burada  $Q_i$ , eğim değerini,  $N$  zaman serisinde bulunan veri çiftlerinin adedini,  $x_j$  ile  $x_k$  ise  $t_j$  ve  $t_k$  sürelerindeki ölçüm verilerini temsil etmektedir.  $N$  değeri;

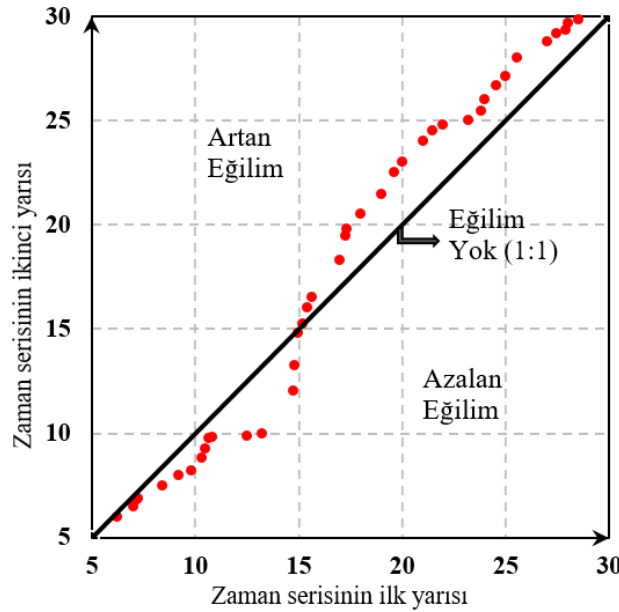
$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (2)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır. Burada  $n$ ; zaman serisinde bulunan toplam veri adedidir. Theil-Sen eğilim değeri,  $Q_i$ 'nin  $N$  değerlerinin medyanı olarak hesaplanmaktadır ve bu ifade

$$Q_{med} = \begin{cases} Q_{\lfloor \frac{N+1}{2} \rfloor}; & N \text{ tek ise} \\ \frac{Q_{N/2} + Q_{\lfloor \frac{N+1}{2} \rfloor}}{2}; & N \text{ çift ise} \end{cases} \quad (3)$$

ile verilmektedir.

Literatürde, Su Yüzeysel Sıcaklıkları gibi hidrometeorolojik parametrelerin eğilim analizinde tercih edilebilecek bir diğer yöntem Şen (2012) tarafından geliştirilmiş olan Yenilikçi Eğilim Analizi Yöntemidir. Zaman serilerinin eğilim analizinde kullanılan diğer yöntemlerin sınırlamalara sahip olmaları ve bu yöntemin basitliğinden dolayı Yenilikçi Eğilim Analizi literatürde yaygın bir şekilde tercih edilmektedir (Şen 2014; Saphoğlu vd. 2014; Dabanlı vd. 2016; Dabanlı vd. 2021; Öztopal ve Şen 2017; Alashan 2018; Caloiero vd. 2018; Şişman 2019; Şişman 2021; Caloiero 2020; Şişman ve Kızılöz 2021). Bu yöntemde, zaman serisi iki eşit parçaya bölünmektedir. Zaman serisinin bölündüğü parçalarda yer alan gözlemler küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır. Sıralanan zaman serisinin ilk parçası grafiğin x eksenine, diğer zaman serisi parçası ise grafiğin y eksenine yerleştirilerek çizilmektedir (Şekil 3). Ayrıca 1:1 eğim çizgisi de (45°) grafiğe eklenmektedir. 1:1 eğim çizgisinin üstünde kalan bölge artan eğilimi, eğim çizgisinin altında kalan bölge ise azalan eğilimi ifade etmektedir. 1:1 eğim çizgisi üzerinde kalan gözlemler için ise herhangi bir eğilim yoktur.



Şekil 3: Yenilikçi eğilim analizi yöntemi (ITA)

Bir diğer parametrik olmayan Mann-Kendall Testi (Mann 1945 ve Kendall 1975) ile de su yüzeyi sıcaklıklarının istatistiksel anlamlılık düzeyi belirlenmiştir. Bu test, hidrolojik ve meteorolojik çalışmalarda genellikle monotonik eğilimlerin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Aydoğan ve Ayat 2018). Bu yöntemde yer alan Mann-Kendall Test İstatistiği  $S$ ,  $Var(S)$  ve  $Z$  değerleri hesaplanırken kullanılan matematiksel ifadeler aşağıda sunulmuştur.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n sgn(x_j - x_i) \quad (4)$$

Burada  $n$  veri sayısını,  $x_i$  ve  $x_j$  zaman serisinde yer alan  $t_i$  ve  $t_j$  zamanlarındaki veri değerini göstermektedir.

$$sgn(x_j - x_i) = \begin{cases} +1; & x_j > x_i \\ 0; & x_j = x_i \\ -1; & x_j < x_i \end{cases} \quad (5)$$

Mann Kendall istatistik değerinin (S) varyans değeri (Var (S)) ise aşağıdaki ifadeden hesaplanabilmektedir.

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_i^p t_k(t_k-1)(2t_k+5)}{18} \quad (6)$$

Burada  $t_k$ ,  $k$ . kümede yer alan veri sayısını göstermektedir. Eğer  $n \geq 10$  ise burada normal dağılım varsayımıyla; Z değeri;

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}; & S > 0 \text{ ise} \\ 0; & S = 0 \text{ ise} \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}; & S < 0 \end{cases} \quad (7)$$

ile belirlenebilmektedir. Belirli anlamlılık düzeyleri ( $\alpha$ ) için Z değeri pozitif ve negatif değerler alabilmektedir. Burada  $Z > 0$  olması durumunda artan,  $Z < 0$  olması durumunda azalan,  $Z = 0$  durumunda ise artan ya da azalan eğilim yoktur.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Verilerin Karşılaştırılması

Van Gölü su yüzevi sıcaklıklarının 2016-2020 zaman aralığındaki MGM Ölçüm verileri ile NASA-Gündüz ve NASA-Gece uydu verilerinin maksimum, minimum, ortalama, standart sapma ve çarpıklık değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Ölçüm verileri zaman serileri olarak temin edilirken, uydu verileri ise NetCDF formatında indirilmiştir (NASA, 2019) Ölçüm verileri ile NetCDF formatındaki verilerin kıyaslanabilmesi için uydu verilerinden ölçüm istasyonu koordinatlarında zaman serileri elde edilmiştir.

Ölçüm ile uydu verileri karşılaştırılmasında Korelasyon Katsayısı (R), Ortalama Hata Karekökü (RMSE), Sapma (BIAS) ve Saçılım İndeksi (SI) istatistiksel parametrelerinden yararlanılmıştır (Tablo 1). Söz konusu performans göstergelerine ilişkin detaylı bilgi [Aydoğan ve Ayat \(2018\)](#) tarafından verilmiştir.

Van Gölü'nde en yüksek ve en düşük su yüzevi sıcaklık değerleri sırasıyla 26,1 °C ile 2,40 °C olarak Van Liman istasyonunda ölçülmüştür. Tablo 1'de üç ölçüm istasyonu için verilen istatistik parametre ve ölçütlere göre; ölçüm verileri ile gündüz-gece uydu verileri oldukça uyumludur. Korelasyon katsayıları 0,94-0,99 aralığında olup, uyumun en yüksek olduğu istasyonlar Van Liman ve Tatvan Liman istasyonlarıdır. Ölçüm verileri ile gündüz uydu verileri karşılaştırmasında üç istasyon içinde pozitif BIAS olduğu, yani uydu verilerinin ölçüm verilerinden daha büyük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuç [Saraçoğlu vd. \(2021\)](#)'de elde edilen sonuçlar ile uyumludur. Yapılan bir diğer karşılaştırmada ise Van ve Adilcevaz istasyonları için ölçüm verileri ortalamasının gündüz uydu verilerine göre daha düşük, gece uydu verilerine göre nispeten daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Van ve Adilcevaz istasyonlarına ait ölçüm verilerinin maksimum değerleri her iki uydu verisinden de daha yüksek iken, Tatvan istasyonuna ait ölçüm verisinin maksimum değeri gündüz uydu verilerinde belirlenmiştir. Minimum değerlere bakıldığında, üç istasyon için de ölçüm verilerinin her iki uydu verisinin minimum değerlerinden yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 1: 2016-2020 Tarihlerini kapsayan MGM ile NASA-Gündüz (NASA-D) ve NASA-Gece (NASA-N) Van Gölü su yüzevi sıcaklık verilerinin karşılaştırılması ve istatistiksel analiz değerleri

