

Burdur Gölü'nde uzun dönemli kıyı çizgisi değişimleri ve iklim ilişkisi: Zamansal-mekânsal eğilimler ve tahminler

*Long-term coastline changes and climate relationship in Burdur Lake:
Spatio-temporal trends and forecasts*

Çağan Alevkayalı ^{a*} Yıldırım Atayeter ^a Onur Yayla ^b Tuğçe Bilgin ^b Hasan Akpınar ^b

^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Isparta, Türkiye.

^b Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye.

ORCID: Ç.A. 0000-0001-7044-8183; Y.A. 0000-0002-7570-2993; O.Y. 0000-0002-8710-3701; T.B. 0000-0003-1883-3193; H.A. 0000-0002-8066-7459

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 26.04.2023

Kabul/Accepted: 29.05.2023

Anahtar Kelimeler:

Burdur Gölü
Klimatik eğilimler
Klimatik tahminleme
SARIMA
DSAS
Kıyı çizgisi değişimi

Keywords:

Burdur Lake
Climatic trends
Climatic forecasting
SARIMA
DSAS
Shoreline changes

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(Ç. Alevkayalı)

caganalevkayali@sdu.edu.tr

DOI: 10.17211/tcd.1287976



Atf/Citation:

Alevkayalı, Ç., Atayeter, Y., Yayla, O., Bilgin, T., & Akpınar, H. (2023). Burdur Gölü'nde uzun dönemli kıyı çizgisi değişimleri ve iklim ilişkisi: Zamansal-mekânsal eğilimler ve tahminler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (82), 37-50.

<https://doi.org/10.17211/tcd.1287976>

ÖZ / ABSTRACT

Burdur Gölü, Türkiye'nin güneyinde Toros Dağları kuşağının batısında Göller yöresi olarak adlandırılan bölgede yer alan pek çok türe ev sahipliği yapan önemli sulak alanlarından biridir. Burdur Gölü kapsamında yürütülen birçok çalışmada göl aynasının son yıllarda hızlı bir daralma eğilimi içerisinde olduğu ifade edilmektedir. Bu çalışmanın amacı Burdur Gölü su yüzey alanındaki mekânsal değişimleri (1986-2022) ortaya koymak ve Burdur Gölü Havzasında uzun yıllık iklim kayıtlarındaki (1940-2021) eğilimlerin mevcut kayıtlar üzerinden incelenerek göl aynasının gelecekteki durumu hakkında tahminler yürütmektir. Bu amaçla iklim parametrelerindeki tahminler Mann-Kendall Eğilim testi ile iklim parametrelerinin 10 yıllık tahmini değerleri SARIMA yönteminden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Burdur Gölü kıyı değişimleri ve bu değişimlere yönelik tahmin uygulamaları da DSAS aracı ile gerçekleştirilmiştir. Burdur Gölü'ne en yakın meteoroloji istasyona ait aylık ve yıllık veriler incelendiğinde yıllık ve aylık yağış miktarında istatistiksel olarak anlamlı eğilimler belirlenmemiştir. Diğer yandan aylık ve yıllık maksimum sıcaklık verilerinde anlamlı artış eğilimi test edilmiştir. İklim parametreleri kapsamında SARIMA yöntemi ile yapılan tahminlerde aylık maksimum ve aylık ortalama sıcaklıklarda 10 yıl ileride yaklaşık 1 CO'lık artış olacağı öngörülmüştür. Burdur Gölü kıyı çizgisi değişimleri ile yapılan analizlere göre su yüzey alanındaki daralmanın 10 yıl sonra bugünkü ayna alanının 17 km² daha daralacağı tahmin edilmektedir. Bu çalışmada göl yüzeyindeki daralmanın devam edeceği ve iklim değişikliğinin bir geri besleme mekanizması oluşturarak bu değişimi hızlandıracağı çıkarımına varılmıştır.

Burdur Lake is one of the important wetlands biotope located in the region called the Göller region in the south of Turkey. In many studies carried out within the scope of Burdur Lake, it is stated that the lake mirror had been in a rapid contraction trend in recent years. The aim of this study is to reveal the spatial changes in the Burdur Lake water surface area (1986-2022) and to make predictions about the future state of the lake mirror by using some climate parameters and also examining the trends in the long-year climate records in the Burdur Lake Basin. The estimations in climate parameters were made using Mann-Kendall Trend test and 10-year prediction values of climate parameters estimated by SARIMA method. The coastal changes of Burdur Lake were carried out with the DSAS tool. A statistically significant trend wasn't determined in the monthly and annual precipitation data at the Burdur Lake station. On the other hand, a significant increase trend in monthly and annual maximum temperatures was tested. In the predictions made with the SARIMA method, an increase of 1 degree was determined in the monthly and annual maximum temperatures. According to the estimates here, it is predicted that Burdur Lake will narrow by 17 km² in 10 years. In this study, it was concluded that the shrinkage of the lake surface will continue and climate change will accelerate this change by creating a feedback mechanism.

Extended Abstract

Introduction

In recent years, it is known that there are negative (decreasing) movements on the shoreline of many lakes in this region, which is called the "Lake Region" in the southwestern part of Turkey and shows the characteristics of a closed basin, that is, there are narrowings on the water surfaces of the lakes. The changes in climate and environmental conditions can cause shoreline movements in lake systems. The shrinkage in the water surface of Lake Burdur has reached significant dimensions in the last 20 years. Although the decline in the lake shoreline in the Burdur Lake basin is caused by changes in temperature, precipitation, drought events and agricultural production-related water use, it is known that the extinction process of the lake is especially due to climate change. It is extremely important for the sustainability of the water present in the environment to make predictions about the relationship of these processes with the climate as well as the spatial processes in explaining the climate change and the shrinkage process in the lake mirror. The aim of this study is to reveal the spatial changes (1986-2022) in the water surface area of Burdur Lake (shoreline) and to make predictions about some climate parameters and the future state of the lake mirror by using the trends in the long-year climate records (1940-2021) in the Burdur Lake Basin.

Data and Method

In this context, the Mann-Kendall Trend test was used to determine the trends in climate data, the future predictions in climate data were made with the SARIMA method and the changes in the coastline were carried out with the Geographic Information Systems Based DSAS tool.

Results and Discussion

In this study, it was not tested that there is no statistically significant trend in the annual changes of the climate parameters kept in Burdur Meteorology Observation Station, monthly total precipitation, monthly average temperature and monthly minimum temperature values. On the other hand, statistically significant positive trends were determined at the 95% confidence interval at monthly maximum temperatures. Significant results were obtained from the seasonal and non-seasonal statistical approaches of the SARIMA method, the moving average and autoregressive coefficients, and the predictions made on the monthly and annual total precipitation (2,1,0) (0,2,12) model. According to these results, it is predicted that the precipitation will be close to 0 mm in the summer months and around 70 mm in the winter months. Looking at the annual total precipitation forecasts, which is another indicator of precipitation, it is seen that the annual total precipitation will be between 350 mm and 400 mm for the next 10 years, and these estimates are similar to the current average annual precipitation. According to the results obtained in this study, with the results obtained from the long-term data, it was determined that the decreasing trend of the lake surface area stopped and increased slightly in 2003 and 2015. Spatial estimations were made with the help of DSAS, taking into account these 36-year changes in Burdur Lake. According to the findings here, there was a regression of more than 2251 meters in $\frac{1}{4}$ of the lake shoreline. Half of the lake shoreline has regressed

by at least 550 and at most 2025 meters. According to the Linear Regression Ratio determined on the shore, the highest rate of change in the shoreline between the years mentioned in Burdur Lake occurred from the northeastern shore of the lake with 410% and the least change was 0.93% in the high mass near Karakent. These estimates show that the Burdur Lake mirror will be 102 km² in 10 years. However, when the precipitation data are examined in this context, extreme precipitation occurred in 2003 and 2015, and with these precipitations, the decrease in agricultural water consumption and the increase in the water coming into the lake, the decrease in the lake level stopped and an increase in the level was observed. This shows that the changes in Burdur Lake mirror are related to precipitation. On the other hand, although the decreasing trend in the Burdur Lake mirror is related to the climate, it is clearly understood that this contraction process increases with anthropogenic processes. The lake sediments, which lost their capillarity on the shore of Burdur Lake and were purified from the water within, prepared the environment for severe dust storms by the wind. It is inevitable that these dust movements, which occur as a result of the level drops in the lake, have negative consequences on the city and people. This situation, confronts us with very different problems in different examples in the world (Aral Sea, etc.), and the subject of human relations is the title of a separate study topic in itself.

1. Giriş

Buharlaşma ve sızma olayı ile dengelenen yüzey sularının topoğrafik engelleri aşamaya karalarla çevrili bir depolama alanında biriktiği ve genellikle bir göl oluşturduğu kapalı havzaların çoğu kurak ve yarı-kurak bölgelerde yer almaktadır (Wang vd., 2018). Dünya yüzey sularının önemli bir kısmını oluşturan bu göller, biyoçeşitliliği ve kültürel mirası destekleyen ekosistemin temel öğelerinden biridir (Tulan Işıldar & Yalçın Çoşkun, 2021). Bu göller; su kaynaklarının aşırı kullanımı, hızlı nüfus artışı ve iklim değişikliği gibi etkenler tıpkı Aral Gölü (Klein vd., 2014), Urmiye Gölü (Tourian vd., 2015) ve Çad Gölü'nde (Alfa vd., 2008) olduğu gibi yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır (Li vd., 2018). Bilim dünyası bu göllerin yok olma sürecinin izlenmesinde su seviyeleri değişimleri ve kıyı çizgisi hareketleri gibi çeşitli süreçleri takip ederek ortamdaki gelişmeleri takip etmektedir.

Dünyanın birçok yerinde olduğu gibi Türkiye'de göllerin su seviyelerini konu alan birçok çalışma bulunmaktadır. 1959-2002 yılları arasında Türkiye'nin 25 önemli gölünde su seviyesinin incelendiği bir çalışmada harmonik analizlerden yararlanılarak 5 önemli gölün (Göhlhisar (Burdur), Eber-Akşehir (Afyonkarahisar), Timraş ve Konya Obruğu gölleri (Konya) su seviyelerinde azalma eğilimleri olduğu belirlenmiştir (Cengiz & Kahya, 2011). Türkiye'nin önemli tatlı su göllerinden Eğirdir Gölü ile ilgili bir çalışmada 1986-2016 yılları arasında göl seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı azalış belirlenemezken (Keskin vd., 2017), daha uzun yıl aralığının (1943-2005) kullanıldığı bir diğer çalışmada Burdur, Eğirdir, Sapanca ve Tuz göllerinin su seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı azalış tespit edilmiştir (Göncü vd., 2017). Göllerin su seviyeleri ile ilgili istatistiksel çalışmalar genellikle veri serilerinin eğilimlerin belirlenmesi ve tahminler yürütülmesine odaklanırken Uzaktan Algılama (UA) teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte uydu görüntülerinden yararlanılarak

göllerin su yüzey alanlarındaki değişimler yüksek doğrulukta belirlenebilmektedir (Firatlı vd., 2022).

