

Belek Özel Çevre Koruma Bölgesi Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler ile Değerlendirilmesi

Ömer Faruk ÖZCAN^{1*}, Beril AKIN²

Öz

Bu çalışmada, ülkemizde deniz kaplumbağalarının yuvalama alanı olarak koruma altında olan Belek Özel Çevre Koruma Bölgesindeki yüzey sularının uzun yıllar periyodundaki kalite değişimlerinin değerlendirilmesinde istatistiksel metodların kullanımı hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında 2005-2020 yılları arasında (15 yıl) koruma alanı içinde yer alan yüzeysel su kaynaklarına ait su kalitesi analiz sonuçları değerlendirilmeye alınmıştır. Yüzeysel su kalitesinin sınıflandırılmasında ülkemizde yürürlükte olan Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği standart değerleri çerçevesinde fiziko-kimyasal ve biyolojik parametre verileri analiz edilmiş ve su kalite sınıfları belirlenmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden Kümeleme Analizi metodolojisi kullanılmıştır. Kümeleme analizi sonucunda istatistiksel manada anlamlı üç küme tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesine göre yapılan kalite sınıflandırması ve Hiyerarşik Kümeleme Analizi benzerlik göstermiştir. Oluşan kümeler neticesinde genel su kalitesi durumunun; Acısu Deresi'nin II. Sınıf (İyi Kalite), Köprüçay Deresi'nin I. Sınıf (Çok İyi Kalite), Sarısu Deresi'nin I. Sınıf (Çok İyi Kalite), Kömürcüler Deresi'nin II. Sınıf (İyi Kalite) ve Ilıca Deresi'nin III. Sınıf (Orta Kalite) olduğu çalışmalar sonunda görülmüştür. İstatistiksel değerlendirmede kullanılan Temel Bileşenler Analizine göre dört faktör belirlenmiş, toplam varyansın % 91,04'ünü açıklamıştır. Sadece birinci faktör toplam varyansın % 59'unu açıklamaktadır. Özdeğeri en fazla olan değişkenlerin; Toplam Koliform, Toplam Kjehldal Azotu, Fekal Koliform, Toplam Azot, Toplam Fosfor olduğu temel bileşenler analiz sonuçlarına göre açıklanmıştır. Genel manada kirleticilerin turizm tesisleri, evsel kaynaklı kirleticiler ve yoğun tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı öngörülmektedir. Çalışma sonucunda istatistiksel olarak belirlenen faktör parametrelerin sahadaki su kalitesi izleme çalışmalarında öncelikli olarak kullanılabilir parametreler olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su Kalitesi, Korunan Alan, Özel Çevre Koruma Bölgesi, Kümeleme Analizi, Temel Bileşenler Analizi.

Evaluation Of Water Quality in Belek Special Environmental Protection Zone with Multivariate Statistics

Abstract

In this study, the use of statistical methods is aimed at evaluating the long-term periodic changes in the quality of surface waters in the Belek Special Environmental Protection Area, designated as a nesting area for sea turtles in our country. Within the scope of the study, water quality analysis results for surface water sources within the protected area were considered for the years 2005-2020 (15 years). Physico-chemical and biological parameter data were analyzed based on the standard values of the Surface Water Quality Regulation in effect in our country, and water quality classes were determined. Cluster Analysis methodology, a multivariate statistical method, was used to evaluate the data. As a result of cluster analysis, three statistically significant clusters were identified. The classification of water quality according to Surface Water Quality and Hierarchical Cluster Analysis showed similarity. As a result of the clusters formed, it was observed that the overall water quality situation was Class II (Good Quality) for Acısu Stream, Class I (Very Good Quality) for Köprüçay Stream, Class I (Very Good Quality) for Sarısu Stream, Class II (Good Quality) for Kömürcüler Stream, and Class III (Medium Quality) for Ilıca Stream. According to Principal Components Analysis, four factors were determined, explaining 91.04% of the total variance, with the first factor alone explaining 59% of the total variance. The variables with the highest eigenvalues, according to the results of the principal components analysis, were Total Coliform, Total Kjeldahl Nitrogen, Fecal Coliform, Total Nitrogen, and Total Phosphorus. In general, it is anticipated that pollutants originate from tourism facilities, domestic sources, and intensive agricultural activities. The study concluded that the statistically determined factor parameters are prioritized parameters that can be used in water quality monitoring studies in the field.