		Maks.	Min.	Ort.	Std. Sap.	Çarpıklık	Medyan	R	RMSE (°C)	BIAS (°C)	SI (%)
VAN	MGM	26,10	2,40	13,99	7,12	0,08	13,30				
	NASA-D	25,27	3,71	14,56	7,10	0,04	14,51	0,98	1,38	0,57	9,87
	NASA-N	24,25	3,13	13,85	6,97	0,02	14,05	0,99	1,21	-0,14	8,66
ADİLCEVAZ	MGM	24,80	3,00	14,09	6,23	0,05	13,80				
	NASA-D	24,70	3,98	14,24	7,07	0,08	13,79	0,94	2,45	0,15	17,39
	NASA-N	23,56	3,52	13,32	6,84	0,07	13,32	0,94	2,39	-0,77	17,00
TATVAN	MGM	23,60	3,40	13,32	6,56	0,02	12,85				
	NASA-D	24,58	4,11	14,67	6,99	-0,04	14,47	0,98	1,94	1,35	14,55
	NASA-N	23,15	3,79	13,75	6,78	-0,10	14,42	0,99	1,20	0,44	8,99

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış olan ölçümlerin günlük olarak bir kez ve sabah saatlerinde yapıldığı bilinmektedir. Dolayısıyla ölçüm verilerinin gündüz uyduruları ile daha uyumlu olması beklenirken, tam tersi gece ölçümleri ile daha uyumlu olduğu söylenebilir. Bu durumun, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen su yüzeyi sıcaklık ölçümlerinin sabah erken saatlerde yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

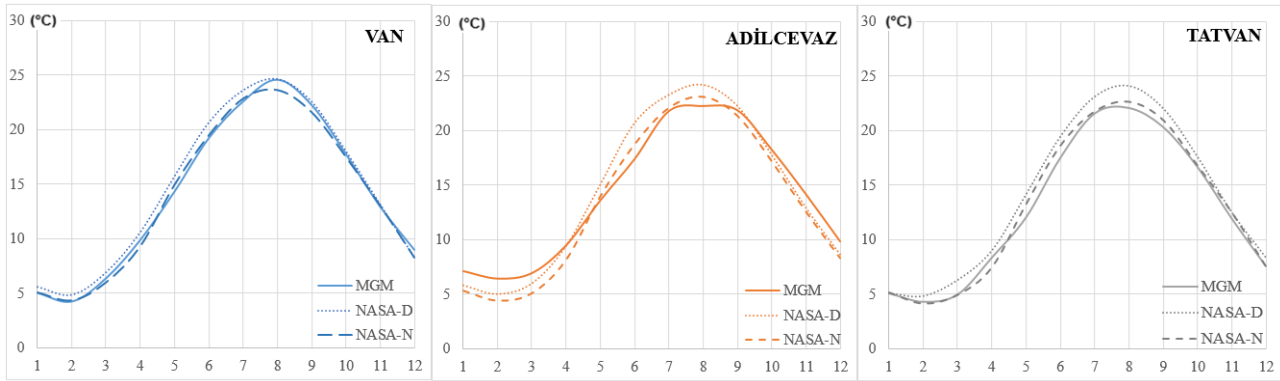
Özellikle Tatvan istasyonu için Saçılım İndeksinin (SI), MGM ölçüm verisi ile NASA-Gece verisinin, NASA-Gündüz verisine göre oldukça düştüğü, korelasyon katsayısının da (R) arttığı görülmektedir. Kavak (2021) çalışmasında atmosferden daha az etkilendiği için gece su yüzeyi sıcaklık verilerini kullanmıştır. Dolayısıyla sadece atmosferden daha az etkilenmesi sebebiyle değil ölçüm verileri ile daha uyumlu olduğu için de gece su yüzeyi sıcaklık verilerinin analizlere daha uygun olduğu anlaşılmaktadır.

Van istasyonuna ait maksimum su yüzeyi ölçüm değerinin diğer iki istasyondan daha yüksek, minimum değerinin ise daha düşük olduğu görülmektedir. Ortalama değerlerinde ise Adilcevaz istasyonunda ölçülen sıcaklıkların daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kavak (2021)'de gölün güneydoğusunun daha sıcak olduğu belirtilmiştir. Burada Van istasyonu için minimum ölçüm değerlerinin diğer istasyonlara göre daha düşük ve standart sapmaların diğer istasyonlara göre daha yüksek olmasıyla bu farklılığın ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. Ayrıca ölçüm zaman serisinin kısıtlılığı dikkate alınmalıdır. Su yüzeyi sıcaklıklarının ortalama değerlerine bakıldığında; NASA-Gündüz veri setinde en yüksek Tatvan istasyonunda, NASA-Gece veri setinde ise en yüksek Van istasyonunda olduğu görülmüştür.

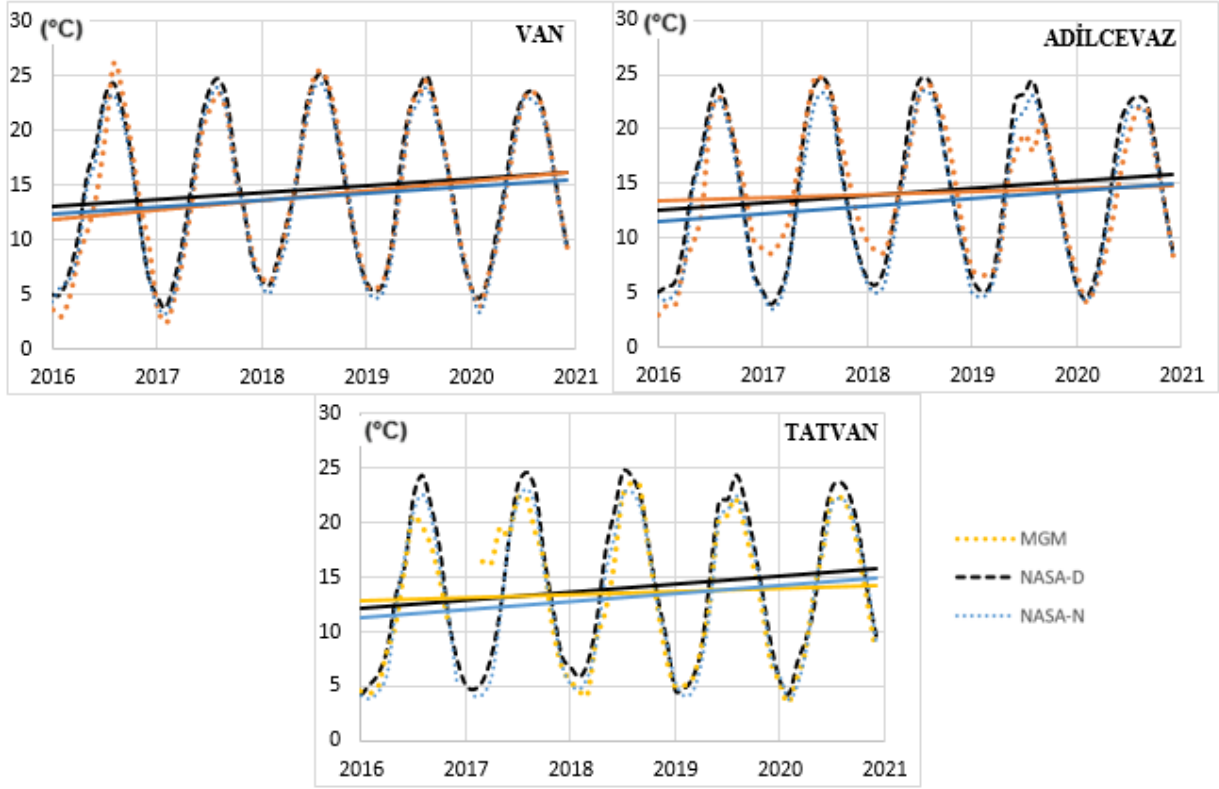
Üç farklı istasyon için 2016-2020 zaman aralığında üç veri setinin aylık ortalama değerlerinin yıl boyunca değişimleri Şekil 4'te verilmiştir. Van Gölü'nde ölçülen en düşük ve en yüksek su yüzeyi sıcaklık değerleri sırasıyla Şubat ve Ağustos aylarında gözlemlenmiştir.

Van istasyonu için Eylül ayı sonrasında ölçülen değerlerin birbirine çok daha uyumlu olduğu görülmektedir. Van istasyonunda Ağustos ayına kadar, Adilcevaz istasyonunda Mayıs-Eylül ayları arasında, Tatvan istasyonunda ise Ekim ayına kadar NASA-Gündüz verisi ortalamasının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Adilcevaz istasyonunda Nisan ayına kadar NASA-Gündüz ve NASA-Gece verilerinin, ölçüm verilerine göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Üç farklı istasyon için değerlendirme yapıldığında, 2016-2020 zaman aralığı için üç veri setinin de zaman serileri ve eğilimleri Şekil 5'te sunulmuştur.