Göl su yüzey alanının ve kıyı çizgisi hareketinin belirlenmesinde uydu görüntülerinin spektral bandlar yardımı ile uygulanan Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NFSI) ve Modifiye Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (MNFSI) en bilinen yöntemlerdendir (Küçük & Sarp, 2021). Kıyı çizgisi, meteorolojik olaylara göre değişebilen kara ile denizi (su kütesini) birbirinden ayıran, sabit olmayan sınırdır (Erinç, 2012). Göllerdeki kıyı çizgisi değişimi, negatif veya pozitif su bilançosu nedeniyle su yüzeyindeki yükselmelerle göl aynasının kara yönünde ilerlemesi ve su seviyesinin gerilediği durumlarda su yüzeyinin daralması şeklinde gerçekleşmektedir (Turoğlu, 2017). Bu durum uydu görüntülerinde yararlanılarak elde edilen farklı yıllara ait kıyı çizgileri Türkçe karşılığı "Dijital Kıyı Çizgisi Analiz Sistemi" olan DSAS (Digital Shoreline Analysis System) aracı yardımı ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yaklaşımlarıyla mekânsal düzeyde analiz edilmektedir (Baig vd., 2020; Yue & Liu, 2019). Akşehir Gölünde bu yöntemle yapılan bir çalışmada göl yüzey alanının merkeze doğru daralma gösterdiği belirlenmiş ve bu göldeki en önemli değişimin kuzeybatı ile kuzeydoğu yönlü olduğu ortaya konulmuştur (Kale, 2018a). Bu yöntem yardımı ile kıyı çizgisindeki değişimlerin mekânsal eğilimleri belirlenmesinin yanında 10 ile 20 yıllık tahminler de yürütülebilmektedir (Himmelson vd., 2018). Böylece bu yöntemler yardımı ile göl ve sulak alanlarındaki su yüzeyi değişimleri mekânsal düzeyde incelenebilmektedir.

Son yıllarda Türkiye'nin güneybatısında "Göller Yöresi" olarak adlandırılan ve kapalı havza özelliği gösteren bu yörede birçok gölde kıyı çizgisinde negatif yönlü (azalan) hareketlerin olduğu yani göllerin su yüzeylerinde daralmalar meydana geldiği bilinmektedir (Altan Aydın & Doğu, 2018; Bahadır, 2013; Dönmez, 2018; Narin & Abdikan, 2022). Göller Yöresi'ndeki göllerden Salda (Dereli & Tercan, 2020), Burdur (Sarp & Özçelik, 2017), Eğirdir (Aslan & Koç San, 2021), Acıgöl (Sabuncu, 2020), Karataş (Narin & Abdikan, 2022) ve Yarıslı (Aksoy vd., 2019) göllerinin su yüzey alanlarının daraldığı yani göl kıyı çizgilerinde gerilemeler olduğu tespit edilmiştir. Göller Yöresi'nin alan bakımından en büyük göllerinden biri olan Burdur Gölü Ramsar Sözleşmesi ile Yaban Hayatı Geliştirme Sahası statüsünde de olmasına karşın su yüzey alanında büyük çekilmelerin olmasından dolayı oldukça dikkat çekicidir (Ataol, 2010). Burdur Gölü'nün su yüzeyindeki daralmaların son 20 yılda önemli boyutlara ulaştığını ortaya konulduğu birçok çalışma bulunmaktadır (Sarp & Özçelik 2017; Şener, 2016; Yıldırım & Uysal, 2012). Son dönemde uygulanan çalışmalarda Burdur göl aynasının kapladığı alanın 1984-2019 yılları arasında 206,6 km²'den 125,5 km²'ye gerilediği belirlenerek bu değişimin sadece taban suyundan çekilerek yapılan sulamadan kaynaklanmadığı bu durumun sıcaklıkların artışı ile de ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Abujayyab vd., 2021). Burdur Gölü su yüzeyindeki bu değişimleri uzun yıllık bazı meteorolojik olaylarla ilişkili farklı yöntemlerle test edilmiştir (Davraz vd., 2019; Albarqouni vd., 2022). Burdur Gölü havzasında göl kıyı çizgisindeki gerileme hareketine sıcaklık, yağış, kuraklık olaylarındaki değişim ve tarımsal üretim kaynaklı su kullanımları neden olsa da mevcut iklim modelleri gölün yok olma sürecinin özellikle iklim değişikliği nedeniyle hızlandığı ileri sürülmektedir (Çolak vd., 2022). İklim ve çevresel koşullardaki bu değişimler göl sistemlerinde kıyı çizgisi hareketlerine neden olabilmektedir. İklim değişikliği

ve göl aynasındaki daralma sürecinin açıklanmasında mekânsal süreçler kadar bu süreçlerin iklimle olan ilişkilerine yönelik tahminler yapılması ortamdaki su varlığının sürdürülebilirliği açısından son derece önemlidir.

Günümüzde dünyadaki İklim ve su sistemlerine yönelik tahminler, su rezervlerini korumak ve su kaynaklarının gelecekteki varlığı hakkındaki belirsizlikleri azaltmak için yapılmaktadır (Mahmood vd., 2019). Küresel Isınma kavramını teorik söylemlerinin kanıtlarla desteklemek adına birçok akademik çalışma Küresel İklim Değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkileri tahmin etmeye odaklanmıştır (McBean & Motiee, 2008). Benzer amaçlarla Türkiye'de Van Gölü (Kuzay & Tonmu, 2020), Eğirdir (Tağıl & Alevkayalı, 2014) ve Tuz Gölü (Akın, 2019) gibi önemli kapalı havzalarda yer alan göllerde çeşitli iklim parametrelerindeki eğilimler test edilmiştir. Bahsi geçen çalışmalarda göl seviyesi verileri ve iklim verileri şeklindeki zaman serileri Mann-Kendall eğilim testinden yani istatistiksel yaklaşımlardan yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Su ile ilgili arz-talep dengesinin sağlanmasında geleceğe yönelik kestirimler ise iklim parametrelerine ait veri serileri üzerinden çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Bu konuda doğrusal eğilim testi gibi deterministik yaklaşımlar (Kale, 2018b), otoregresif hareketli ortalamalar (autoregressive integrated moving average-ARIMA) ve sezonluk otoregresif hareketli ortalamalar (seasonal autoregressive integrated moving average SARIMA) modelleri olarak adlandırılan stokastik süreçler (Topçuoğlu vd., 2005) ve yapay sinir ağları (Yıldırım & Kandemir, 2018) gibi farklı yaklaşımlarla uygulamalar gerçekleştirilmektedir. SARI-MA, istatistiksel sezon varsayımına dayalı otomatik gerileyen tümeleşik hareketli ortalama şeklinde açılıma sahip bu yöntem zaman serilerinin mevcut değerlerini dikkate alarak iklim ve birçok amaç için tahminler yürütmeye yarayan durağan olmayan doğrusal stokastik bir modelleme yöntemidir (Aksoy & Salman, 2020). Bu sınırdaki değişimlerin belirlenmesi ve kıyı çizgisi hareketlerinin yorumlanması iklim ve kıyı çizgisi hareketlerinin açıklanması açısından önem taşımaktadır. Kıyı çizgisi hareketleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aracılığıyla vektör kesitlerden yararlanılarak Kıyı Çizgisi Sayısal Değişim Analizi (Digital Shoreline Analysis Systems) ile belirli bir zaman aralığında değişim yönü istatistiksel olarak belirlenebilmektedir (Turoğlu & Duran, 2021). Bu çalışmanın amacı çok sayıda çalışmanın yapıldığı Burdur Gölü su yüzey alanındaki (kıyı çizgisi) mekânsal değişimleri (1986-2022) ortaya koymak ve Burdur Gölü Havzasında uzun yıllık iklim kayıtlarındaki (1940-2021) eğilimlerden yararlanılarak bazı iklim parametreleri ve göl aynasının gelecekteki durumu hakkında tahminler yürütmektir. Böylece Göller Yöresinde yok olma eğilimindeki kapalı havza göllerine önemli bir örnek oluşturan Burdur Gölü aynasındaki değişimler ve iklim parametrelerine ait veri serilerinin zamansal ve mekânsal eğilimleri belirlenerek çalışmanın son bölümünde iklim parametrelerinde ve Budur Göl aynasına yönelik 10 yıllık tahminler yapılmıştır. Daha sonra bu sonuçlardan yararlanılarak bölgenin iklim ve göl aynasındaki değişimlerin arazi bozulmasına olan etkisi değerlendirilmiştir.

2. Malzeme ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma Türkiye'nin önemli sulak alanlarından olan Göller Bölgesinin içerisindeki en büyük göllerden biri olan Burdur Gölü'nün göl yüzey alanında gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Burdur

Gölünün yakın çevresine göre bir grabenin içerisinde kapalı havza olarak bulunması ile iklim parametrelerinden ve antropojenik etkenlerden sürekli etkilenecek kuruma sürecine girmesi gelecekteki durumuna ilişkin merakları artırmaya yönelik tahminleri de beraberinde getirmektedir. Çalışma alanı 37°33'28.33" N - 37°54'40.78" N enlemleri ile 29°56'46.77" E - 30°24'57.14" E boylamları arasında yer almaktadır.

Çalışma alanında değişik boyutlarda çok sayıda akarsu olmakla birlikte bu alanın en önemli akarsuları batıda Eren çayı, güneyden Büğdüz, Asar ve Değirmen dereleri, doğudan Keçiborlu çevresinden katılan Eskiçay, Ulu ve Yağarcık dereleri ile kuzeybatıdan göle ulaşan Ulupınar deresi sularını Burdur Gölü'ne ulaştıran önemli hidrografik unsurlar olarak görülmektedir (Atayeter vd., 2022).

Çalışma sahasını çoğunlukla Jura Triyas yaşlı birimlerden meydana gelmektedir. Ancak özellikle Burdur Gölü ve çevresi etrafındaki akarsular tarafından taşınan siltasyon ve sedimanların göl tabanında birikmesi ile yaşlı eski ve yeni alüvyonların yanı sıra Pliosen yaşlı kumtaşları ve çakıltaşlarının da alanda oldukça geniş alan kapladığı görülmektedir (MTA, Atayeter & Tokgözlü, 2014; Atayeter vd., 2022).

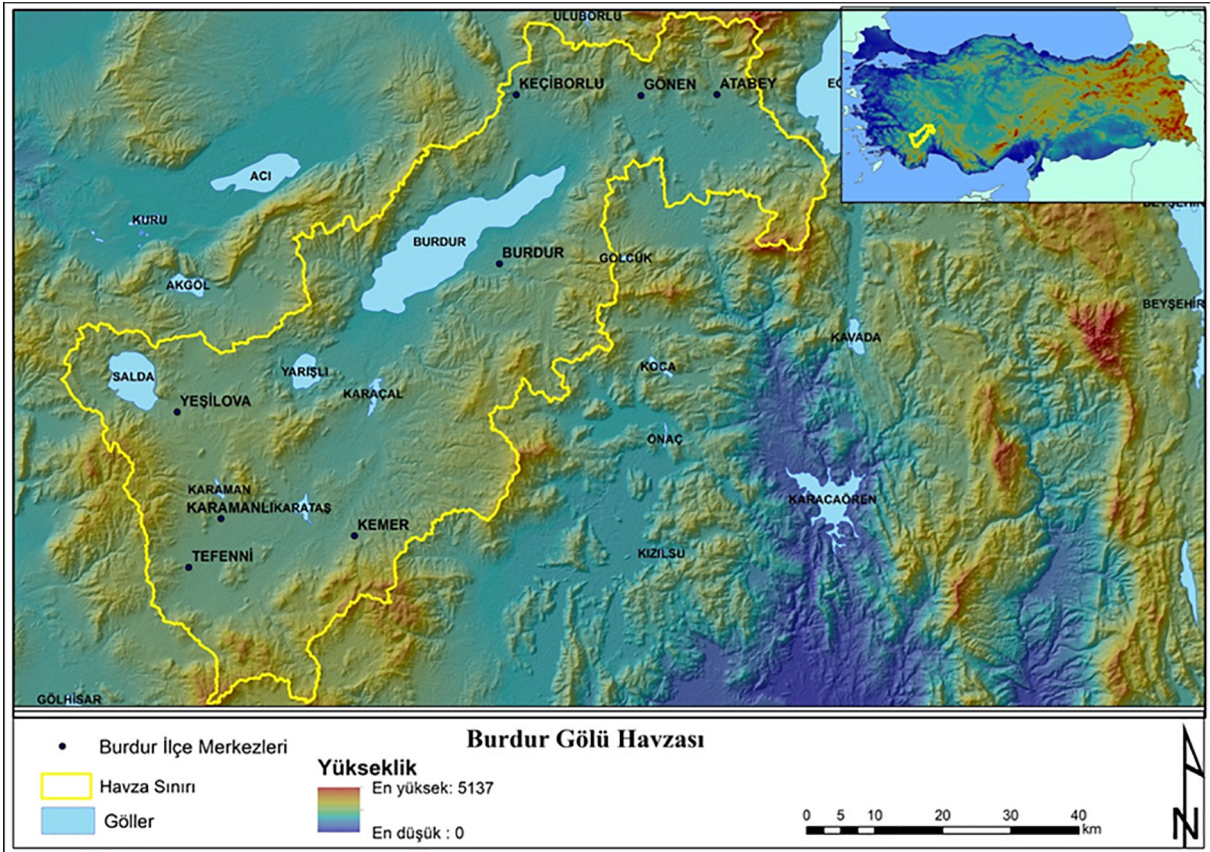
Önceki bölümde de bahsedildiği gibi Burdur Gölü kuzey ve güneyinde aktif faylarla kontrol edilen tektonik bir grabenin içerisinde gelişim göstermektedir. Göl zaman içerisinde transgresif ve regresif süreçlerle depolarını istiflemiş ve yerel kaide seviyesi oluşturması bakımından Burdur Gölü'ne doğru topoğrafyayı şekillendirmiştir. Burdur Gölü çevresindeki akarsular aşındırdıkları malzemeyi kademeler halinde Burdur Gölü çevresinde eski ve yeni alüvyonlar olarak istifleyerek birikinti ova-