Keywords: Water Quality, Protected Area, Special Environmental Protection Area, Cluster Analysis, Principal Component Analysis.

¹Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, ofarukozcann@gmail.com

²Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Ankara, Türkiye, bsakin@gazi.edu.tr

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author

1. Giriş

21. yüzyılın insanlık için önemli problemlerinden biri de doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı olmuştur (Pan, 2015; Schmitt, 2016; Gare, 2017). Hızla artan dünya nüfusu, plansız kentleşme ve sanayileşme, altyapı yatırımları, tarımda kimyevi gübre ve ilaçların yaygın kullanımı ve insan yaşamına giren pek çok yenilik, beraberinde doğal kaynakların hızla tüketilmesini, hava ve su kirliliği gibi pek çok çevre sorununu beraberinde getirmiştir. Türkiye’de Özel Çevre Koruma Bölgeleri (ÖÇKB), özgün ekolojik özellikleri ile diğer alanlardan ayrılan ve ekonomik fayda sunabilen önemli alanlardır. Bu bölgelerde meydana gelen nüfus artışıyla birlikte turizm, sanayi gibi alanlardaki artışlar, doğa koruma dengesindeki bozulmaları meydana getireceğinden, alanların sürdürülebilirliğinin sağlanmasını da gerekli hale getirmiştir.

Mevcut durumlarda; ÖÇKB’lerin diğer alanlardan tamamen ayrı bir alan olması çok zor olmakla birlikte, bu bölgelerde yaşayan insanların ihtiyaçları doğrultusunda kentsel kullanım alanlarının yeniden değerlendirilmesi ve bu çalışmalar esnasında bölge ekosistemine de olumsuz etkilerin oluşmamasına yüksek önem verilmelidir (Bakır, 2019).

Ülkemizde, ÖÇKB 2872 Sayılı Çevre Kanunu’nun 9. Maddesine göre; ekolojik açıdan önemli, çevresel kirlilik hassasiyeti yüksek su ve kara alanlarını, biyolojik çeşitlilik, doğal ve buna bağlı kültürel kaynakların gelecek nesillere aktarımının güvenli şekilde sağlanabilmesi amacı ile belirlenen alanlar olarak tanımlanmıştır. İlk ÖÇKB 1990 yılında Bakanlar Kurulu tarafından ilan edilmiştir (Şener ve Şener, 2020). Şu anda ülkemizde deniz ve kıyı alanlarını da kapsayan Belek ÖÇKB dahil olmak üzere 19 adet ÖÇKB bulunmaktadır. Türkiye’deki ÖÇKB’ler Şekil 1’de gösterilmiştir (URL-1).



Şekil 1. Türkiye'deki ÖÇKB'ler

Su kalitesinin korunması ÖÇKB gibi koruma alanlarında bilhassa önceliklidir. Çünkü bu alanlardaki ekosistem varlığının devamı, suların hem sağlıklı hem de miktar olarak dengeli olmasını gerektirir. İyi bir su kalitesi, bitki ve hayvan türlerinin sağlıklı şekilde yaşayabilmesi ve ekosistemlerin doğal işlevlerini sürdürebilmesi için önemlidir. Korunan alanlar, biyolojik çeşitliliğin korunmasını sağlar, aynı zamanda türlerin kaybını da önler. (Simberloff ve Abele, 1982; Soule', 1991; Prendergast ve ark., 1993; Pressey ve ark., 1993; Mancini ve ark., 2005).