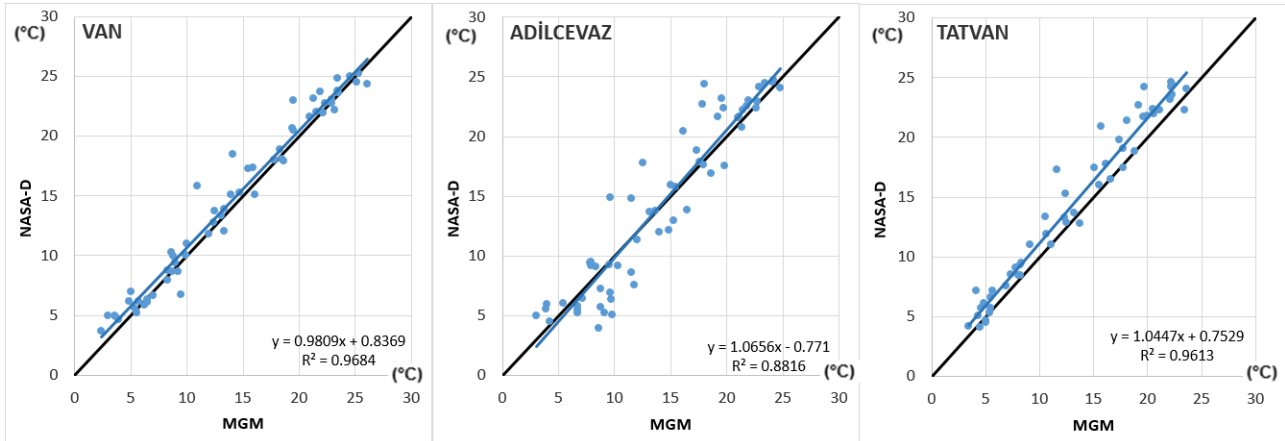


Şekil 4: MGM ile NASA-Gündüz ve NASA-Gece aylık ortalama su yüzeyi sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması (2016-2020)



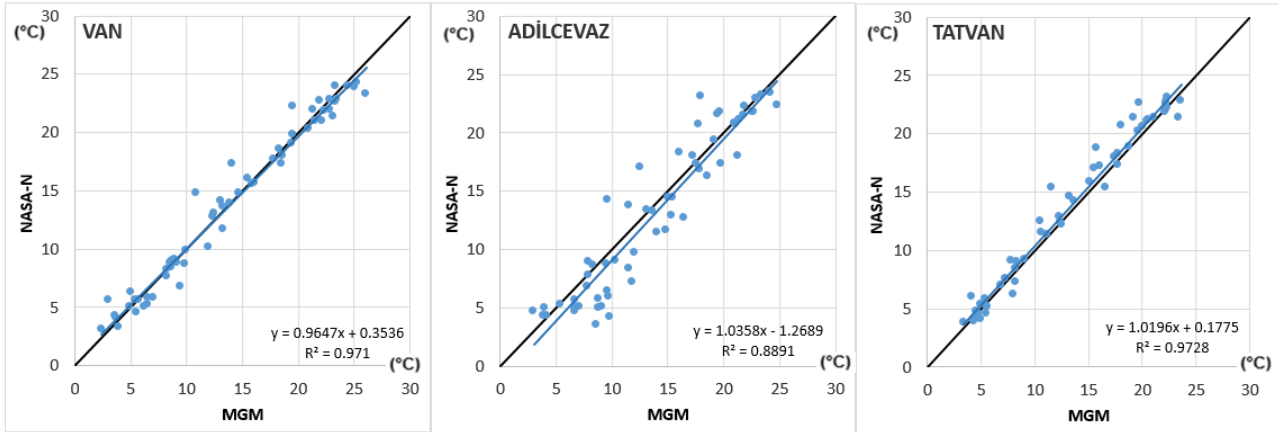
Şekil 5: MGM ile NASA-Gündüz ve NASA-Gece Van Gölü su yüzeyi sıcaklık değerlerinin zaman serileri (2016-2020)

Araştırılan üç istasyon için hem ölçüm hem de uydu verileri, su yüzeyi sıcaklıklarında artış eğilimi olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak ölçüm verisinin kısa süreli olması sebebiyle istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı belirlenmemiştir. Adilcevaz istasyonunda, uydu verilerinin özellikle 2019 yılına kadar olan zaman dilimi için minimum değer ölçülen kış aylarında ölçüm verilerine göre daha düşük su yüzeyi sıcaklıkları gözlemlenmiştir. Verilen zaman dilimi için MGM ölçüm verileri ile NASA-Gündüz uydu verilerinin saçılım grafikleri Şekil 6’da, NASA-Gece uydu verilerinin saçılım grafikleri de Şekil 7’de verilmiştir. Adilcevaz istasyonuna ilişkin minimum değerlerdeki farktan dolayı diğer iki istasyona göre daha düşük korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Üç istasyon için de ölçüm verilerinin hem NASA-Gündüz hem de NASA-Gece verileri ile uyumu açıkça görülmektedir.



Şekil 6: Van Gölü MGM ve NASA-Gündüz su yüzeyi sıcaklıklarının karşılaştırılması (2016-2020)





Şekil 7: Van Gölü MGM ve NASA-Gece su yüzeyi sıcaklıklarının karşılaştırılması (2016-2020)

### 3.2. NASA Uzun Dönem Verilerinin Analizi (2001-2020)

2001-2020 tarih aralığı için NASA'dan temin edilen hem gündüz hem de gece su yüzeyi sıcaklık verileri analiz edilmiş olup, üç istasyon için de gündüz ve gece su yüzeyi sıcaklıklarının istatistiksel analiz sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur. Beklendiği gibi, gece sıcaklıklarının maksimum, minimum ve ortalama değerleri, gündüz su yüzeyi sıcaklıklarına göre düşüktür. Uzun dönemli NASA-Gündüz verilerine göre en yüksek su yüzeyi sıcaklık değeri 25,27 °C ile Van istasyonunda, uzun dönemli NASA-Gece verilerine göre ise en düşük su yüzeyi sıcaklık değeri ise 2,59 °C ile yine Van istasyonunda gözlemlenmiştir. NASA-Gündüz ve NASA-Gece ortalama su yüzeyi sıcaklık değerlerine bakıldığında yine Van istasyonundaki değerlerin diğer istasyonlara oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuç, Kavak (2021)'de Van Gölü'nün güneydoğusunun gölün diğer bölgelerine göre daha sıcak olduğu sonucuyla uyumaktadır.

Kısa dönemde (2016-2020) belirlenen değerlerle karşılaştırıldığında; belirlenen iki zaman dilimi için en büyük değer değişmezken, en küçük ve ortalama değerlerin uzun dönem verilerinde daha düşük olduğu, standart sapmanın da değişmediği belirlenmiştir.

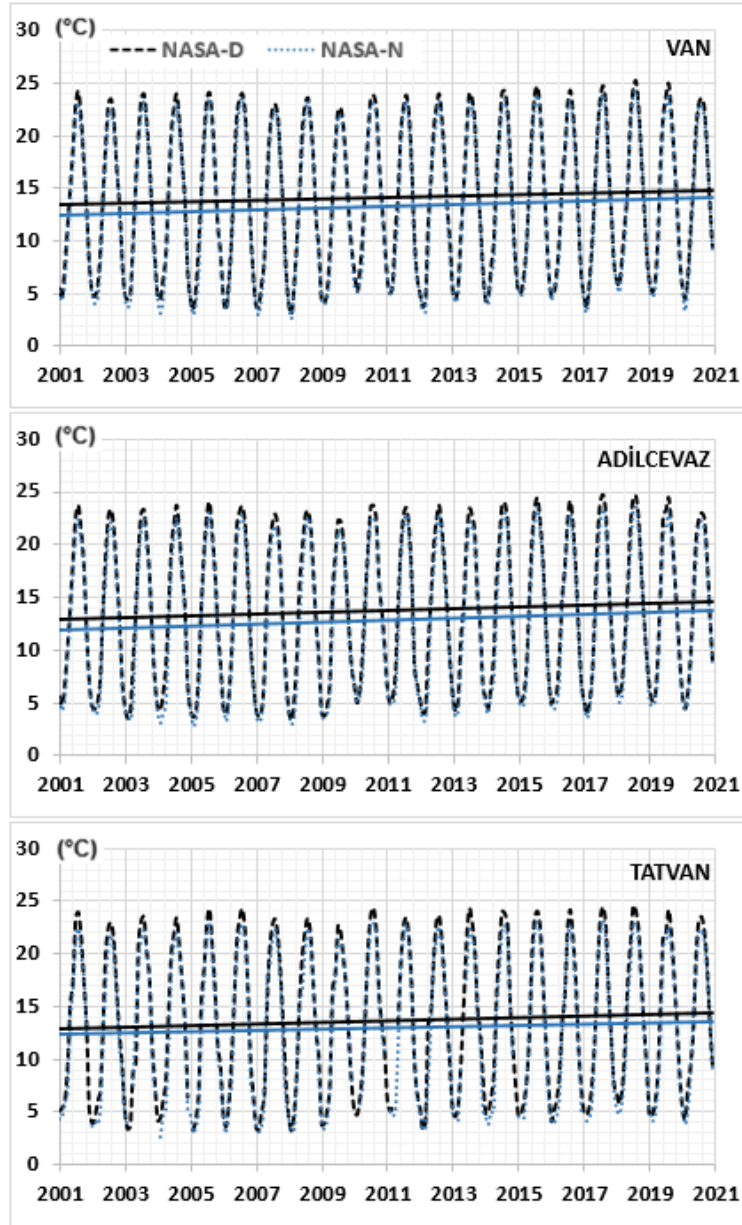
Schönwiese ve Rapp (1997), Wijngaard vd. (2003)'de yapılan dört homojenlik testini değerlendirerek verileri üç farklı sınıfa ayırmışlardır. Sıfır veya bir testin %1 anlamlılık düzeyinde homojen olduğu hipotezini reddetmesi halinde veri setini 'kullanışlı' olarak tanımlamışlardır. İki testin %1 anlamlılık düzeyinde homojen olduğu hipotezini reddetmesi halinde 'belirsiz' olarak tanımlamışlardır. Üç veya daha fazla testin %1 anlamlılık düzeyinde homojen olduğu hipotezini reddetmesi halinde 'şüpheli' olarak tabir etmiştir.