ları ve yer yer göl kıyısında deltalar meydana getirmiştir (Atayeter & Tokgözlü, 2014; Atayeter vd., 2022). Çalışma alanındaki toprakların büyük çoğunluğunu Kestane rengi topraklar ve kahverengi orman toprakları oluşturmaktadır. Bu toprakların yanında yer yer alüvyal, kolüvyal, hidromorfik, organik topraklar ve Kırmızı Akdeniz toprakları da yer almaktadır (Atalay, 2007; Atayeter & Tokgözlü, 2014). Çalışma alanının zengin bir vejetasyona sahip olduğu görülmektedir. Yükselti değerlerine göre farklılık göstermekle birlikte genel olarak Akdeniz florasına ait türler bitki örtüsünü oluşturmaktadır. Gelişim şartlarının uygun olduğu alanlarda maki, çalı ve step türleri (Sungur, 1978) yer almakla birlikte Ardıç (*Juniperus*), Meşe (*Quercus*), Fıstık Çamı (*Pinus pinea*), Karaçam (*Pinus nigra*), Kızılçam (*Pinus brutia*), Sedir (*Cedrus libani*), Kermes Meşesi (*Qercud coccifera*) gibi ağaç türleri yer almaktadır (Atayeter & Tokgözlü, 2014).

2.2. Mann- Kendall Eğilim Testi

Bir bölgedeki iklim değişikliğinin belirlenmesinde en fazla kullanılan iklim elemanları sıcaklık ve yağıştır. Bu iklim elemanları zamana ve mekâna bağlı olarak sürekli değişim halindedir. Sıcaklık ve yağışın aylık ve yıllık veri setlerindeki önemli artış ve azalışlarının tespit edilmesinde pek çok çalışmada parametrik olmayan Mann-Kendall yöntemi kullanılmıştır (Karabulut, 2012; Tağlı & Alevkayalı, 2014; Gocic & Trajkovic, 2013; Kızılelma vd., 2015; Topuz vd., 2016; Polat & Sunkar, 2017; Topuz vd., 2018; Alahacoon vd., 2018; Topuz vd., 2021). Bu test ile bir zaman serisinde eğilim olup olmadığı Formül 1'deki süreci kullanarak gerçekleştirilir (Wang vd. 2020):

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



Şekil 1. Çalışma alanına ait lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

Bu formülde n veri sayısını, x ise i ve j (j>i) zamanlarındaki veriyi temsil eder. Bu yöntemin işaret fonksiyonu formül 2'deki gibi uygulanır:

$$\text{sign} = (x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & \text{Eğer } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{Eğer } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{Eğer } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

S'nin varyansı aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$\text{Var}(S) = [n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(i-1)(2i+5)] / 18 \quad (3)$$

Burada, n veri setindeki tekrar gözlem sayıları, t_i değeri i uzunluğundaki bir seride tekrarlanan gözlemleri yani Z istatistiğini göstermektedir (Formül 4). Z test istatistiği n>10 için aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$z = \begin{cases} (S - 1) / \sqrt{\text{Var}(S)} & \text{Eğer } S > 0 \\ 0 & \text{Eğer } S = 0 \\ (S + 1) / \sqrt{\text{Var}(S)} & \text{Eğer } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Mann-Kendall istatistik testi, Kendall'ın Tau olarak bilinen testinin özel bir uygulamasıdır (Kalaycı & Kahya, 1998). Parametrik olmayan verilerin belirli bir dağılıma uyması gerekmez ayrıca veri eksikliği durumunda da kullanışlıdır (Hirsch & Slack, 1984; Yu vd., 1993; Kalaycı & Kahya, 1998). Bu yöntem verilerin büyüklüğünden çok büyüklük sıraları ile ilgilenir (Kalaycı & Kahya 1998). Değerlerin pozitif olması artan yönde trendi; negatif olması azalan yönde trendi gösterirken, sonucun nötr olması orada herhangi bir trend olmadığı anlamına gelmektedir (Tağıl & Alevkayalı, 2014). H₀= "zaman serisinde eğilim yok" hipotezi ile dağılımın bağımsız olduğu şeklinde test edilmektedir. Bu hipotezin alternatif hipotezi ise H₁: "zaman serisinde tekdüze eğilim var" şeklinde ifade edilmektedir.

2.3. ARIMA-SARIMA

Box-Jenkins modeli olarak da bilinen ARIMA tek değişkenli zaman serilerinin ileriye dönük tahmininde kullanılan istatistiksel öngörü yöntemlerinden biridir (Kaynar ve Taştan, 2009). Bu modelde çalışmada kullanılacak olan zaman serilerinde durağanlık esas alınmaktadır. Ancak zaman serilerinin çoğunluğunda zaman süresince değişimler meydana gelmesi sebebiyle durağanlık söz konusu değildir. Durağan özellikte olmayan seriler fark alma yöntemi ile durağan hale getirilmesi ARIMA modelleri ya da "Durağan Olmayan Doğrusal Stokastik Modeller" olarak adlandırılan modeller ile gerçekleştirilmektedir. Durağan hale getirilmiş serilerin kullanılması daha doğru sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır (Box & Jenkins, 1970; Bahadır & Saraçlı, 2010).

AR (Otoregresif), MA (Hareketli Ortalama) ve ARMA (Otoregresif-Hareketli Ortalama) modelleri durağan olmayan süreçler için uygulanırken ARIMA (otoregresif-hareketli ortalama) modeli ise durağan hale gelen süreçlere uygulanmaktadır (Kale, vd., 2016).

Mevsimsel ARIMA modeli (SARIMA), ARIMA modellerine mevsimsel terimler eklenerek oluşturulur. SARIMA modelinde (p, d, q) (P, D, Q) p mevsimsel olmayan bir otoregresif düzendir, P mevsimsel bir otoregresif düzendir, q mevsimsel olmayan bir hareketli ortalama düzendir, Q mevsimsel bir otoregresif düzendir, d ve D ortak farkın ve mevsimsel farkın sırasındadır (Pepple & Harrison 2017; Divisekara, vd., 2021).

2.4. Görüntü Oranlama Tekniği ve Kıyı Çizgisi Çıkarımı

Günümüzde gelişmiş ve gelişmeye devam eden uydu sistemleri dünyayı küresel olarak algılayabilmektedir. Bu durum uzaktan algılama ile yeryüzündeki değişimlerin belirlenebilmesini kolaylaştırmaktadır (Jensen, 2009). Uydu sistemleri aracılığıyla temin edilen bir görüntüyü oluşturan her bir bant farklı spektral aralığı temsil etmektedir (Mutlu vd., 2020). Görüntüyü oluşturan bu bantlar, tek bantta farklı gri tonlarında veya üç ayrı bantta renkli halde bulunmalarının yanı sıra farklı renk kombinasyonlarında da bulunabilmektedirler. Oranlama, görüntüyü oluşturan bir bantın sahip olduğu spektral aralığı temsil eden yansıma değerlerinin yani piksellerin diğer banttakine bölünmesi sonucu elde edilmektedir (Sabins, 1997; Başıbüyük vd., 2014). Oranlanacak olan bantların seçimi uydu görüntüsüne ve çalışma alanına göre farklılıklar göstermektedir. Görüntülerin oranlanması ile alakalı genel kabul görmüş bir belirleme olmadığı için araştırmacılar literatürdeki çalışmalardan veya deneme yanılma yolu ile en iyi sonuca ulaştıkları bantlardan yararlanabilmektedirler (Koç vd., 2006).

Çalışmada Burdur Gölü yüzey alanındaki değişimler 1986-2022 yılları arasında kaydedilen Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri ile incelenmiştir (Tablo 1). Burdur gölü kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesinde görüntü oranlama teknikleri kullanılmıştır. Oran görüntülerinin elde edilmesinde NDWI ve MNDWI analizleri uygulanmıştır. Bu iki yöntem birçok çalışmada su yüzeyi ile kara yüzeyinin ayırt edilmesinde kullanılmaktadır (Kuleli vd., 2011; Sarp & Özcelik, 2017). Bu analizlerde kıyı çizgisi çıkarımı çok kolay olmadığından farklı bant kombinasyonları kullanılmıştır. NDWI analizinde Landsat 5 TM uydu görüntüsüne ait 2. ve 4. bantlar, Landsat 8 OLI uydu görüntüsüne ait 3. ve 5. bantlar kullanılırken MNDWI analizinde ise Landsat 5 TM uydu görüntüsüne ait 2. ve 5. bantlar, Landsat 8 OLI uydu görüntüsüne ait 3. ve 6. bantlar kullanılmıştır. Kıyı çizgilerinin çıkarılması sürecinde su ve kara yüzeyinin daha net ayırt edilmesi için yaz görüntülerine başvurulmuştur (Tablo 1).

2.5. DSAS (Digital Shoreline Analysis System)

Çalışmada Burdur Gölü kıyı değişiminin belirlenebilmesi için 1986 ve 2022 yıllarına ait Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılmıştır (Dwyer vd., 2018). Landsat uydu görüntüsü verileri, kara ve deniz yüzeyi jeofizik özelliklerini gözlemlemek, ölçmek ve bunları ayırt etmek için sinoptik ve tekrarlayan veri kapsamına, spektral çözünürlük yeteneklerine sahiptir (Baig, vd, 2020). Bu nedenle Landsat uydu görüntüleri 1970'lerden beri kıyı bölgesi yönetimi ile ilgili çalışmalar için değerli olduğu kanıtlanmıştır (Moore 2000; Woodcock, vd, 2008; Mishra, vd, 2019; Baig, vd, 2020).

Kıyı değişim analizlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılan Dijital Kıyı Şeridi Analiz Sistemi (DSAS), ESRI ArcGIS yazılımının normal işlevselliğini artıran ve kullanıcıların birden fazla kıyı şeridi konumundan oluşan bir zaman serisinden kıyı şeridi değişim oranı istatistiklerini hesaplamasına olanak tanıyan bir uzantıdır. Buradaki uzantı, tarihsel kıyı şeridi değişikliği analizine yardımcı olmak için tasarlanmıştır (Himmelstoss, vd., 2021). Ayrıca DSAS, kronolojik hava fotoğraflarındaki buzul sınırlarının değişimini veya arazi kullanımı/arazi örtüsü değişikliklerini değerlendirmek için de uygun bir analiz aracıdır (Thieler, vd., 2009; Baig, vd., 2020).