Türkiye'de yüzey sularının; su kalitesinin, sınıfının ve miktarının belirlenmesi, izlenmesi ve korunmasının sağlanarak daha iyi su kalitesine ulaşılması için yapılması gerekli olan usul ve esaslar ortaya konulmuştur (Arıman ve Koyuncu, 2019). Bu kapsamda istenilen hedeflere ulaşmada öncelikle doğru ve entegre bir yaklaşımla su kalitesinin izlenmesi ve sonuçların bütüncül olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Su kalitesi izleme çalışmalarının aynı bölgelerde birden fazla kurum tarafından yürütülmesi, bu çalışmaları yürüten personellerin her yıl farklılık göstermesi ayrıca çalışmalar esnasında yönetmeliklerin revizyonu neticesinde bazı değişken değerlerinin izlenmesine devam edilerek bir kısmının çıkarılıp ilave edilmesi gerçekleştirilmekte bu durumda da elde edilen verilerin sürekliliği engellenmektedir. Yapılan analiz sonuçları doğrultusunda su kalitesindeki değişimlere hızlı müdahale edilebilmesi için indikatör değişken seçimi son derece önemlidir. Doğal kaynakların ve alıcı ortamların korunabilmesi amacıyla kirliliğin meydana gelmeden önlenmesi esastır. Ancak kirlilik potansiyelinin olduğu durumlarda, su kalitesine bakılarak hızlı karar verebilmek ve bu kapsamda gerekli tedbirlerin alınarak korumanın sağlanması gereklidir.

Su kalitesinin değerlendirilmesinde, suyun zamana ve konuma bağlı değerlerinde sürekli değişimlerin meydana gelmesinden dolayı tek değişkenli istatistikî yöntemler yeterli olmadığından çok değişkenli istatistikî yöntemlerin uygulanması tavsiye edilmektedir. Bu sayede verilerin tamamı, çok sayıda değişken göz önüne alınarak değerlendirilebilmektedir. Su kalite parametrelerinin uzun yıllar periyodundaki değişimini değerlendirmek için; zaman serisi analizi, temel bileşenler analizi, trend analizi, regresyon analizi, matematiksel modeller, büyük veri analitiği ve jeostatistiksel analiz gibi uygun yöntemler bulunmaktadır (Mahloch, 1974; Einax ve ark., 1997; Santos ve ark., 2003; Kowalkowski ve ark., 2006; Yolcu, 2012; Zhang ve ark., 2013; Tripathi ve Singal, 2019; Alam ve Singh, 2023; Kwon ve Jo, 2023)

Hangi yöntemin seçileceği, özellikle hangi parametrelerin değerlendirildiği, mevcut veri setinin niteliği ve hedeflenen sonuçlar gibi faktörlere bağlıdır. Uzun vadeli değişimleri değerlendirmek için çeşitli yöntemlerin bir araya getirilmesi, daha kapsamlı bir analiz sağlayabilir.

Günümüzde çok fazla veri içeren su kalitesi parametrelerinin değerlendirilebilmesinde kümeleme analizi, temel bileşenler analizi vb. çok değişkenli istatistikî analiz yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır (Kazi ve ark., 2009; Akin ve ark., 2011; Köse ve ark., 2014; Köse ve ark., 2018; Egbueri, 2022; Gad

ve ark., 2022; Ibrahim ve ark., 2023; Chawishborwornwornng ve ark., 2024). Bu istatistiki çalışmalar ise; su kalitesinde meydana gelen değişmelerde etkili olan faktörlerin belirlenmesi ve nihai olarak su kalitesinin belirlenerek kontrol edilmesine yardımcı olabilmektedir (Arslan, 2008).

Bölgeye dair günümüze kadar yapılan çalışmalarda, su kalitesi izleme çalışmalarının genel olarak tek dönemlik ve aynı akarsuda tek bir istasyonda gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu nedenle, söz konusu çalışma sonuçları alanda yer alan su kaynaklarının bütüncül olarak kalite değişimlerini açıklamakta yetersiz kalmıştır. Ülkemizde yer alan ÖÇKB'lerin ilgili Bakanlıklar tarafından uzun yıllardır yapılan izleme çalışmalarında ise, verilerin kapsamlı bir değerlendirilmesi yapılmamış ve her bir ÖÇKB için kritik kalite parametresi tespit edilmemiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, yapılan bu çalışma ÖÇKB'lerdeki akarsuların su kalitesi değişkenlerinin uzun dönem analizinin istatistiksel olarak yapıldığı ilk araştırma olması açısından özgün bir nitelik taşımaktadır.