Bu değerlendirme ışığında aylık-ortalama, yıllık-ortalama, yıllık-maksimum, yıllık-minimum ve mevsimsel su yüzeyi sıcaklıkları analiz edildiğinde, %1 anlamlılık düzeyinde verilerin neredeyse tamamının 'kullanışlı' olarak sınıflandırılması ile homojen olduğu belirlenmiştir. Sadece Adilcevaz istasyonu NASA-Gündüz su yüzeyi sıcaklıkları için Ocak ayı ve kış mevsiminin, NASA-Gece su yüzeyi sıcaklıkları için yıllık-minimum serisinin 'şüpheli' sınıflandırılması ile homojen olmadığı, 2009 yılında bir kırılma olduğu belirlenmiştir. Van istasyonunun hem NASA-Gündüz hem de NASA-Gece verileri Eylül ayı için %1 anlamlılık düzeyinde 'belirsiz' sınıflandırılması ile homojen olmadığı ve 2009 yılı itibarıyla bir kırılma olduğu belirlenmiştir.

NASA-Gündüz ve NASA-Gece verilerinin 2001-2020 tarih aralığı için zaman serileri ile eğilimleri Şekil 8'de verilmiştir. Üç istasyon için de gündüz değerlerinin eğilim eğrisinin gece değerlerinden daha büyük olduğu açıktır. Yine üç istasyon içinde artış eğilimi görülmektedir.

Tablo 2: Uzun dönem NASA-Gündüz (NASA-D) ve NASA-Gece (NASA-N) Van Gölü su yüzeyi sıcaklık değerlerinin istatistiksel analizi (2001-2020)

İstasyon	Veri Türü	Maks.	Min.	Ort.	Std. Sap.	Çarpıklık	Medyan
VAN	NASA-D	25,27	3,14	14,13	7,05	0,03	14,11
	NASA-N	24,25	2,59	13,35	6,94	0,03	13,28
ADİLCEVAZ	NASA-D	24,70	3,38	13,75	7,03	0,05	13,75
	NASA-N	23,56	2,75	12,82	6,88	0,07	12,80
TATVAN	NASA-D	24,58	3,15	13,64	7,13	0,07	13,28
	NASA-N	23,15	2,60	12,95	6,88	-0,01	13,21



Şekil 8: NASA-Gündüz (NASA-D) ve NASA-Gece (NASA-N) Van Gölü uzun dönem su yüzeyi sıcaklıklarının zaman serileri (2001-2020)

Aylık değişimlerin belirlenmesi için uzun dönem NASA-Gündüz ve NASA-Gece Van Gölü su yüzeyi sıcaklıklarının aylık-ortalama değerlerine göre Theil-Sen ile elde edilmiş eğilimleri ve anlamlılık düzeyleri Tablo 3'te verilmiştir. Zaman serilerinin eğilimleri istatistiksel olarak %90, %95, %97 ve %99 anlamlılık düzeylerinde hazırlanmış ve tabloda sunulmuştur.

Aylık eğilimleri gösteren tablonun tamamında pozitif yani artış eğilim değerleri olduğu görülmektedir. Eylül ayı için gündüz ve gece uydu verilerinin tüm istasyonlarda 0,058-0,070 °C/yıl aralığında, artış eğiliminin en az %97 ve üzeri anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Yani Eylül ayındaki tüm artış eğilimleri istatistiksel olarak anlamlıdır. Ancak Van istasyonuna ait gündüz ve gece uydu verilerinin Eylül ayı için 'belirsiz' olarak sınıflandırılması ile homojen bulunmadığı göz önünde tutulmalıdır. En fazla artış 0,094 °C/yıl ile Adilcevaз istasyonu gündüz verileri için %99 anlamlılık düzeyiyle ( $\alpha=0,01$ ) Haziran ayında, gece verileri için 0,104 °C/yıl ile %97 anlamlılık düzeyinde ( $\alpha=0,03$ ) aynı istasyonda Nisan ayında belirlenmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı olan en düşük artış ise 0,036 °C/yıl ile Van istasyonu gündüz verileri için %99 anlamlılık düzeyinde ( $\alpha=0,01$ ) Ekim ayında belirlenmiştir. Kasım ayı dışındaki tüm aylarda en az bir zaman serisi için istatistiksel olarak anlamlı artışların olduğu görülmektedir. Van ve Adilcevaз istasyonundaki gündüz-gece verileri, Tatvan istasyonuna göre anlamlılık düzeyinin daha yüksek olduğu artışlar göstermektedir. Van ve Adilcevaз istasyonları için anlamlı artışların çoğunlukla Şubat-Eylül aralığında olduğu görülmektedir.

Tablo 3: Uzun dönem (2001-2020) NASA-Gündüz (D) ve NASA-Gece (N) Van Gölü su yüzeyi sıcaklıklarının aylık eğilimleri (Theil-Sen)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
VAN-D	0,035	0,039	0,057	0,073	0,031	0,068	0,039	0,055	0,058	0,036	0,015	0,027
VAN-N	0,035	0,048	0,080	0,082	0,083	0,062	0,059	0,045	0,063	0,018	0,057	0,035
ADİLCEVAZ-D	0,066	0,054	0,054	0,068	0,063	0,094	0,053	0,053	0,069	0,029	0,059	0,084
ADİLCEVAZ-N	0,048	0,064	0,075	0,140	0,078	0,059	0,061	0,048	0,069	0,004	0,049	0,083
TATVAN-D	0,045	0,059	0,075	0,070	0,000	0,030	0,033	0,032	0,071	0,022	0,031	0,087
TATVAN-N	0,052	0,063	0,038	0,092	0,011	0,060	0,047	0,031	0,080	-0,005	0,064	0,023