Tablo 1. Kıyı çizgisi çıkartma işlemleri için kullanılan uydu görüntüleri (Kaynak: Dwyer vd., 2018)**Table 1.** Satellite images used for shoreline extraction

Uydu	Görüntü Tarihi	Görüntü ID	Bulutluluk Oranı
LANDSAT 5 TM	22.07.1986	LT05_L1TP_178034_19860722_20200918_02_T1	0.00
	01.08.1987	LT05_L1TP_179034_19870801_20201014_02_T1	0.00
	12.08.1988	LT05_L1TP_178034_19880812_20211118_02_T1	0.00
	28.06.1989	LT05_L1TP_178034_19890628_20200916_02_T1	2.00
	08.07.1990	LT05_L2SP_179034_19900708_20200915_02_T1	0.00
	05.08.1991	LT05_L2SP_178034_19910805_20200915_02_T1	1.00
	30.08.1992	LT05_L2SP_179034_19920830_20200914_02_T1	0.00
	26.08.1993	LT05_L2SP_178034_19930826_20200913_02_T1	0.00
	20.08.1994	LT05_L2SP_179034_19940820_20201008_02_T1	0.00
	31.07.1995	LT05_L2SP_178034_19950731_20211122_02_T1	0.00
	02.08.1996	LT05_L2SP_178034_19960802_20200911_02_T1	0.00
	20.07.1997	LT05_L2SP_178034_19970720_20200910_02_T1	0.00
	24.08.1998	LT05_L2SP_178034_19980824_20200908_02_T1	0.00
	11.08.1999	LT05_L2SP_178034_19990811_20211205_02_T1	0.00
	28.07.2000	LT05_L2SP_178034_20000728_20200906_02_T1	0.00
	31.07.2001	LT05_L2SP_178034_20010731_20200905_02_T1	0.00
	18.07.2002	LT05_L2SP_178034_20020718_20200905_02_T1	0.00
	05.07.2003	LT05_L2SP_178034_20030705_20200905_02_T1	0.00
	23.07.2004	LT05_L1TP_178034_20040723_20200903_02_T1	0.00
	24.06.2005	LT05_L1TP_178034_20050624_20200902_02_T1	0.00
	30.08.2006	LT05_L1TP_178034_20060830_20200831_02_T1	1.00
	18.09.2007	LT05_L1TP_178034_20070918_20200830_02_T1	0.00
	18.07.2008	LT05_L2SP_178034_20080718_20200829_02_T1	0.00
	19.06.2009	LT05_L1TP_178034_20090619_20200827_02_T1	1.00
25.08.2010	LT05_L1TP_178034_20100825_20200823_02_T1	0.00	
27.07.2011	LT05_L1TP_178034_20110727_20200822_02_T1	0.00	
LANDSAT 8 OLI TIRS	02.09.2013	LC08_L1TP_178034_20130902_20200912_02_T1	5.55
	10.07.2014	LC08_L1TP_179034_20140710_20200911_02_T1	0.04
	30.08.2015	LC08_L1TP_179034_20150830_20200908_02_T1	0.10
	22.06.2016	LC08_L1TP_178034_20160622_20200906_02_T1	2.02
	11.07.2017	LC08_L1TP_178034_20170711_20200903_02_T1	0.87
	15.08.2018	LC08_L1TP_178034_20180815_20200831_02_T1	0.04
	08.07.2019	LC08_L1TP_179034_20190708_20200827_02_T1	0.04
	23.05.2020	LC08_L1TP_179034_20200523_20200820_02_T1	0.27
	29.07.2021	LC08_L1TP_179034_20210729_20210804_02_T1	0.02
	11.09.2022	LC08_L1TP_178034_20220911_20220921_02_T1	0.06

*2012 yılına ait Landsat verisi bulunmamaktadır.

Çalışmada kıyı şeridi değişim analizi, United State Geological Survey (USGS) tarafından geliştirilen bir ArcGIS yazılımı aracı olan DSAS'ın 5.1 sürümü kullanılarak oluşturulmuştur (Himmelstoss, vd., 2021). DSAS'ta istatistiksel bir teknik olan Son Nokta Oranı (SNO) kullanılmıştır. SNO, kıyı şeridi hareketinin mesafesinin ilk ve en son ölçümler arasında geçen süreye bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Biag, vd., 2020).

2.6. Veri

Bu çalışmada Türkiye Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilen Burdur, Tefenni ve Keçiborlu meteoroloji istasyonlarına ait ortalama, minimum, maksimum sıcaklık ve toplam yağış verileri kullanılmıştır (Tablo 2).

İstasyonlara ait uzun yıllar sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak Burdur Havzası'nın iklim değişimine dair istatistiksel bir model oluşturulmuştur.

Tablo 2. Araştırma alanında kullanılan meteoroloji istasyonları, istasyonların rakım ve iklim verilerinin aralık tarihleri.**Table 2.** Meteorology stations used in the research area, the dates of the altitude and climate data of the stations.

Meteoroloji İstasyonu	Rakım (m.)	Veri Aralığı
Burdur	960	1940-2021
Tefenni	1152	1964-2021
Keçiborlu	1032	2014-2020

Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.

3. Bulgular

Çalışma alanında iklim parametrelerindeki değişimlerin açıklanmasında uzun yıllar iklim verilerinin kayıt edildiği, Burdur Gölü'ne en yakın meteoroloji ölçüm istasyonlarının verileri kullanılmıştır. Çalışmada Burdur, Tefenni ve Keçiörlü İstasyonlarına ait uzun yıllar aylık toplam yağış, aylık ortalama sıcaklık, aylık maksimum sıcaklık ve aylık minimum sıcaklık kayıtları incelenmiştir. Bu istasyonlar iklim parametrelerindeki değişimlerle karşılaştırılması anlamında da oldukça önemlidir.

Çalışmada belirtilen istasyonlardaki aylık sıcaklık (ortalama, minimum ve maksimum) ve yağışın, aylık ve yıllık veri setlerindeki önemli artış ve azalışlarının tespit edilmesinde parametrik olmayan Mann-Kendall istatistik testi kullanılmıştır. Bu araştırmada Burdur Meteoroloji Gözlem İstasyonunda tutulan iklim parametrelerinin yıllık değişimlerin aylık toplam yağış, aylık ortalama sıcaklık ve aylık minimum sıcaklık değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim olmadığı test edilmemiştir (Tablo 3). Bu değerler Burdur Gölü'ne çok yakın konumda olan meteoroloji gözlem istasyonunda kaydedilen verilere göre aylık yağış miktarında önemli bir artış veya azalış eğilimi olmadığı hesaplanmıştır. Diğer yandan aylık maksimum sıcaklıklarda %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü eğilimler belirlenmiştir (Tablo 3). İklim parametrelerindeki istatistiksel eğilimler sadece Burdur gölü istasyonunda değil yakın çevrede konumlandırılan Keçiörlü ve Tefenni İstasyonlarında da test edilmiştir. Tefenni istasyonu veri serileri ile yapılan eğilim analizlerinde aylık maksimum ve minimum sıcaklıklarda anlamlı artış eğilimi olduğu tespit edilmiştir. Tefenni istasyonu rakım olarak Burdur istasyonundan daha güneyinde rakım olarak 200 metre civarı daha yüksekte konumlanmaktadır. Tefenni istasyonu çevresinde Burdur gölü gibi büyük bir su kütlelerinin bulunmaması minimum sıcaklık değerlerindeki artış eğilimine neden olan bir etki yaratması muhtemeldir. Bölgeye yakın diğer bir istasyon olan Keçiörlü istasyonunda sıcaklık ve yağış değerlerinde anlamlı artış veya azalış belirlenmemiştir (Tablo 3). Bu durumun en kuvvetli nedeni rasat süresinin oldukça sınırlı olmasıdır.

Burdur gölü ve çevresindeki iklim verilerinden elde edilen rasatlar yıllık düzeyde de eğilim açısından analiz edilmiştir. Yıllık

verilerde ortaya çıkan eğilimler aylık olarak istatistiksel olarak çözümlenemeyen verilerin sezon düzeyinde test edilerek açıklanması beklenmektedir. Bu istasyonlarda yıllık toplam yağış miktarında istatistiksel olarak anlamlı eğilim belirlenmemiştir. Bunun yanında yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık maksimum sıcaklık değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı eğilimler test edilmiştir (Tablo 4). Tefenni istasyonunda sıcaklık verileri yıllık düzeylerde incelendiğinde maksimum ve ortalama sıcaklık değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış eğilimi olmaması yanında aylık veri serilerinde olduğu gibi yıllık düzeyde de minimum sıcaklık değerinde artış eğilimi olduğu görülmektedir (Tablo 4). Keçiörlü istasyonunda iklim parametrelerinin hiçbirinde istatistiksel olarak anlamlı artış ya da azalış hesaplanmamıştır.

Bu çalışmada Burdur gölü ile ilgili iklim parametrelerindeki eğilimler incelenmesinin ardından bu parametrelerdeki gelecekteki olası durumun ortaya çıkaracağı etkileri anlamak amacıyla 10 yıllık tahminler yapılmıştır. Bu tahminlerin yapılmasında stokastik yaklaşımlardan biri olan SARİMA yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntemle otoregresif ve hareketli ortalamaların çok sayıda farklı varyasyonu denenmesi kaydı ile en anlamlı sonucu veren kombinasyona ait tahminler dikkate alınmıştır. SARİMA yöntemi sezonluk ve sezonluk olmayan istatistiksel yaklaşımları hareketli ortalama ile otoregresif katsayılar ile aylık ve yıllık toplam yağış üzerine (2,1,0)(0,2,12) modeli ile gerçekleştirilen tahminlerden anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre yağışların yaz aylarında 0 mm'ye yakın değerler alacağı, kış aylarında 70 mm civarında olacağı görülmektedir (Şekil 2a). Buradaki tahminle, rasat edilen veri serisine uygun bir biçimde artış veya azalış yönünde önemli bir değişikliğin olmadığına test edilmiştir. Ayrıca durağan olmayan doğrusal yaklaşımlarla modellenen aylık toplam yağış miktarında gelecekte ekstrem aylık toplam yağışlara yönelik tahminler yürütülmemiştir. Yağışla ilgili tahminlerden varılacak diğer bir bulgu geçmiş yıllarda olduğu gibi muhtemelen yağış azlığı yaşanacağı dönemlerin gerçekleşme ihtimali olduğu dikkat çekmektedir. Yağışla ilgili diğer bir gösterge olan yıllık toplam yağış tahminlerine bakıldığında yıllık toplam yağış miktarının gelecek 10 yıl için 350 mm ile 400 mm arasında olacağı ve bu tahminlerin mevcut ortalama yıllık toplam yağış ile benzer ancak bir miktar azalabileceği öngörülmektedir (Şekil 2b). Burdur Meteoroloji

Tablo 3. Burdur, Tefenni ve Keçiörlü Meteoroloji Gözlem İstasyonları aylık sıcaklık ve yağış eğilimleri.

Table 3. Monthly temperature and precipitation trends of Burdur, Tefenni and Keçiörlü Meteorological Observation Stations.