Bu çalışmada seçilen bir ÖÇKB'nde uzun yıllar su kalitesi değişkenlerinin değerlendirilmesi için istatistiksel, ulusal su kalite indeksi kullanılarak, en hızlı ve doğru sonuca ulaşmada yeni bir yaklaşım oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışma için seçilen alan; Antalya ili dahilindeki Belek ÖÇKB'dir. Bölge; çok fazla sayıda tür ve habitat çeşitliliği olması, yüksek turizm potansiyeli, deniz kaplumbağalarının yuvalama alanlarını içermesi gibi özellikleri bakımından seçilmiştir. Belek ÖÇKB olarak belirtilen alan sınırları dahilindeki beş akarsu ve bu akarsular üzerindeki 10 izleme istasyonunun 2005-2020 yılları arasındaki 15 yıllık su kalitesi verileri ile yürütülmüştür. Analiz sonuçları yıllık raporlar halinde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı – Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak, çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden; temel bileşenler analizi ve hiyerarşik kümeleme analizi yardımı ile Belek ÖÇKB su kalitesi incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler 'Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde belirlenen sınır değerler doğrultusunda yürütülmüştür.

Böylece Belek ÖÇKB'ndeki yüzeysel su kalitesi üzerindeki benzerlikleri belirlemek, potansiyel kirlilik kaynaklarını anlamak ve su kaynaklarına göre benzer özelliklere sahip olanları gruplandırarak sürekli izlenebilecek kritik parametreleri belirlemek hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Belek ÖÇKB; sahip olduğu doğal, kültürel ve tarihi özellikleri ile sürdürülebilirliği sağlanarak gelecek nesillere aktarılması gereken çok önemli değerlere sahiptir. Bölge, Akdeniz çanağının kuzeydoğusundaki antik yerleşmelerin bir uzantısı olarak öncelikle uluslararası vazgeçilemez sosyo-kültürel ve tarihi yapının bir parçasıdır. Dolayısıyla Antalya ilinin doğusundaki Perge, Selge ve Aspendos gibi antik yerleşim merkezleri, Belek ÖÇKB'nin de içerisinde yer aldığı bir bütünün

parçalarıdır. Bu haliyle bölge gerek uluslararası gerekse ulusal ve bölgesel ölçekte sosyo-kültürel, sosyo-ekonomik ve tarihi bir öneme sahiptir. Sahip olduğu kıyı ve deniz alanları ile turizm potansiyeli alanı cazibe merkezi haline getirmektedir. Bununla birlikte toprak yapısının tarımsal faaliyetlere uygun nitelikte olması nedeniyle alanın önemli bir kısmı tarım arazileri ile kaplıdır (TVKGM, 2023).

TÜİK tarafından açıklanan 2023 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi sonuçlarına göre Belek Mahallesi nüfusu 9124 kişi olarak açıklanmıştır (URL-2). Yaz aylarında ise tatil amaçlı gelen yerli ve yabancı turistlerle birlikte Belek turizm bölgesinin nüfusu 2 milyon kişiye ulaşmaktadır (Altunyüzük, 2022). Belek'te 1984 yılında başlayan kitle turizmi hareketi, 90'lı yıllarda golf turizmiyle çeşitlenmiştir. 2004 yılında yapılan planlama ile turizm merkezi kapsamında tüm tahsisler tamamlanmıştır. 2006 yılında gerçekleştirilen yeni bir sınır genişletilmesi ile Belek Turizm Merkezi sınırları bugünkü halini almıştır (URL-3).