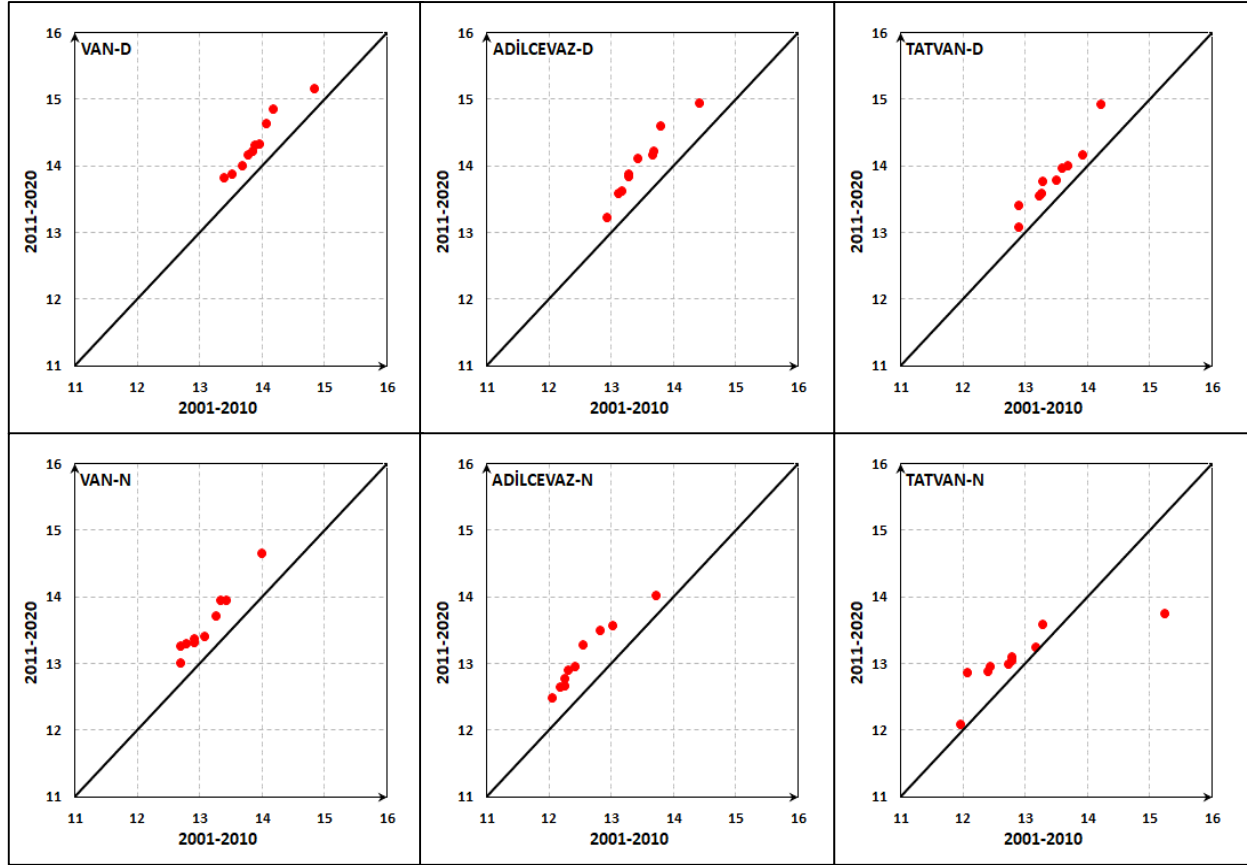
\*Anlamlılık düzeyi %90 %95 %97 %99

NASA-Gündüz ve NASA-Gece verilerinin yıllık-ortalama, yıllık-maksimum ve yıllık-minimum su yüzeyi sıcaklıklarının Theil-Sen ve ITA yöntemleri ile elde edilmiş yıllık eğilimleri ve anlamlılık düzeyleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4’de sunulmuştur. Ayrıca her üç istasyon içinde yıllık ortalama su yüzeyi sıcaklıklarının ITA yöntemi ile elde edilmiş eğilim grafikleri Şekil 9’da verilmiştir. Sunulan ITA grafikleri incelendiğinde, üç istasyon içinde SYS değerlerinin artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Yıllık ortalama değerlerin en az %90 anlamlılık düzeyinde 0,015-0,060 °C/yıl artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Yıllık ortalama su yüzeyi sıcaklığının ortalama eğilimi 0,043 °C/yıl olarak hesaplanmıştır. Yıllık maksimum sıcaklıkları yine en az %90 anlamlılık düzeyinde 0,040-0,068 °C/yıl, yıllık minimum sıcaklıklar ise 0,053-0,070 °C/yıl artış eğilimindedir. Dolayısıyla Saraçoğlu vd. (2021)’e benzer bir şekilde, istatistiksel olarak anlamlı sıcaklık artışının yıllık minimum ve maksimum değerlerde yıllık ortalamaya göre daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Yıllık maksimum ve yıllık minimum sıcaklıkların eğilimlerinde ITA yöntemiyle hesaplanan eğilim değerlerinin Theil-Sen’e göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Adilcevaz istasyonunun her iki zaman serisi için de (gündüz-gece uydu verisi) tüm zaman serileri için (yıllık ortalama, minimum ve maksimum serileri) istatistiksel olarak anlamlı olan artışlar sergilemiştir.

Tablo 4: Uzun dönem (2001-2020) NASA-Gündüz (D) ve NASA-Gece (N) Van Gölü su yüzeyi sıcaklıklarının yıllık eğilimleri

	Yöntem	Ort.	Maks.	Min.
VAN-D	Theil-Sen	0,040	0,060	0,037
	ITA	0,041	0,068	0,056
VAN-N	Theil-Sen	0,050	0,047	0,034
	ITA	0,047	0,060	0,055
ADİLCEVAZ-D	Theil-Sen	0,060	0,055	0,053
	ITA	0,052	0,061	0,067
ADİLCEVAZ-N	Theil-Sen	0,060	0,049	0,068
	ITA	0,050	0,062	0,070
TATVAN-D	Theil-Sen	0,036	0,040	0,055
	ITA	0,036	0,042	0,076
TATVAN-N	Theil-Sen	0,033	0,031	0,064
	ITA	0,015	0,040	0,054

\*Anlamlılık düzeyi %90 %95 %97 %99



Şekil 9: Van Gölü uzun dönem yıllık ortalama su yüzeyi sıcaklıklarının ITA eğilim grafikleri

Yıllık ortalama değerlerde, Adilcevaz istasyonundaki su sıcaklığındaki anlamlı artışın diğer istasyonlara göre daha fazla olduğu görülmektedir. En büyük istatistiksel anlamlı artış  $0,070\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$  ile Adilcevaz istasyonu NASA-Gece verilerinin yıllık-minimum değerlerinde belirlenmiştir. Anlamlı artışların en düşüğü  $0,015$  ve  $0,033\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$  ile Tatvan NASA-Gece verileri yıllık-ortalama değerlerinde görülmektedir. Kavak ve Karadoğan (2012), Van Gölü'nün batısındaki sıcaklığın Van Gölü'nün ortalama değeri civarında olduğunu, gölün doğusu da dikkate alındığında ortalama sıcaklığın yaklaşık  $3^{\circ}\text{C}$  düştüğünü ifade etmiştir. Kavak (2021) ise bölgedeki rüzgâr şartlarını gerekçe göstererek Van Gölü'nün güneydoğusunun gölün kalan kısmına göre daha sıcak olduğunu belirlemiştir. Ayrıca Kavak (2021), gölün kuzeyinin soğuk su girişleri ve göl batimetrisinden kaynaklı olarak daha düşük sıcaklığa sahip olduğunu da belirtmiştir. Bu çalışmada hesaplanan yıllık ortalama ve yıllık minimum su yüzeyi sıcaklıklarının eğilimlerine bakıldığında en fazla artışın gölün kuzeyindeki Adilcevaz istasyonunda olduğu görülmektedir. Yani buradan gölün soğuk olan kuzey tarafının daha çok ısındığı söylenebilir.

Van gölü yıllık ortalama su yüzeyi sıcaklığındaki ortalama artış eğilimi  $0,043\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$ ; Doğu Karadeniz için (1982-2016) belirlenmiş olan  $0,11\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$  (Ginzburg vd. 2004) artış değerinden küçük iken, Ege ve Doğu Akdeniz için (1982-2020) belirlenmiş olan  $0,055\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$  (Saraçoğlu vd. 2021) değerine yakın, Güney Hazar Denizi için (1982-2016) belirlenmiş olan artışın ( $0,029 \pm 0,009\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$ ) (Kashkooli vd. 2019) yaklaşık 1,5 katı ve küresel okyanuslar için (1971-2010)  $0,011\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$  olarak belirlenmiş olan artışın (Rhein vd. 2013) yaklaşık dört katıdır.

Mevsimsel eğilimlerin belirlenmesi amacıyla üç istasyon için gündüz ve gece verilerinin her iki yöntem ile hesaplanmış eğilimleri ve anlamlılık seviyeleri Tablo 5'de verilmiştir. Adilcevaz istasyonu için gündüz belirlenmiş olan mevsimsel su yüzeyi sıcaklıklarının ITA yöntemi ile elde edilmiş eğilim grafikleri Şekil 10'da verilmiştir. Aralık-Ocak-Şubat ayları kış mevsimi; Mart-Nisan-Mayıs ayları ilkbahar mevsimi, Haziran-Temmuz-Ağustos ayları yaz mevsimi; Eylül-Ekim-Kasım ayları ise sonbahar mevsimi olarak alınmıştır. Bütün mevsimlerde istatistiksel olarak anlamlı olan artış eğilimlerinin olduğu görülmektedir. Şekil 10'dan Adilcevaz istasyonu için bütün mevsimlerde artış eğilimi olduğu söylenebilir. Ancak sonbahar mevsiminde minimum değerlerdeki azalma eğilimi dikkat çekicidir. Kış mevsimindeki en büyük anlamlı artış  $0,066\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$  ile Adilcevaz gündüz-gece su yüzeyi sıcaklıklarında, İlkbahar mevsimindeki en büyük artış  $0,099\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$  ile Adilcevaz gece su yüzeyi sıcaklıklarında belirlenmiştir. Yaz mevsimindeki en büyük artış  $0,072\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$  ile Adilcevaz gündüz verilerinde, Sonbahar mevsimi için  $0,059\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$  ile Tatvan gece verilerinde olduğu belirlenmiştir. En büyük anlamlı artışların ilkbahar mevsiminde  $0,099\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$  ile Adilcevaz gece verilerinde ve  $0,080\text{ }^{\circ}\text{C/yıl}$  ile Van gece verilerinde olduğu görülmektedir. Van ve Adilcevaz istasyonları için en büyük anlamlı artış İlkbahar mevsimindeyken, Tatvan istasyonu için sonbahar mevsimindedir.