Aylık Sıcaklık ve Yağış Eğilimleri						
İstasyon	Parametre	Za/2 (+/-)	Z	Ortalama	H1 Hipotezi	Eğilim Yönü
Burdur MGİ (19411-2021)	Ortalama Sıcaklık	1.96	0.82	13.3	Ret	Artış veya azalış yok
	Maksimum Sıcaklık	1.96	2.56	25.4	Kabul	Artış var
	Minimum Sıcaklık	1.96	0.82	1.9	Ret	Artış veya azalış yok
	Yağış miktarı	1.96	-1.19	36.8	Ret	Artış veya azalış yok
Tefenni MGİ (1964-2021)	Ortalama Sıcaklık	1.96	1.38	11.8	Ret	Artış veya azalış yok
	Maksimum Sıcaklık	1.96	2.20	25.1	Kabul	Artış var
	Minimum Sıcaklık	1.96	2.63	0.5	Kabul	Artış var
	Yağış miktarı	1.96	-1.85	39.7	Ret	Artış veya azalış yok
Keçiörlü MGİ (2014-2020)	Ortalama Sıcaklık	1.96	-0.36	13.6	Ret	Artış veya azalış yok
	Maksimum Sıcaklık	1.96	-0.62	26.0	Ret	Artış veya azalış yok
	Minimum Sıcaklık	1.96	-0.21	3.1	Ret	Artış veya azalış yok
	Yağış miktarı	1.96	-0.35	43.1	Ret	Artış veya azalış yok

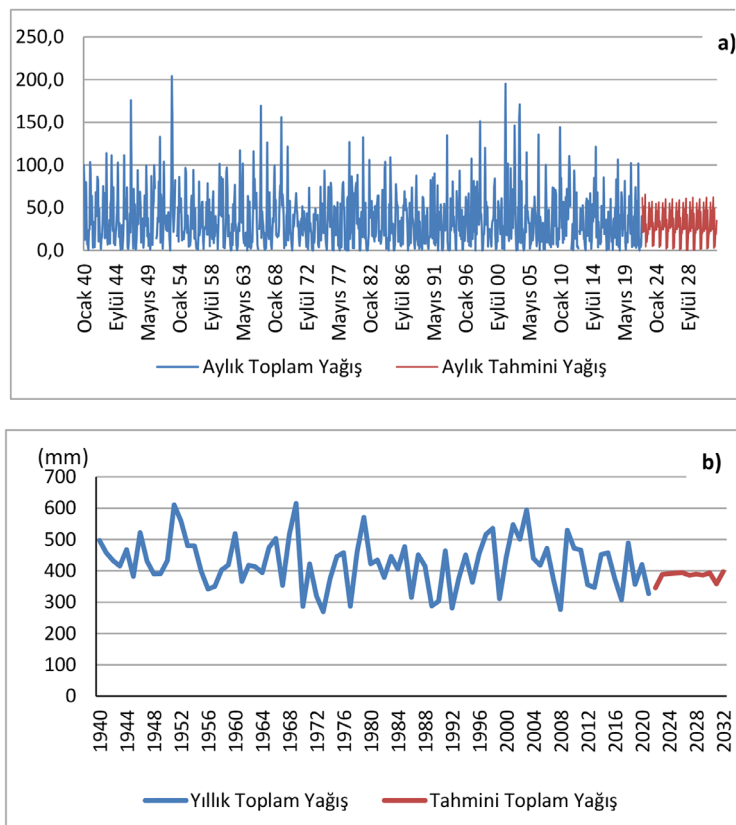
Tablo 4. Burdur, Tefenni ve Keçiborlu Meteoroloji Gözlem İstasyonları yıllık sıcaklık ve yağış eğilimleri.**Table 4.** Annual temperature and precipitation trends of Burdur, Tefenni and Keçiborlu Meteorological Observation Stations.

Aylık Sıcaklık ve Yağış Eğilimleri						
İstasyon	Parametre	Za/2 (+/-)	Z	Ortalama	H1 Hipotezi	Trend Yönü
Burdur MGI (1941-2021)	Ortalama Sıcaklık	1.96	2.45	13.3	Kabul	Artış var
	Maksimum Sıcaklık	1.96	3.43	37.2	Kabul	Artış var
	Minimum Sıcaklık	1.96	0.05	-9.8	Ret	Artış veya azalış yok
	Yağış miktarı	1.96	-1.89	420	Ret	Artış veya azalış yok
Tefenni MGI (1964-2021)	Ortalama Sıcaklık	1.96	1.74	8.4	Ret	Artış veya azalış yok
	Maksimum Sıcaklık	1.96	1.17	30.7	Ret	Artış veya azalış yok
	Minimum Sıcaklık	1.96	2.68	-13.1	Kabul	Artış var
	Yağış miktarı	1.96	-0.85	315	Ret	Artış veya azalış yok
Keçiborlu MGI (2014-2020)	Ortalama Sıcaklık	1.96	-0.19	13.8	Ret	Artış veya azalış yok
	Maksimum Sıcaklık	1.96	-0.19	37.1	Ret	Artış veya azalış yok
	Minimum Sıcaklık	1.96	0.19	-9.5	Ret	Artış veya azalış yok
	Yağış miktarı	1.96	-0,26	412	Ret	Artış veya azalış yok

İstasyonu uzun yıllık (1940-2021) toplam yağış ortalaması 424 olarak hesaplanmıştır. İlerleyen 10 yıla ait tahmini yıllık toplam yağış ortalaması ise 384 olarak tahmin edilmiştir (Şekil 2b).

Aylık ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık verileri için yapılan tahminlerin tümünde (0,0,4)(6,2,0) SARİMA modeli istatistiksel olarak en anlamlı sonuçları vermiştir. Aylık sıcaklık verilerinden yararlanılarak yapılan 10 yıllık tahminlerde yağış verilerinden farklı olarak aylık ortalama, minimum ve maksimum sıcaklıklarda 1 veya 2 C°'lik artışlar olacağı dikkat çekmektedir (Şekil 3). Aylık sıcaklık verileri üzerinde yapılan tahminler soğuk ve sıcak dönemlerde aylık ortalama sıcaklık-

ların artacağını göstermektedir (Şekil 3a). Uzun yıllık verilere (1940-2021) göre aylık ortalama sıcaklık 13.2 C° olarak hesaplanmıştır. Aylık ortalama sıcaklık değerlerine yönelik 10 yıllık tahmin ortalaması ise 15.8 C° olarak belirlenmiştir. Aylık minimum ve maksimum sıcaklıklara yönelik yürütülen tahminlerde ise sıcak döneme ait sıcaklık değerlerinde genel olarak yaklaşık 1 C° artış olabileceği öngörülmektedir (Şekil 3b, Şekil 3c). Burdur İstasyonu verileri üzerinden yapılan hesaplamalarda uzun yıllık aylık minimum sıcaklık ortalamaları 1C° olup maksimum sıcaklık ortalaması 25 C°'dir. Burdur ile ilgili gelecekteki 10 yıl için aylık maksimum sıcaklık ortalamaları 27.5 C° olarak, aylık minimum sıcaklık ortalamaları ise 3 C° şeklinde tahmin

**Şekil 2.** a) Aylık toplam yağış miktarı ve tahmin değerleri b) yıllık toplam yağış miktarları ve tahmin değerleri.**Figure 2.** a) Monthly total precipitation amounts and estimation values b) Annual total precipitation amounts and estimation values.

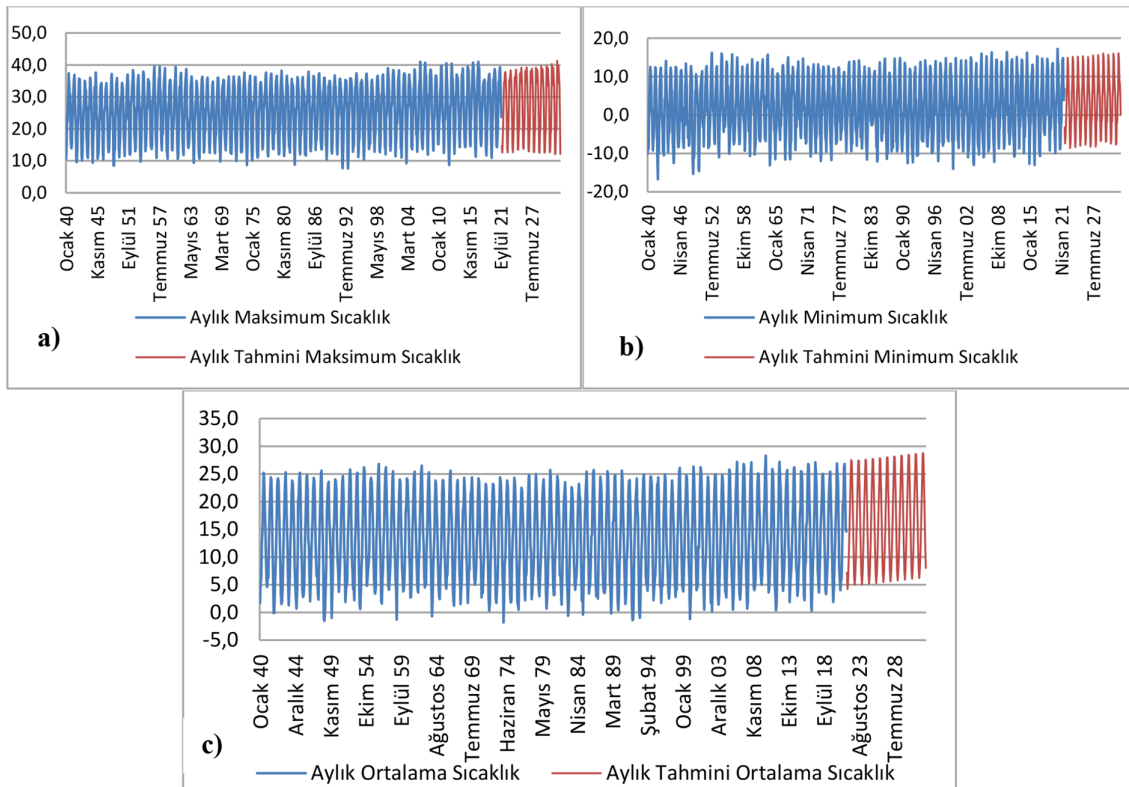
yapılmıştır. Burdur Gölü yakınında konumlanan meteoroloji kayıtları ile yapılan analizler genel olarak sıcaklık değerlerinde artış eğiliminde olduğu ve buna paralel olarak geleceğe yönelik tahminlerinde artış yönlü olduğu dikkat çekmektedir.

Bu çalışmada iklim parametreleri düzeyindeki değerlendirmelerin yanında 1986-2022 yılları arası Burdur Gölü kıyı çizgisindeki değişimler de incelenmiştir. Böylece iklim parametrelerindeki eğilim ve değişim sürecinin Burdur Gölü su varlığına olan etkisinin tartışılması mümkün hale gelmiştir. Göl kıyısında en düşük kıyı hareketinin gerçekleştiği Karakent yerleşim yeri yakınlarındaki kıyı alanının yüksek bir kütle karşılık geldiği görülmektedir (Şekil 4). Kalkerden oluşan bu kütle üzerinde yapılan doğrulama çalışmalarında uydu görüntüsü ile belirlenen çekilme ile yersel ölçüm arasında 2 metrelik bir sapma olduğu belirlenmiştir (Şekil 4). Bu sapma oranı çalışmanın amaçları doğrultusunda belirlemek istediği değişimlerin öngörülmesi konusunda probleme neden olacak bir miktar veya oran değildir.