Bölge, Antalya ili sınırları içerisinde, Serik ve Manavgat ilçelerine bağlı 14 mahalleden oluşmaktadır. Batısında Belek Mahallesi doğusunda Ilica Mahallesi bulunmaktadır. Bölge yaklaşık 6 km genişliğinde 25 km uzunluktadır. Kıyıda yaklaşık 1 km'si denizel ortamdır. Bölgenin Serik ilçesinde kalan kısmı Karadayı Mahallesi'nin kuzeybatısında bulunan Yassıyusuflar Tepesinden başlayarak Köprüçay'da; Manavgat ilçesinde kalan kısmı ise Köprüçay'dan başlayarak Evrenseki'de son bulmaktadır. Genelde orta engebeli, tarıma elverişli bir arazi yapısına sahiptir. Belek ÖÇKB'ne ana ulaşım alanın kuzeyinden ve doğu kısmında içinden geçen Antalya-Alanya D 400 karayolu ile sağlanmaktadır. Alan içerisinde bulunan mahalleler, ikincil konutlar ve turizm tesislerine bu ana karayoluna bağlanan yollar ile ulaşılabilir. Antalya Havaalanı'na yaklaşık 30 km, Manavgat ilçe merkezine 11 km, Serik ilçe merkezine 3 km ve Antalya il merkezine yaklaşık 42 km uzaklıktadır.

Antalya'da turizm etkinliklerinde meydana gelen gelişmeler ile birlikte en önemli geçim kaynakları turizm, ticaret ve tarım sektörleri olmuş ve bölge bu sektörlerde çalışmak için göç alan bir yapıya da bürünmüştür.; Antalya ili, Serik ve Manavgat ilçelerine bağlı; Boğazkent, Denizyaka, Perakende ve Kısalar Mahallerinin tamamı Belek ÖÇKB sınırları içinde bulunmaktadır. Eminceler ve Bereket Mahallelerinin küçük bir kısmı Belek ÖÇKB sınırları içerisinde yer alırken, Belek, Karadayı, Büklüce, Denizkent, Gündoğdu, Yavrudoğan, Çolaklı ve Evrenseki Mahallelerinin büyük bir kısmı ÖÇKB sınırları içerisine girmektedir. Belek ÖÇKB; batı sınırında Eminceler ve Belek Mahalleleri, doğu sınırında ise Evrenseki Mahallesi ile komşudur. Alanın güneybatı sınırı köşesi Belek Turizm Merkezi'ndeki otel ve golf sahaları ile komşu iken geriye kalan güney sınırının çoğunluğunu Akdeniz oluşturmaktadır (TVKGM, 2023).

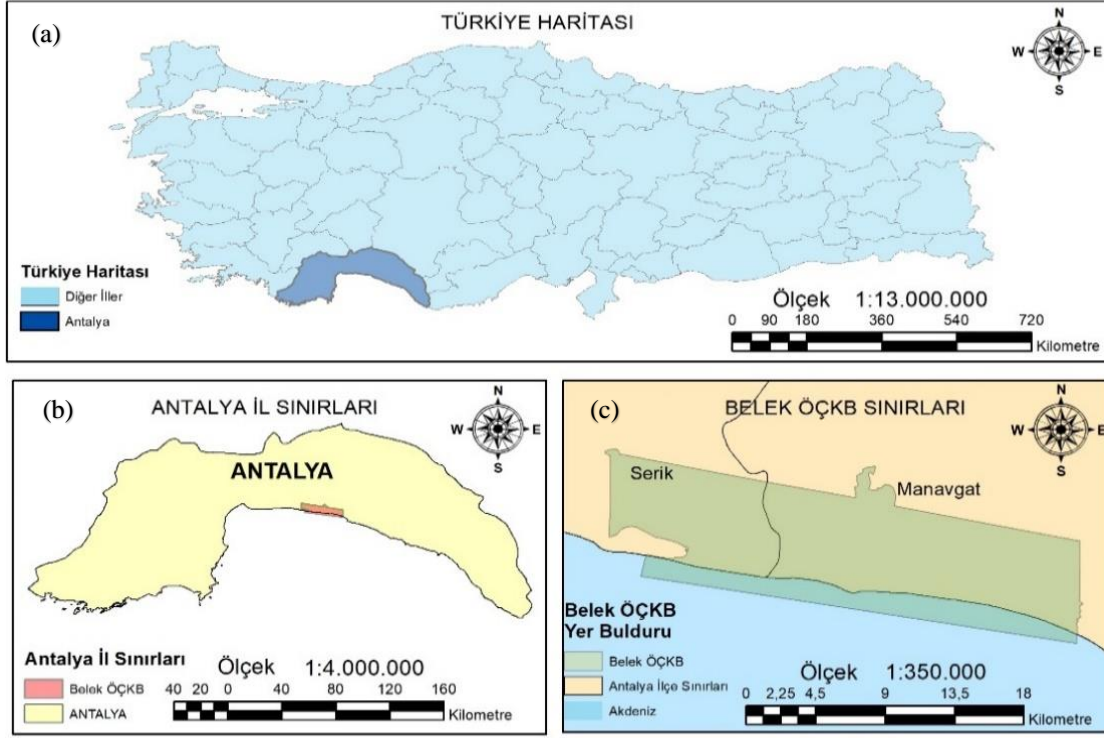
Çalışma alanı olarak belirlenen Belek ÖÇKB 22.10.1990 tarihli ve 90/1117 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile 111,79 km²lik alan tespit ve ilan edilmiştir. 25.12.2019 tarihli ve 30989 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile sınırlarda değişiklik yapılarak 117,424 km² karasal 24,256 km² denizel olmak üzere toplamda 141,680 km² lik alan tespit ve ilan edilmiştir. Antalya ili, Serik (Boğazkent ve