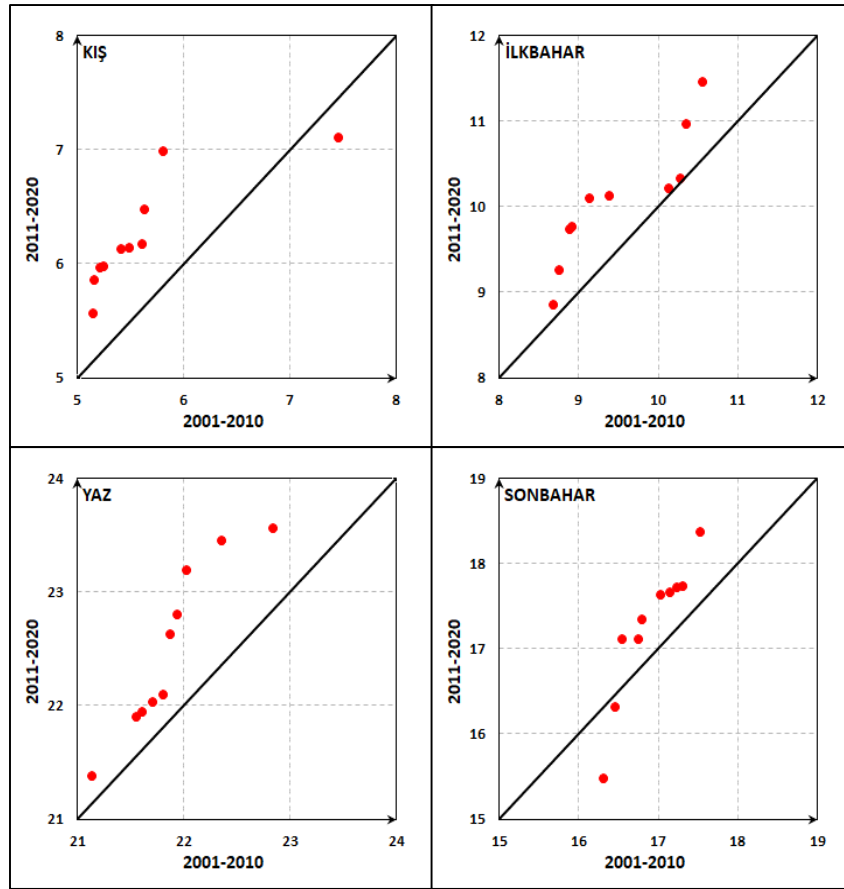
Tüm mevsimlerdeki artışlarla karşılaştırıldığında, ilkbahar mevsimindeki artışların diğer mevsimlere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Anlamlı olan en düşük artış ise ITA yöntemi ile belirlenen 0,024°C/yıl ile Van ve Tatvan istasyonu gündüz verilerinde sonbahar mevsiminde olduğu görülmektedir.

Adilcevaz istasyonuna ilişkin gündüz ve gece verilerinin neredeyse tamamı bütün mevsimlerde 0,032-0,099 °C/yıl aralığında anlamlı artış göstermiştir. Theil-Sen ve ITA yöntemleriyle hesaplanan eğilim değerlerinin çoğunlukla birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. ITA yöntemiyle hesaplanan eğilim değerlerinin yıllık değerlerde belirlenenin aksine neredeyse tamamının Theil-Sen'e göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5: Uzun dönem (2001-2020) NASA-Gündüz (D) ve NASA-Gece (N) Van Gölü su yüzeyi sıcaklıklarının mevsimsel eğilimleri

		Yöntem			
		Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
VAN-D	Theil-Sen	0,025	0,063	0,051	0,038
	ITA	0,025	0,062	0,051	0,024
VAN-N	Theil-Sen	0,035	0,080	0,064	0,044
	ITA	0,036	0,073	0,056	0,021
ADİLCEVAZ-D	Theil-Sen	0,066	0,067	0,072	0,049
	ITA	0,061	0,056	0,060	0,032
ADİLCEVAZ-N	Theil-Sen	0,066	0,099	0,062	0,039
	ITA	0,054	0,075	0,053	0,021
TATVAN-D	Theil-Sen	0,043	0,046	0,031	0,044
	ITA	0,049	0,057	0,024	0,024
TATVAN-N	Theil-Sen	0,057	-0,001	0,052	0,059
	ITA	0,000	-0,048	0,045	0,034

\*Anlamlılık düzeyi %90 %95 %97 %99



Şekil 10: Adilcevaz İstasyonu su yüzeyi sıcaklıklarının mevsimsel ITA eğilim grafikleri

Aylık analizlerde, Eylül ayı için tüm seriler anlamlı artışlar gösterirken Ekim ve Kasım aylarında anlamlı artışlar görülmemiştir. Bu sebeple sonbahar mevsimindeki anlamlı artışların diğer mevsimlere göre daha az olduğu görülmektedir. Sonbahar mevsimindeki en büyük anlamlı artış 0,059 °C/yıl iken, aylık analizlerle elde edilen Eylül ayı için en büyük anlamlı artış 0,080 °C/yıl'dır. İlkbahar mevsimindeki en büyük anlamlı artış 0,099 °C/yıl iken, aylık analizlerle elde edilen Nisan ayı için en büyük anlamlı artış 0,140 °C/yıl'dır. Kış mevsimindeki en büyük anlamlı artış 0,066 °C/yıl iken, aylık analizlerle elde edilen Aralık ayı için en büyük anlamlı artış 0,084 °C/yıl'dır. Yaz mevsimindeki en büyük anlamlı artış 0,072 °C/yıl iken, aylık analizlerle elde edilen Haziran ayı için en büyük anlamlı artış 0,094 °C/yıl'dır. Böylece mevsimsel analizlerle birlikte aylık analizler yürütüldüğünde, aylık su yüzevi sıcaklığı anlamlı eğilim artışlarının mevsimlere göre belirlenmiş olandan daha büyük olduğu anlaşılmaktadır. Aylık, yıllık ve mevsimsel analizlerde Adilcevaz istasyonundaki anlamlı artışın diğer iki istasyona göre daha fazla olduğu, Tatvan istasyonunda en az anlamlı artışın görüldüğü söylenebilmektedir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında, Van Gölü su yüzevi sıcaklıklarındaki değişimler 2016-2020 dönemini kapsayan NASA-Gündüz ve NASA-Gece uydu verileri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü ölçüm verileri karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Ayrıca 2001-2020 dönemi kapsayan NASA-Gündüz ve NASA-Gece uydu verilerinin aylık, yıllık ve mevsimsel eğilim analizleri iki farklı metot kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

MGM ölçüm verileri ile NASA-Gündüz ve NASA-Gece su yüzevi sıcaklıklarının oldukça uyumlu olduğu belirlenmiştir ( $R=0,94-0,99$ ). NASA-Gece su yüzevi sıcaklıklarının NASA-Gündüz su yüzevi sıcaklıklarına göre ölçüm verileri ile daha uyumlu olduğu görülmüştür. Bu durumun MGM tarafından gerçekleştirilen ölçümlerin sabah erken saatlerde olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple, su yüzey sıcaklığı uydu verilerinin kullanılacağı çalışmalarda sadece atmosferden daha az etkilenmesi sebebiyle değil ölçüm verileri ile daha uyumlu olduğu için de gece su yüzevi sıcaklık uydu verilerinin analizlere daha uygun olduğu anlaşılmaktadır.

Van istasyonundan elde edilen ölçüm verilerinin maksimum değerinin diğer iki istasyondan daha büyük, minimum değeri ise daha küçüktür. Ölçüm verilerinin (2016-2020) ortalama değerlerde Adilcevaz istasyonunda daha sıcak olduğu, uzun dönemdeki (2001-2020) sıcaklıklara bakıldığında ise; Van Gölü'nün güneydoğusunda bulunan Van istasyonunun gölün diğer bölgelerine göre daha sıcak olduğu belirlenmiştir. Uzun dönem için elde edilen bu sonuç [Kavak \(2021\)](#) ile uyumaktadır.

2001-2020 zaman aralığındaki NASA-Gündüz ve NASA-Gece su yüzevi sıcaklıklarına ilişkin aylık-ortalama, yıllık-ortalama, yıllık-maksimum, yıllık-minimum ve mevsimsel su yüzevi sıcaklıkları analiz edildiğinde, %1 anlamlılık düzeyinde verilerin neredeyse tamamının 'kullanışlı' sınıflandırması ile homojen olduğu belirlenmiştir.