Burdur Gölü kıyı çizgisinde yapılan hesaplamalarda göl aynasının alanında 1986 yılı yaz döneminden 2022 yılı yaz dönemine kadar olan süreçte 204 km²'den 119 km²'ye kadar 85 km²'lik bir azalmanın gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 5). Burdur Gölü havzası durağan ve benzer yağış karakterleri gösterirken 1995'ten 2003'e kadar yağmurlu bir yağış karakteri göstermektedir. Burdur'un son 36 yılındaki en yüksek yağış seviyesi 2003'te (594,2mm) tespit edilmiş, bu yağış karakterinin ardından göl seviyesindeki çekilme değil artış gerçekleşmiştir. Burdur Gölü'nde ki 36 yıllık bu değişimler dikkate alınarak DSAS yardımı ile mekânsal tahminler yapılmıştır. Bu tahminler Burdur Gölü göl aynasının 10 yıl sonra 102 km² olacağını göstermektedir (Şekil 5). Bu tahmin değeri 1986 yılı dikkate alındığında 36 yılda göl aynasının yarısının kaybolduğu belirlenmiştir. Bu değişimin Net Kıyı Çizgisi Hareketi Sonuçlarına göre en az de-ğişim

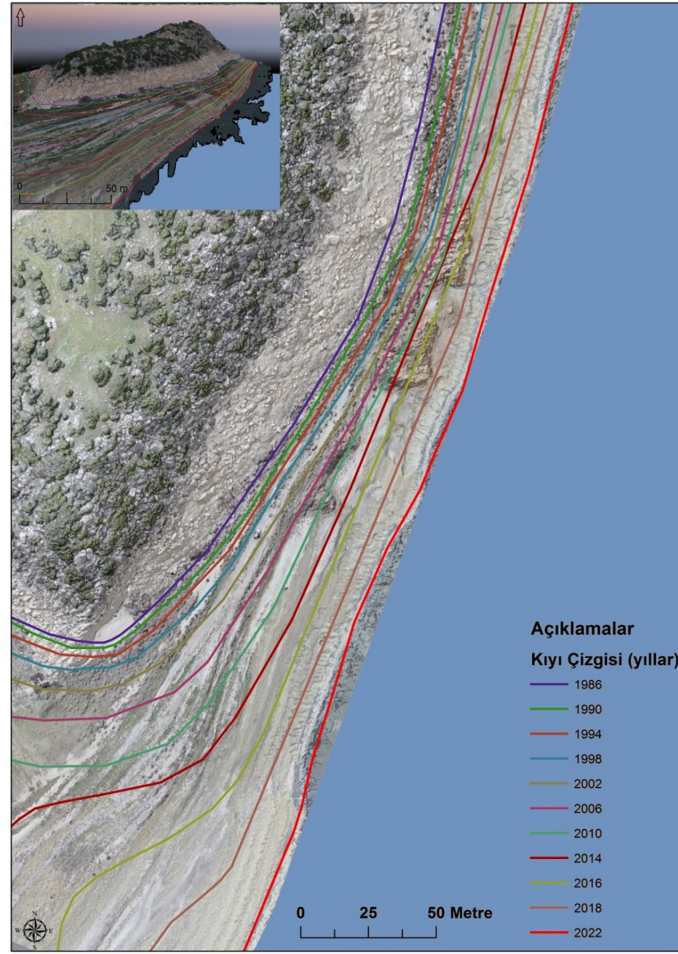
46 metre iken en yüksek değişim 13408 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 5). Bu durumda meydana gelen çekilmenin mevcut çözünürlükte (30 metre) yüksek eğimli sahalarda dahi çekilmenin yıllık 2-3 metre olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre eğimin azaldığı bölgelerde bu miktarının artması muhtemeldir.

DSAS yöntemi ile bu hata payından etkilenme oranı daha düşük olan Doğrusal Regresyon Oranı değerleri incelendiğinde kıyı çizgisindeki değişimlerin daha kolay anlaşılmaktadır. Doğrusal Regresyon Oranın göre Burdur Gölü'nde bahsi geçen yıllar arasında kıyı çizgisindeki en yüksek değişim oranı % 410 ile gölün kuzeydoğu kıyısından gerçekleştiği ve en az değişim %0,93 ile Karakent yakınlarında yüksek kütleli bulunduğu yerde gerçekleşmiştir (Şekil 5). Bu analizler ile elde edilen diğer bulgular lojistik regresyon oranı ve coğrafi ağırlıklı regresyon oranlarıdır. Buradaki bulgulara göre göl kıyı çizgisinin ¼'ünde 2251 metreden daha fazla gerileme gerçekleşmiştir. Göl kıyı çizgisinin yarısı en az 550 en fazla 2025 metre gerilemiştir. En az kıyı hareketinin olduğu bölgeler toplam kıyı çizgisinin ¼'ünü oluşturmakla birlikte buradaki gerileme 46-500 metre arasında gerçekleşmiştir (Şekil 5). Net kıyı çizgisi hareketleri doğrusal regresyon oranı ile uyumlu sonuçlar belirlenmiştir. Burdur Gölünde en çok gerilemenin olduğu bölgede doğrusal regresyon oranı %200 ile %400 arasında gerçekleşmiştir. Bu durum değişim bağımsız bir değişken olarak doğrusal bir fonksiyon olarak hesaplandığında değişimin başlangıçtaki durumunun fazla 4 katta varan oldukça yüksek oranda meydana geldiğini göstermektedir. Ayrıca yapılan tahminlerde gölün kuzeydoğu bölümünde yıllara göre gerilemelerin olduğu ayrıca gölün merkezine doğru bir girinti meydana geleceği tahmin edilmektedir (Şekil 5). Burdur Gölünün 10 yıl sonraki tahminler doğrultusunda daralması halinde gölün Ardıçlı ve Askeriye yerleşmeleri ile ilişkisinin azalacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 3. a) aylık maksimum, b) aylık minimum ve c) aylık ortalama sıcaklık değerleri ve tahminleri.

Figure 3. a) monthly maximum, b) monthly minimum and c) monthly average temperature values and forecasts.



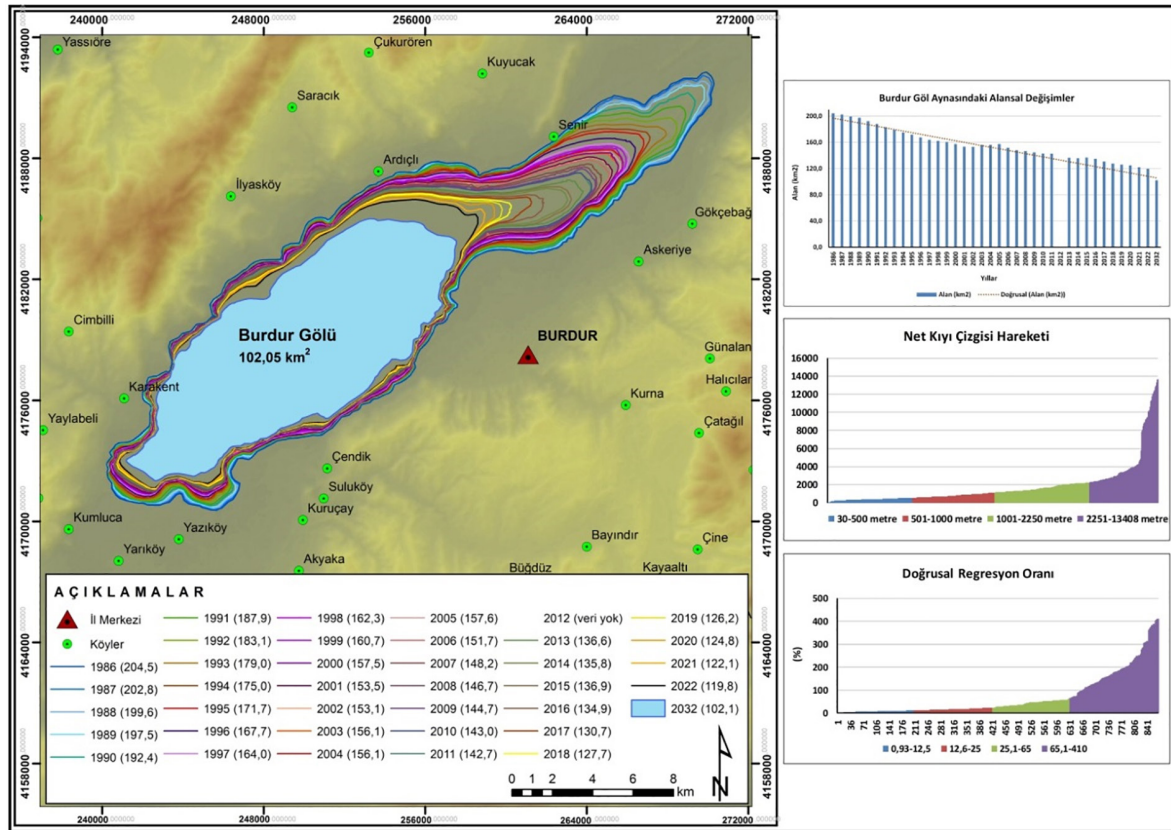
Şekil 4. Kalibrasyon için kullanılan Karakent yakınlarında kalkerden oluşan yüksek kütle ve güncel kıyı sınırı.
Figure 4. Limestone high mass and current coastal boundary near Karakent used for calibration.

4. Tartışma ve Sonuç

Burdur Gölü'nün son yıllarda geçirdiği seviye değişimleri hidrografik olarak su bilançosu ile doğrudan ilişkilidir. Bundan dolayı Burdur Gölü'nün genel seviye düzeyleri incelenirken gelir ve gider dengesinde özellikle iklim parametrelerinden yararlanılmıştır. Burdur Gölü ve çevresinin iklimi kurak ve yarı kurak iklim sınıflandırması içerisinde yer almaktadır (Şener & Şener, 2021; Cengil & Ayan, 2022). Bu özelliği ile çalışma alanında yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise soğuk ve yağışlıdır. Bu sahanında yağış karakteri genel olarak 400 mm. düzeyinde olmaktadır. Burdur Gölü meteoroloji istasyonu kapsamında rasat edilen klimatik veriler üzerinde yapılan eğilim analizlerinde yıllık ve aylık yağış verilerinde anlamlı artış veya azalış belirlenmemiştir. Diğer yandan maksimum sıcaklıklarda ve aylık ortalama sıcaklıklarda görülen artış eğilimi kurak ve yarı kurak alanlar içerisinde sınıflandırılması ile uzun yıllar verilerine göre yağış düzeyinin az, sıcaklık düzeyinin de yüksek olması Burdur Gölü'nü etkileyen bir azalış eğilimi su bilançosuna negatif yönlü etki yaratması kaçınılmazdır.

Burdur Gölü ile ilgili geçmiş dönemden elde edilen uydu görüntüsü ve geçmiş uzun yıl meteoroloji verileri ile farklı yöntemler kullanılarak gölün zaman içerisinde değiştiğini ve bu değişimlerdeki seviye farklılıkları üzerine çalışmalar oldukça fazladır (Şener vd., 2005; Ataol, 2010; Göncü vd., 2016; Sarp & Ozcelik, 2017; Sabuncu, 2020; Albarqouni vd., 2022). Bu çalışmada öncelikle havzadaki uzun yıllar meteoroloji verileri stokastik bir yaklaşım olan SARIMA yöntemiyle değerlendirilmiş ve havza-

nın gelecek 10 yılda yıllık toplam yağış ortalaması, aylık maksimum ve minimum ortalamaları tahmin edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen verilerle yapılan tahminlerde yıllık toplam yağış ortalamasının gelecekteki 10 yılda mevcut ortalama olan 424 mm toplam yağıştan 40mm daha az olacağı öngörülmüştür. Bu konuda yürütülen uluslararası çalışmalardan biri olan CMIP5 iklim simülasyon projesi ACCESS-CM2 modeline göre gelecekteki 20 yıldaki toplam yağış ortalamasının Burdur Meteoroloji İstasyonundan 464 mm olacağı tahmin edilmektedir (Bi vd., 2020). CanESM5 olarak adlandırılan bir diğer modelde ise 2021-2040 yılları arasında toplam yağış ortalamasının Burdur ilinde 496 mm olacağı belirtilmiştir (Swart vd., 2019). Bu sonuçlar Burdur GM istasyonunda ölçülen mevcut yağış ortalamalarından ve bu çalışmada yapılan yağış tahminlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu yönü ile bu çalışmada yağış konusunda yerel düzeyde yürütülen tahminlerin doğruluğunun ilerleyen yıllarda ölçülerek test edilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Geleceğe yönelik sıcaklık tahminlerinde ise 2021-2040 yılları arasında CanESM5 modelinde yıllık ortalama sıcaklık değerinin 15 C°, maksimum ve minimum aylık ortalamaların 1 C° ve 25 C° olacağı; ACCESS-CM2 modelinde ise yıllık ortalama sıcaklığın 14 C°, maksimum ve minimum sıcaklıkların 3 C° ve 26 C°'ye ulaşacağı ifade edilmektedir. Bu çalışmada yapılan tahminlerde gelecek 10 yıl için yıllık sıcaklık ortalamasının 16 C°, aylık minimum ve maksimum sıcaklık ortalamalarının 3 C° ve 27,5 C° ile bugüne kadar olan kayıt ortalamalarından yaklaşık 2 C° daha fazla olacağını ifade etmektedir. Böylece yerel düzeyde sıcaklık konusunda yürütülen tahminlerin ACCESS-CM2 modeline yakın olduğu dikkat çekmektedir. Sıcaklıkla ilgili tüm tahmin değer-