Karadayı Mahalleleri) ve Manavgat (Çolaklı ve Gündoğdu Mahalleleri) ilçeleri dahilinde yer almaktadır (TÜBİTAK, 2013; ÇŞB, 2021).

Belek ÖÇKB, kıyı kumulları tarafından biçimlendirilen 29 km'lik kıyusal alanı içermektedir. Geniş kumullar ve orman alanları biyoçeşitlilik zenginliği bakımından bölgeyi oldukça zengin hale getirmiştir. Endemik balık türü *Aphanius anatoliae*, endemik Serik armudu *Pyrus serikensis*, *Caretta caretta* ve *Chelonia mydas* deniz kaplumbağası türleri bölgenin zenginlikleri arasındadır. Belek ÖÇKB Biyolojik Çeşitlilik Araştırma Projesi 2019 yılında tamamlanmıştır. Bu proje sonuçlarına göre; 556 tohumlu bitki taksonu ile 53 tohumuz bitki taksonu, 57 büyük ve küçük memeli taksonu, 245 kuş türü, 273 denizel/içsu flora ve fauna taksonu, 25 sürüngen, 4 çift yaşar türü ve 248 omurgasız hayvan taksonu, yeni kayıt niteliğinde olan 50 adet tohumlu bitki ve 90 adet omurgasız hayvan taksonu tespiti yapılmıştır (TÇDR, 2021).

Belek ÖÇKB; deniz sıcaklığı, iklimi ve geniş kumsallarından dolayı deniz kaplumbağalarının yuvalama alanı olması sebepleriyle yüksek hassasiyet içermektedir. Güneşli gün sayısının fazla olması ve geniş kumsalları nedeniyle ülkemizin en yoğun turizm bölgelerindedir (Şener ve Şener, 2020). Belek bölgesinde turizm faaliyetlerinin temelinde coğrafi etkenlerden olan iklim faktörüdür. Bölgede hâkim olan Akdeniz iklimi ve buna bağlı iklim elemanları, deniz, kum ve güneş endeksli turizm aktivitelerinin gelişim ve gerçekleşmesinin esasını oluşturmaktadır. İklim etkenlerinin temeli sıcaklık parametresidir.

Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğü'nden alınan 1930-2020 yılları arasındaki genel hava durumu bilgileri, Belek ve çevresinin yıllık ortalama sıcaklığı 19 °C, en soğuk ayın ortalamasının (Ocak ayı) 10 °C ve en sıcak ayın (Ağustos) ortalamasının 28 °C olduğunu göstermiştir. Yaz aylarında genellikle 30 °C'nin üzerine ulaşırken, bazı dönemlerde (Temmuz-Ağustos) 40 °C'nin üstüne çıkmaktadır. Bölgenin deniz suyu sıcaklığı 21 °C'dir (Altunyüzük, 2022). Belek ÖÇKB'nin konumunu gösteren yer bulduru haritası (ArcMap 10.5) Şekil 2. de verilmiştir.