Uzun dönem aylık su yüzevi sıcaklıkları değerlendirildiğinde ise artış eğilimi olduğu görülmüştür. Eylül ayı için NASA-Gündüz ve NASA-Gece verilerinin tüm istasyonlarda 0,058-0,070 °C/yıl ( $\alpha \leq 0,03$ ) artış eğilimi sergilediği belirlenmiştir. Aylık değerlendirmelerde en fazla artış 0,094 °C/yıl ile Adilcevaz İstasyonu gündüz verilerinde ( $\alpha=0,01$ ) Haziran ayında, gece verilerinde 0,104 °C/yıl ile ( $\alpha=0,03$ ) aynı istasyon için Nisan ayında belirlenmiştir. Van ve Adilcevaz istasyonları için anlamlı artışların çoğunlukla Şubat-Eylül döneminde olduğu gözlemlenmiştir.

Tüm istasyonlarda, uzun dönem su yüzevi sıcaklıkları yıllık-ortalama değerlerin 0,015-0,060 °C/yıl ile artış eğiliminde ( $\alpha \leq 0,1$ ) olduğu hesaplanmıştır. [Saraçoğlu vd. \(2021\)](#)'e benzer olarak sıcaklık artışı eğiliminin yıllık minimum ve maksimum değerlerde yıllık ortalamaya göre daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. En büyük istatistiksel anlamlı artış 0,070 °C/yıl ile Adilcevaz istasyonu NASA-Gece verilerinin yıllık-minimum değerlerinde belirlenmiştir. Hesaplanan yıllık ortalama ve yıllık minimum su yüzevi sıcaklıklarının eğilimlerine bakıldığında en fazla artışın gölün kuzeyindeki Adilcevaz istasyonunda olduğu görülmektedir. Ayrıca [Kavak \(2021\)](#), gölün kuzeyinin soğuk su girişleri ve göl batimetrisinden kaynaklı olarak daha düşük sıcaklığa sahip olduğunu belirtmiştir. Yani buradan gölün soğuk olan kuzey tarafının daha çok ısındığı söylenebilir. Daha kuzeyde bulunan Adilcevaz istasyonunun Van ve Tatvan istasyonlarına göre daha fazla ısınmasının sebebi, bölgesel dinamikler ve havza şartları da göz önüne alınıp ayrıntılı olarak incelenmesi önerilmektedir.

Uzun dönem Van Gölü yıllık-ortalama su yüzevi sıcaklık değerlerindeki ortalama artış 0,043 °C/yıl olarak belirlenmiştir. Bu değer; Doğu Karadeniz için belirlenmiş olan (0,11 °C/yıl) artıştan küçük, Güney Hazar Denizi için belirlenmiş olan artışın ( $0,029 \pm 0,009$  °C /yıl) yaklaşık 1,5 katı, Ege ve Doğu Akdeniz için belirlenmiş olan artışa (0,055°C/yıl) yakın ve okyanuslar için belirlenmiş olan artışın (0,011 °C/yıl) yaklaşık 4 katı olduğu sonucuna varılmıştır. Küresel ısınmanın etkisiyle kapalı bir havzada bulunan Van Gölü'nün, Doğu Karadeniz haricindeki diğer denizler için belirlenen artış değerlerine göre daha fazla ısındığı anlaşılmaktadır.

Theil-Sen ve ITA yöntemleriyle hesaplanan eğilim değerlerinin çoğunlukla birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Yıllık maksimum ve yıllık minimum sıcaklıkların eğilimlerinde ITA yöntemiyle hesaplanan eğilim değerlerinin Theil-Sen'e göre daha fazla iken, mevsimsel karşılaştırmada neredeyse tamamının daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Uzun dönem su yüzevi sıcaklıklarının mevsimsel analizlerle en büyük artışların ilkbahar mevsiminde 0,099 °C/yıl ( $\alpha \leq 0,01$ ) ve 0,080 °C/yıl ( $\alpha \leq 0,03$ ) olarak sırasıyla Adilcevaz ve Van istasyonlarına ait NASA-Gece verilerinde olduğu görülmektedir.

Yani ilkbahar mevsimindeki artışlar özellikle Van ve Adilcevaz istasyonlarında diğer mevsimlere göre daha yüksektir. Aylık analizlerle elde edilen artan eğilim değerlerinin mevsimsel analiz ile elde edilen artan eğilimlere göre daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

## Teşekkürler

Van Gölü su yüzeyi sıcaklıkları ölçüm verileri için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ve uydu verileri için NASA'ya (NASA Goddard Space Flight Center, Ocean Ecology Laboratory, Ocean Biology Processing Group; (2018): Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) Ocean Color Data, NASA OB.DAAC. doi: 10.5067/ORBVIEWS/2/SEAWIFS/L2/OC/2018. Accessed on 2019/02/29.) teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Alexandersson H., (1986), *A homogeneity test applied to precipitation data*, Journal of Climatology, 6(6), 661-675.
- Alashan S., (2018), *An improved version of innovative trend analyses*, Arabian Journal of Geosciences, 11(3), 50, doi: 10.1007/s12517-018-3393-x.
- Arıkan B.B., Kahya E., (2019), *Homogeneity revisited: analysis of updated precipitation series in Turkey*, Theoretical and Applied Climatology, 135(1), 211-220.
- Aydoğan B., Ayat B., (2018), *Spatial variability of long-term trends of significant wave heights in the Black Sea*, Applied Ocean Research, 79, 20-35.
- Batur E., Kadioğlu M., Özkaya M., Saban M., Akın İ., (2009), *Van gölü su seviye modellemesi*, Su Vakfı Su Kaynakları, 2(1), 27-40.
- Buishand T.A., (1982), *Some methods for testing the homogeneity of rainfall records*, Journal of Hydrology 58(1-2), 11-27.
- Caloiero T., Coscarelli R., Ferrari E., (2018), *Application of the innovative trend analysis method for the trend analysis of rainfall anomalies in southern Italy*, Water Resour Manag 32(15), 4971-4983.
- Caloiero T., (2020), *Evaluation of rainfall trends in the South Island of New Zealand through the innovative trend analysis (ITA)*, Theor Appl Climatol 139(1), 493-504.
- Caloiero T., Aristodemo F., Ferraro D.A., (2022), *Annual and seasonal trend detection of significant wave height, energy period and wave power in the Mediterranean Sea*, 243, 110322.
- Carpenter S.R., Benson B.J., Biggs R., Chipman J.W., Foley J.A. et al., (2007), *Understanding regional change: a comparison of two lake districts*, Bioscience, 57(4), 323-335.
- Coşkun S., (2020), *Van Gölü kapalı havzasında yağışların trend analizi*, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(2), 521-532.
- Çarpar T., Ayat B., Aydoğan B., (2020), *Spatio-seasonal variations in long-term trends of offshore wind speeds over the Black Sea: an inter-comparison of two reanalysis data*, Pure Appl. Geophys, 177(6), 3013-3037.
- Çiftçi Y., Isık M.A., Alkevlı T., Yesilova Ç., (2008), *Van gölü havzasının çevre jeolojisi (Environmental Geology of Lake Van Basin)*, Jeoloji Mühendisliği Dergisi 32(2), 45-77.
- Dabanlı İ., Şen Z., Yeleğen M.Ö., Şişman E., Selek B., Güçlü Y.S., (2016), *Trend assessment by the innovative-Şen method*, Water Resour Manag 30(14), 5193-5203.
- Dabanlı I., Şişman E., Güçlü Y.S., Birpınar M.E., Şen Z., (2021), *Climate change impacts on sea surface temperature (SST) trend around Turkey seashores*, Acta Geophysica, 69(1), 295-305.
- Degens E., Wong H., Kempe S., Kurtman F., (1984), *A geological study of Lake Van, Eastern Turkey*, Int. Journal of Earth Sciences 73(2), 701-734.
- Emek M.F., (2014), *Doğu Anadolu Bölgesi yıllık ve aylık toplam yağışların trend analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Fırat M., Dikbaş F., Koç A.C., Güngör M., (2010), *Missing data analysis and homogeneity test for Turkish precipitation series*, Sadhana 35(6), 707-720.
- Ginzburg A.I., Kostianoy A.G., Sherement N.A., (2004), *Seasonal and interannual variability of the Black Sea surface temperature as revealed from satellite data (1982-2000)*, Journal of Marine Systems, 52(1-4), 33-50.
- Hänsel S., Medeiros D.M., Matschullat J., Petta R.A., Silva I.M., (2016), *Assessing Homogeneity and Climate Variability of Temperature and Precipitation Series in the Capitals of North-Eastern Brazil*, Frontiers in Earth Science, 4(29), doi:10.3389/feart.2016.00029.
- Hawkins M., (1977), *Testing a sequence of observations for a shift in location*, Journal of the American Statistical Association, 72(357), 180-186.
- Huguet C., Fietz S., Stockhecke M., Sturmb M., Anselmetti F.S., Rosell-Melé A., (2011), *Biomarker seasonality study in Lake Van, Turkey*, Organic Geochemistry, 42(11), 1289-1298.
- Ishii M., Shouji A., Sugimoto S., Matsumoto T., (2005), *Objective analyses of sea surface temperature and marine meteorological variables for the 20th century using icoads and the Kobe collection*, International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 25(7), 865-879.
- Kadioğlu M., Sen Z., Batur E., (1997), *The greatest soda-water lake in the world and how it is influenced by climatic change*, Annales Geophysicae-Atmospheres, Hydrospheres and Space Sciences, 15(11), 1489-1497.
- Kahya E., Arıkan B.B., Akdeniz E., (2016), *Homogeneity analysis of Precipitation Series in Turkey*, 12th International Congress on Advances in Civil Engineering – ACE 2016, 21 -23 September, İstanbul, Turkey.
- Karabörk M.Ç., Kahya E., Kömüşçü A.Ü., (2007), *Analysis of Turkish precipitation data: homogeneity and the Southern Oscillation forcings on frequency distributions*, Hydrological Process, 21(23), 3203-3210.
- Kashkooli O.B., Ghadami M. Amini M., Modarres R., (2019), *Spatiotemporal variation of the southern Caspian Sea surface temperature during 1982-2016*, Journal of Marine Systems, 193, 126-136.