Şekil 5. Burdur Gölü uzun yıllık (1986-2022) seviye değişimleri, net kıyı çizgisi hareketi, doğrusal regresyon oranı ve 2032 yılı tahmini göl aynası alanı.
Figure 5. Burdur Lake long-term (1986-2022) level changes, net shoreline movement, linear regression ratio and estimated lake mirror area in 2032.

leri incelendiğinden genel olarak sıcaklıkların bugüne kadar olan ortalamalardan daha yüksek seyredeceği öngörülmektedir. Sıcaklıklara yönelik tahminlerin gerçekleşmesi durumunda Burdur Göl aynasındaki daralma sürecini hızlandırması beklenmektedir. Burdur Gölü'nün kıyı çizgisi üzerinde yaşanan değişimler ve göl alanının küçülmesini konu alan bir çalışmada göl alanının değişmesi ile iklim parametrelerinin istatistiksel olarak kuvvetli doğrusal ilişki test edilemediği belirtilmektedir (Hepdeniz, 2020). İklim ve Burdur Göl aynasındaki daralma Çolak ve diğerleri (2022) tarafından yapılan çalışmada genel anlamda tarımsal sulama kaynaklı olduğu ancak iklim değişikliği ile bu sürecin daha da güçlendiği ortaya konulmaktadır. Oysa bu çalışmadaki kıyı değişimi ve yağış verileri incelendiğinde 2003 ve 2015 yıllarında yüksek miktarda ekstrem yağışlar gerçekleştiği dönemlerde bu yılları takip eden yıllarda göl seviyesindeki azalış durduğu hatta seviyede artışın olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki sonuçlar ile Gözükkara ve diğerleri tarafından (2021) yapılan çalışmada göl seviyesindeki azalışın 2003 ve 2015 yıllarında olmadığı ifade edilmektedir. Bu durum Burdur Göl aynasındaki değişimlerin yağışlarla beklenenden daha fazla ilişkili olduğunu göstermektedir. Pek tabii bu çalışmada ifade edildiği gibi Burdur Göl aynasındaki azalış eğilimi iklimle ilişkili olsa da beşeri faaliyetlerin bu daralma süreci arttırdığı bilinmektedir (Gözükkara vd., 2019). Tüm bu değişkenler dikkate alındığında Burdur Gölü ile ilgili esas tehlikenin yağışların azalma eğilimine girdiği sürelerdeki su kullanımının olduğu anlaşılmaktadır. Burada yapılması gereken yağışların azaldığı dönemleri takip eden sürelerde su kullanımının dengelenmesi yani azaltılmasıdır.

İlgili literatürde Burdur Gölü'nün geleceğe yönelik göl aynasının durumu ile ilgili yani gölün benzer koşulların devam etmesi durumunda gelecekte nasıl bir görünüm alacağına ilişkin çalışmalar yok denilecek kadar azdır. Bu kapsamda literatürde

rastlanan Ataol (2010) tarafından yapılan çalışmada su bilançosuna göre gölün 2080 yılındaki hacim değerleri hesaplanmış ve bir harita oluşturulmuştur. Bu Kıyı çizgisindeki değişimler Dijital Kıyı Sınır Çizgilerinde farklı çalışmalarda da kullanılarak test edilmiş ve bu projeksiyonlar ile geleceğe yönelik kıyı şeridi planlamalarında bir fikir üretme hususunda katkı sağlamıştır (Duru, 2017). Bu çalışmada ise Burdur Gölü kıyı çizgisi ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda geleceğe yönelik tahmin oluşturan ve geleceğe projeksiyon tutan araştırmaların sınırlı olmasına karşı bu çalışmada modern CBS yöntemleri (DSAS) kullanılarak Burdur Gölü'nün gelecek 10 yılına tahminler göl aynasının 17 km² daha daralacağını göstermiştir. Bu daralma ile Burdur Göl aynasının 2032 yılında Burdur Gölü Ardiçli köy yerleşmesi ile Burdur şehri hattına kadar gerilemiş olacağı tahmin edilmektedir. Bu durum göl yüzeyinin çekildiği alanları bitki örtüsünden yoksun ve aşınmaya hassas bir ortam oluşmasına neden olmuştur (Şekil 6). Başka bir deyişle Burdur Gölü kıyısında kapilarite özelliğini kaybeden ve bünyesindeki sudan arınan göl sedimanları rüzgâr tarafından şiddetli toz fırtınalarına ortam hazırlamaktadır. Toz fırtınalarına bir diğer ortam hazırlayan temel etken ise kuruyan göl havzasının kontrolsüz olarak tarımsal mera alanı olarak kullanılması ve göl tabanında zorlukla tutunan bitkiler otlatmalar ile birlikte ortamın nemden arınarak toz taşınımına neden olan antropojenik bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 7). Göldeki seviye düşüşleri sonucu ortaya çıkan bu toz hareketleri şehir üzerinde ve insanlarda olumsuz sonuçları ortaya çıkarması kaçınılmazdır. Dünyadaki farklı örneklerde (Aral Gölü vs.) olduğu gibi bu durum ekolojik, ekonomik ve kültürel etkileriyle çok farklı problemlere neden olabileceğinden bu başlıkların her biri ayrıca incelenerek süreci yavaşlatıcı ya da kurtarıcı çözümlere kapı açılmasına ihtiyaç vardır.



Şekil 6. Burdur Gölü kuzeydoğusunda Ardiçli Köyü ve çevresinde toz taşınımı.
Figure 6. Dust transport in and around Ardiçli Village, northeast of Lake Burdur.



Şekil 7. Burdur Gölü kuzeydoğusunda Senir Köyü ve çevresinde toz taşınımı.
Figure 7. Dust transport in and around Senir Village, northeast of Lake Burdur.

Çıkar Çatışması/Conflict of Interest : Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder. The authors declare that there is no conflict of interest.

Veri erişebilirliği/Data availability : Uydu görüntülerini paylaştığı için Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) teşekkür ederiz. Buradaki veriler <https://earthexplorer.usgs.gov/> adresinden temin edilebilmektedir. Thanks to the United States Geological Survey (USGS) for sharing the satellite images. The data here can be obtained from <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Yazar katkısı/Author contribution: Çalışma konsepti ve kavramsal çerçeve tasarımı Ç.A. tarafından yapılmıştır. Veriler O.Y., T.B. ve H.A. tarafından toplanmış ve düzenlenmiştir. Analizler Ç.A. tarafından yapılmıştır. Analizler Ç.A., Y.A., O.Y., T.B. ve H.A. tarafından yorumlanmıştır. İlk yazım Ç.A. tarafından yapıldı daha sonra Y.A. tarafından okunmuş ve gerekli düzenlemeler yapılmıştır. The conception and design of study was made by Ç.A, the data was collected and edited by O.Y., T.B. ve H.A., analyzes were made by Ç.A., analyzes were interpreted by Ç.A, Y.A., O.Y., T.B. ve H.A., the first writings done by Ç. A. and later read with necessary corrections were made by Y.A.

Kaynakça

- Abujayyab, S. K., Almotairi, K. H., Alswaiti, M., Amr, S. S. A., Alkarkhi, A. F., Taşoğlu, E., & Hussein, A. M. (2021). Effects of meteorological parameters on surface water loss in Burdur Lake, Turkey over 34 Years Landsat Google Earth Engine time-series. *Land*, 10(12), 1301. <https://doi.org/10.3390/land10121301>
- Aksoy, B. & Salman, O. (2020). ARIMA modeli kullanılarak Türkiye'deki iklim sıcaklıklarının geleceğe yönelik tahminlenmesi. *Ulusal Araştırma Teknolojik Bilimler Dergisi*, 12 (2) , 69-76. <https://dergipark.org.tr/en/pub/utbd/issue/60337/770451>
- Alahacoon, N., Matheswaran, K., Pani, P. & Amarnath G. (2018). A decadal historical satellite data and rainfall trend analysis (2001–2016) for flood hazard mapping in Sri Lanka. *Remote Sensing*, 10 (448), 1-18. <https://doi.org/10.3390/rs10030448>
- Albarqouni, M. M., Yagmur, N., Bektas Balcik, F., & Sekertekin, A. (2022). Assessment of Spatio-Temporal Changes in Water Surface Extents and Lake Surface Temperatures Using Google Earth Engine for Lakes Region, Türkiye. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(7), 407. <https://doi.org/10.3390/ijgi11070407>
- Alfa, N. I., Adeofun, C. O., & Ologunorisa, E. T. (2008). Assessment of changes in aerial extent of Lake Chad using satellite remote sensing data. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 12, 101–107. <https://doi.org/10.4314/jasem.v12i1.55580>

- Altan Aydın, F. & Doğu, A. F. (2018). Göllerde seviye değişimleri ve nedenleri: Van Gölü Örneği. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (41), 183-208. <https://dergipark.org.tr/pub/yyusbed/issue/43563/533057>
- Atalay, İ. (2006). *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*. Meta Basım Matbaacılık: İzmir.
- Ataol, M. (2010). Burdur Gölü'nde seviye değişimleri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 8(1), 77-92. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000105
- Atayeter, Y., Temurçin, K. & Yayla, O. (2022). Baraj göllerinde arazi kullanım planlamasındaki çevresel hassasiyet analizi: Burdur Gölü Kapalı Havzasında Karaçal Baraj Gölü Havzası örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (56), 221-238. <https://dergipark.org.tr/pub/sufesosbil/issue/72433/1096149>
- Atayeter, Y. & Tokgözlü, A. (2014). Burdur merkez ilçesi'nin fiziki coğrafya özellikleri. İçinde Kadir Temurçin & Yıldırım Atayeter (Ed.) *Burdur Merkez İlçesi'nin Coğrafi Etüdü* (13-51). Burdur Belediyesi Kültür Yayınları.
- Bahadır, M. & Saraçlı, S. (2010). Isparta'da ARIMA modeline göre senetetik iklim verilerinin analizi. *Nature Sciences*, 5(3), 163-177. <https://dergipark.org.tr/en/pub/nwsanature/issue/10850/130542>
- Başbüyük, Z., Kavak, K. Ş., Yalçın, H., & Bozkaya, Ö. (2014). Kösedag magmatiklerinde (Zara-Sivas) hidrotermal alterasyonla ilişkili kaolin yataklarının landsat etm+ görüntüsü kullanılarak belirlenmesi. *Cumhuriyet Yerbilimleri Dergisi*, 31(1-2), 5-13. <https://www.researchgate.net>
- Baig, M. R. I., Ahmad, I. A., Shahfahad, Tayyab, M., & Rahman, A. (2020). Analysis of shoreline changes in Vishakhapatnam coastal tract of Andhra Pradesh, India: an application of digital shoreline analysis system (DSAS). *Annals of GIS*, 26(4), 361-376. <https://doi.org/10.1080/19475683.2020.1815839>
- Bi, D., Dix, M., Marsland, S., O'farrell, S., Sullivan, A., Bodman, R., ... & Heerdegen, A. (2020). Configuration and spin-up of ACCESS-CM2, the new generation Australian community climate and earth system simulator coupled model. *Journal of Southern Hemisphere Earth Systems Science*, 70(1), 225-251. <https://doi.org/10.1071/ES19040>
- Box, G. E., & Jenkins, G. M. (1976). *Time series analysis: forecasting and control*. Holden dsy. Inc. California.
- Cengiz, T. M., & Kahya, E. (2011). Türkiye göl su seviyelerinin eğilim ve harmonik analizi. *İTÜ DERGİSİ/d*, 5(3). http://www.itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_d/article/view/511
- Cengil, B., & Ayan, H. Y. (2021). Burdur Havzasında sıcaklık ve yağış değişimleri ile iklim projeksiyonları. 5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies. *SETSCI Conference Proceedings 5* (1), 35-37. <https://doi.org/10.36287/setsci.5.1.007>
- Davraz, A., Sener, E., & Sener, S. (2019). Evaluation of climate and human effects on the hydrology and water quality of Burdur Lake, Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 158, 103569. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103569>
- Divisekara, R. W., Jayasinghe, G. J. M. S. R., & Kumari, K. W. S. N. (2021). Forecasting the red lentils commodity market price using SARIMA models. *SN Business & Economics*, 1(1), 1-13. <https://link.springer.com/article/10.1007/s43546-020-00020-x>
- Duru, U. (2017). Shoreline change assessment using multi-temporal satellite images: a case study of Lake Sapanca, NW Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 189(8), 385. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-017-6112-2>
- Dwyer, J. L., Roy, D. P., Sauer, B., Jenkerson, C. B., Zhang, H. K., & Lyburner, L. (2018). Analysis ready data: enabling analysis of the Landsat archive. *Remote Sensing*, 10(9), 1363. <https://doi.org/10.3390/rs10091363>
- Firatli, E., Dervisoglu, A., Yagmur, N., Musaoglu, N., & Tanik, A. (2022). Spatio-temporal assessment of natural lakes in Turkey. *Earth Science Informatics*, 15(2), 951-964. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12145-022-00778-8>
- Gocic, M., & Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100, 172-182. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.014>
- Göncü, S., Albek, E. A. & Albek, M. (2017). Burdur, Eğirdir, Sapanca ve Tuz Gölleri su seviyelerinin nonparametrik istatistik yöntemler ile eğilim analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(2), 555-570. <https://dergipark.org.tr/en/pub/akufemubid/issue/43399/524749>
- Gözükara, G., Altunbaş, S., & Sarı, M. (2019). Burdur Gölü'ndeki seviye değişimi sonucunda ortaya çıkan lakustrin materyalin zaman-sal ve mekansal değişimi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3), 386-396. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.556215>
- Gözükara, G., Zhang, Y., Hartemink, A. E., Altunbas, S., & Sarı, M. (2021). Soil chronosequence and biosequence on old lake sediments of the Burdur Lake in Turkey. *Pedosphere*, 31(6), 882-891. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(21\)60040-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60040-1)
- Hepdeniz, K. (2020). Determination of Burdur Lake's areal change in upcoming years using geographic information systems and the artificial neural network method. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(21), 1143. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-020-06137-5>
- Hirsch, R. M., & Slack, J.R. (1984). A Nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research*, 20(6), 727-732. <https://doi.org/10.1029/WR020i006p00727>
- Himmelstoss, E.A., Farris, A.S., Henderson, R.E., Kratzmann, M.G., Ergul, Ayhan, Zhang, Ouya, Zichichi, J.L., and Thieler, E.R., (2018). Digital Shoreline Analysis System (version 5.0): U.S. Geological Survey software release, <https://code.usgs.gov/cch/dsas>
- Himmelstoss, E.A., Henderson, R.E., Kratzmann, M.G., and Farris, A.S., (2021). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.1 user guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2021-1091, 104 p., <https://doi.org/10.3133/ofr20211091>
- Jensen, J. R. (2009). *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective 2/e*. Pearson Education India.
- Kalayci, S., & Kahya, E. (1998). Susurluk havzası nehirlerinde su kalitesi trendlerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, 22, 503-514. <https://aj.tubitak.gov.tr/engineering/issues/muh-98-22-6/muh-22-6-8-98023.pdf>
- Karabulut, M. (2012). Doğu Akdeniz'de ekstrem maksimum ve minimum sıcaklıkların trend analizi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi Özel Sayı*, 37, 44.
- Kendall M.G. (1975). *Rank Correlation Methods*. Griffin, London, UK.
- Kızılelma, Y., Çelik, M., & Karabulut, M. (2015). İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağışların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (64), 1-10. <https://doi.org/10.17211/tcd.90494>
- Klein, I., Dietz, A. J., Gessner, U., Galayeva, A., Myrzakhmetov, A., & Kuenzer, C. (2014). Evaluation of seasonal water body extents in Central Asia over the past 27 years derived from medium-resolution remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 26, 335-349. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.08.004>

- Koç, A., Çoban, O. & Yener, H. (2006). Değişim belirlemede görüntü farkı ve görüntü oranlama yöntemleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 56 (1), 25-32. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jffiu/issue/18713/198792>
- Kuleli, T., Guneroglu, A., Karsli, F., & Dihkan, M. (2011). Automatic detection of shoreline change on coastal Ramsar wetlands of Turkey. *Ocean Engineering*, 38(10), 1141-1149. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2011.05.006>
- Küçük, C., & Sarp, G. (2021). Evaluation of formation mechanism of lakes in terms of morphometric aspect; lakes region and their vicinity, SW of Turkey. *Episodes Journal of International Geoscience*, 44(3), 285-297. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2020/020089>
- Li, X., Cheng, G., Ge, Y., Li, H., Han, F., Hu, X.,...Cai, X. (2018). Hydrological cycle in the Heihe River Basin and its implication for water resource management in endorheic basins. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123, 890-914. <https://doi.org/10.1002/2017JD027889>
- Mann, H.B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13, 245-259. <https://doi.org/10.2307/1907187>
- Mishra, M., Chand, P., Pattnaik, N., Kattel, D. B., Panda, G. K., Mohanti, M., ... & Mohanty, T. (2019). Response of long-to short-term changes of the Puri coastline of Odisha (India) to natural and anthropogenic factors: a remote sensing and statistical assessment. *Environmental Earth Sciences*, 78, 1-23. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-019-8336-7>
- Moore, L. (2000). Shoreline mapping techniques. *Journal of Coastal Research* 161:111-124. 19. <https://www.jstor.org/stable/4300016>
- Mutlu, A. Z., Kazancı, B., Özçetin, A. Y., & Sarıyılmaz, F. B. (2020). Akşehir gölü zamansal değişiminin bant oranlama yöntemleri ile belirlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(1), 22-28. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tuzal/issue/52699/650018>
- Polat P. & Sunkar M. (2017). Rize'nin iklim özellikleri ve Rize çevresinde uzun dönem sıcaklık ve yağış verilerinin trend analizleri, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 27(1), 1-23. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.346684>
- McLeod, A. I., & McLeod, M. A. (2015). Package 'Kendall'. R Software: London, UK
- Sabins, F.F., 1997, Remote Sensing: Principles and Interpretation, 3rd edition W.H.Freeman and Co.
- Sabancı, A. (2020). Burdur Gölü kıyı şeridindeki değişiminin uzaktan algılama ile haritalanması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(4), 623-633. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.711653>
- Sarp, G., & Özcelik, M. (2017). Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey. *Journal of Taibah University for Science*, 11(3), 381-391. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2016.04.005>
- Stone, R. (2015). Saving Iran's great salt lake. *Science*, 349(6252), 1044-1047. <https://doi.org/10.1126/science.349.6252.1044>
- Swart, N. C., Cole, J. N., Kharin, V. V., Lazare, M., Scinocca, J. F., Gillett, N. P., ... & Winter, B. (2019). The Canadian earth system model version 5 (CanESM5. 0.3). *Geoscientific Model Development*, 12(11), 4823-4873. <https://doi.org/10.5194/gmd-12-4823-2019>
- Şener, E., & Şener, Ş. (2021). SPI ve CZI kuraklık indislerinin CBS tabanlı zamansal ve konumsal karşılaştırması: Burdur Gölü Havzası örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 41-58. <https://doi.org/10.21324/dacd.800036>
- Tağlı, Ş., & Alevkayalı, Ç. (2014). Eğirdir Gölüne kuzeyden dökülen akarsularda akım trendi ve yağış ilişkisi, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(32), 211-229. <https://doi.org/10.31795/baunsobed.645483>
- Thieler, E. R., E. A. Himmelstoss, J. L. Zichichi, & A. Ergul, (2009). "Dig-ital shoreline analysis system (DSAS) version 4.0—an Arc-GIS extension for calculating shoreline change." U.S. Geol. Survey Open File Rep.. 2008-1278.
- Tokgöz, S., & Partal, T. (2020). Karadeniz Bölgesinde yıllık yağış ve sıcaklık verilerinin yenilikçi şen ve mann-kendall yöntemleri ile trend analizi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(2), 1107-1118. <https://doi.org/10.21597/jist.633368>
- Topuz M., Karabulut, M. & Korkmaz H. (2016), Trend analysis of precipitation in Hatay, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9 (43), 1186-1194.
- Topuz, M., & Karabulut, H. F. M. (2018). Türkiye'de Yağış Eğilimleri (1955-2013) ve Atmosferik Dolaşım. *TÜCAUM*, 30, 3-6.
- Topuz, M., Feidas, H., & Karabulut, M. (2020). Trend analysis of precipitation data in Turkey and relations to atmospheric circulation:(1955-2013). *Italian Journal of Agrometeorology*, (2), 91-107. <https://www.torrossa.com/en/resources/an/5042191#page=93>
- Tourian, M. J., Elmi, O., Chen, Q., Devaraju, B., Roohi, S., & Sneeuw, N. (2015). A spaceborne multisensor approach to monitor the desiccation of Lake Urmia in Iran. *Remote Sensing of Environment*, 156, 349-360. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.10.006>
- Tulan İşildar, H., & Yalçın Ercoşkun, Ö. (2021). Göller Yöresinde sürdürülebilirlik ve dirençlilik. *Journal of Management Theory and Practices Research*, 2(2). <https://journals.academicianstudies.com/jmtp/article/view/26>
- Turoğlu, H. (2017). *Deniz ve Göllerde Kıyı*. İçinde Turoğlu H. & Yiğitbaşoğlu, H. (Ed), *Yasal ve Bilimsel Boyutlarıyla KIYI* (ss. 1-30). Jeomorfoloji Derneği Yayınları
- Turoglu, H. & Duran, A. (2021). Filyos Çayı Deltasında (Karadeniz) kıyı çizgisi değişiklikleri ve yakın geleceğe yönelik göstergeler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 61-74. <https://doi.org/10.17211/tcd.1016928>
- Wang, J., Song, C., Reager, J. T., Yao, F., Famiglietti, J. S., Sheng, Y., ... & Wada, Y. (2018). Recent global decline in endorheic basin water storages. *Nature geoscience*, 11(12), 926-932. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0265-7>
- Wang, F., Shao, W., Yu, H., Kan, G., He, X., Zhang, D., Ren, M., & Wang, G. (2020). Re-evaluation of the power of the mann-kendall test for detecting monotonic trends in hydrometeorological time series. *Frontiers in Earth Science*, 8, 14. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00014>
- Woodcock, C. E., Allen, R., Anderson, M., Belward, A., Bindschadler, R., Cohen, W., ... & Wynne, R. (2008). Free access to Landsat imagery. *Science*, 320(5879), 1011-1011. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.320.5879.1011a>
- Yu, Y. S., Zou, S., & Whittemore, D. (1993). Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150(1), 61-80. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(93\)90156-4](https://doi.org/10.1016/0022-1694(93)90156-4)