- Kavak M.T., Karadoğan S., (2012), *Van Gölünde Su Yüzeyi Sıcaklık Değişiminin AVHRR Uydu Verileriyle İncelenmesi*, IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012), 16-19 Ekim, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak.
- Kavak M.T., (2021), *Long Time SST and Chlorophyll-a Pigment concentration of Lake Van Using MODIS*, Int. Jour.of Agri, Environment and Food Sci., 5(1), 12-22.
- Kendall M.G., (1975), Rank correlation method, 4 th Edition, Charless Griffin, London, pp. 202.
- Kennedy J.J., Rayner N.A., Smith R.O., Parker D.E, Saunby M., (2011), *Reassessing biases and other uncertainties in sea surface temperature observations measured in situ since 1850: 2. Biases and homogenization*, J. Geophys. Res Atmos., 116, D14104.
- Keskin M.E., Çakto İ., Çetin V., Bektaş O., (2018), *Doğu Anadolu Bölgesi sıcaklık ve yağış trend analizi*, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(2), 294-300.
- Mann H.B., (1945), *Nonparametric tests against trend*, Econometrica, 13, 245-259.
- NASA, (2019), Level 3 browser. NASA Earth Data Ocean Color WEB. <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>, [Erişim 29 Şubat 2019].
- Öğlü B., Möls T., Kaar T., Cremona F., Kangur K., (2020), *Parameterization of surface water temperature and long-term trends in Europe's fourth largest lake shows recent and rapid warming in winter*, Limnologica 82, 125777.
- Öztopal A., Şen Z., (2017), *Innovative trend methodology applications to precipitation records in Turkey*, Water resources management, 31(3), 727-737.
- Park K., Lee E.Y., Chang E., Hong S., (2015), *Spatial and temporal variability of sea surface temperature and warming trends in the Yellow Sea*, Journal of Marine Systems, 143, 24-38.
- Pettitt A.N., (1979), *A non-parametric approach to the change-point detection*, Applied Statistics, 28, 126-135.
- Rayner N. A., Parker D.E., Horton E.B., Folland C.K., Alexander L.V., Rowell D.P., Kent E.C., Kaplan A., (2003), *Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century*, Journal of Geophysical Research Atmospheres, 108(D14), 1-22.
- Rhein Ma, Rintoul S.R., Aoki S., Campos E., Chambers D., Feely R.A., Gulev S., Johnson G., Josey S., Kostianoy A., (2013), *Observations: ocean*, Climate Change, 255-315.
- Rosenzweig C., Casassa G., Karoly D.J., Imeson A., Liu C., Menzel A., Rawlins S., Root T.L., Seguin B., Tryjanowski P., (2007), *Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. In: Parry, M L; et al. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, ss.79-131.
- Saraçoğlu F.A., Aydoğan B., Ayat B., Saraçoğlu K.E., (2021), *Spatial and seasonal variability of long-term sea surface temperature trends in Aegean and Levantine Basins*, Pure and Applied Geophysics, 178, 3769-3791.
- Saplıoğlu K., Kilit M., Yavuz B.K., (2014), *Trend analysis of streams in the Western Mediterranean basin of Turkey*, Fresenius Environ Bull, 23(1A), 313-327.
- Sarı M., Polat I., Saydam A.C., (2000), *NOAA AVHRR Uydu Görüntüleri ile Van Gölü yüzey sıcaklığının izlenmesi*, IV. Su Ürünleri Sempozyumu, 28-30 Haziran, Erzurum.
- Schönwiese C.D., Rapp J., (1997), *Climate trend atlas of Europe based on observations 1891-1990*, Kluwer: Dordrecht, The Netherlands.
- Sen P.K., (1968), *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau*, J. Amer. Statist. Assoc., 63(324), 1379-1389.
- Smith T.M., Reynolds R.W., Peterson T.C., Lawrimore J., (2008), *Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880-2006)*, Journal of climate, 21(10), 2283-2296.
- Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M., Allen S.K., et al., (2013), *IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. The contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1535.
- Şahin S., Cıgızoğlu K., (2010), *Homogeneity analysis of Turkish meteorological data set*, Hydrological Process, 24(8), 981-992.
- Şen Z., (2012), *Innovative trend analysis methodology*, Journal of Hydrologic Engineering, 17(9), 1042-1046.
- Şen Z., (2014), *Trend identification simulation and application*, J Hydrol Eng, 19(3), 635-642.
- Şenocak S., Emek M.F., (2019), *Evaluation of monthly precipitation amount in Eastern Anatolia Region by Using Trend Analysis Methods*, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 17, 807-822.
- Şişman E., (2019), *Ege ve Akdeniz kıyılarında seçilen istasyonlarda deniz suyu sıcaklıkları için soğuma dönemi trend analizleri*, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 5(2), 291-304.
- Şişman E., (2021), *Power law characteristics of trend analysis in Turkey*, Theoretical and Applied Climatology, 143(3), 1529-1541.
- Şişman E., Kızıllöz B., (2021), *The application of piecewise ITA method in Oxford, 1870-2019*, Theoretical and Applied Climatology, 145(3), 1451-1465.
- Theil H., (1950), *A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis*, I. Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., A53, 386-392.
- TOB, (2018), Van Gölü Havzası Kuraklık Yönetim Planı, *Cilt -1: Havzanın Genel Tanımı ve Kuraklık analizleri*, T.C. Tarım Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı Ankara, ss. 147.
- TOB, (2020), Van Gölü Havzası Taşkın Yönetim Planı Stratejik ÇED Raporu, T.C. Tarım Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, ss. 84.
- Trumpickas J., Shuter B.J., Minns C.K., (2009), *Forecasting impacts of climate change on Great Lakes surface water temperatures*, Journal of Great Lakes Research, 35(3), 454-463.
- Virdis S.G.P., Soodcharoen N., Lugliè A., Padedda B.M., (2020), *Estimation of satellite-derived lake water surface temperatures in the western Mediterranean: Integrating multi-source, multi-resolution imagery and a long-term field dataset using a time series approach*, Science of The Total Environment, 707, 135567.
- Von Neumann J., (1941), *Distribution of the ratio of the mean square successive difference to the variance*, Annals of Mathematical Statistics, 12(4), 367-395.
- Wijngaard J.B., Klein Tank A.M.G., Können G.P., (2003), *Homogeneity of 20th century European daily temperature and Precipitation series*, International Journal of Climatology, 23(6), 679-692.
- Winter T.C., (1999), *Relation of streams, lakes, and wetlands to groundwater flow systems*, Hydrogeology, 7(1), 28-45.



- Yang K, Yu Z., Luo Y., (2020), *Analysis on driving factors of lake surface water temperature for major lakes in Yunnan-Guizhou Plateau*, Water Research, 184, 116018.
- Yeşilirmak E., Akçay S., Dađdelen N., Gürbüz T., Sezgin F., (2008), *Quality Control and Homogeneity of Annual Precipitation Data in Büyük Menderes Basin, Turkey*, Int.Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology, 225-233.
- Yeşilova Ç., Gülyüz E., Huang C.R., Shen C.C., (2019), *Giant tufas of Lake Van record lake-level fluctuations and climatic changes in eastern Anatolia,Turkey*, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 533, 109226.
- Yetmen H., (2013), *Van Gölü Havzası'nın Kuraklık Analizi*, 21.Yüzyılda Eğitim ve Toplum, 2(5), 184-198.
- Yıldız M.Z., Deniz O., (2005), *Kapalı Havza Göllerinde seviye değişimlerinin kıyı yerleşmelerine etkisi: Van Gölü Örneđi*, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 15(1), 15-31.
- Yu Z., Yang K., Luo Y., Shang C, Zhu Y., (2020), *Lake surface water temperature prediction and changing characteristics analysis- A case study of 11 natural lakes in Yunnan-Guizhou Plateau*, Journal of Cleaner Production, 276, 122689.