Şekil 2. (a) Ölçeklendirilmiş Türkiye haritası (b) Ölçeklendirilmiş Antalya il sınırları haritası (c) Ölçeklendirilmiş Belek ÖÇKB haritası

2.2. Su Kalitesi İzleme İstasyonları

Çalışma kapsamında Belek ÖÇKB içerisinde yer alan akarsu su kalitesi izleme istasyonları ve yakın çevresinde arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda arazi çalışmalarında, akarsular üzerinde etkili olan noktasal ve yayılı muhtemel kirliliklerin, nereden hangi yolla hangi tür kirlilik girişi olabileceği konularında da değerlendirilmeler yapılmıştır. Belirlenen baskılar doğrultusunda uzun yıllar verilerine sahip olunan 10 istasyon çalışma kapsamında değerlendirmeye alınmıştır.

İstasyon noktalarının harita üzerinde gösterimi ArcMap 10.5 kullanılarak oluşturulmuş ve Şekil 3.'de gösterilmiştir. İstasyonlara ait koordinat bilgileri ve maruz kaldığı antropojen baskı tanımları ise Tablo 1'de belirtilmiştir.



Şekil 3. Belek ÖÇKB akarsular su kalitesi izleme noktaları

Tablo 1. Belek ÖÇKB yüzeysel su kalitesi izleme noktaları ve özellikleri

| İstasyon Adı | Koordinat | Konum Özellikleri | Maruz Kaldığı Antropojen Baskılar | En yakın yerleşim yerine mesafesi |
|--------------|--------------------------|---|---|-----------------------------------|
| S1 | 36°50'58.7 31°06'05.2 | Acısu Deresi'nin kuzey bölümü | Tarım ve sera alanları. | 900 m, Karadayı Mah. |
| S2 | 36°50'39.5 31°07'38.1 | Acısu Deresi Boğazkent AAT deşarj öncesi | Tarım alanları, turizm tesisleri, tatil siteleri. Boğazkent AAT | 100 m, Boğazkent Mah. |
| S3 | 36°50'35.1 31°07'36.7 | Acısu Deresi Boğazkent AAT deşarj sonrası | Tarım alanları, turizm tesisleri, tatil siteleri, Balıkçı barınağı, Boğazkent AAT | 150 m, Boğazkent Mah. |
| S4 | 36°50'58.7 31°06'05.2 | Acısu Deresi'nin denize dökülmeden önceki kısmı güney bölümü | Turizm tesisleri. | 2300 m, Boğazkent Mah. |
| S5 | 36°52'83.3 31°10'16.1 | Köprüçay Deresi'nin kuzey bölümü | Tarım ve sera alanları. | 300 m, Büklüce Mah. |
| S6 | 36°49'89.4 31°10'53.9 | Köprüçay Deresi'nin denize dökülmeden önceki kısmı güney bölümü | Turizm tesisleri ve tarımsal alanlar. | 1000 m, Denizyaka Mah. |
| S7 | 36°50'16.5 31°14'58.7 | Sarısu Deresi'nin güney bölümü | Tarım ve sera alanları. | 500 m, Kısalar Mah. |
| S8 | 36°50'16.5 31°14'58.7 | Sarısu Deresi'nin denize dökülmeden önceki kısmı güney bölümü | Tarım ve sera alanları. | 1100 m, Perakende Mah. |
| S9 | 36°48'41.0 31°20'47.3 | Kömürcüler Deresi'nin güney bölümü | Turizm tesisleri ve tarımsal alanlar. | 550 m, Çolaklı Mah. |
| S10 | 36°48'14.4 31°21'12.8 | Ilıca Deresi'nin güney bölümü | Turizm tesisleri. | 400 m, Evrenseki Mah. |

2.3. Veri Analizleri

Birden fazla değişken içeren istatistiki yöntemler; su kalite analizlerinde, lokasyon ve zamana bağlı değişimlerin, su kalitesindeki ana kirleticilerin belirlenmesinde çoğunlukla uygulanan yöntemdir (Yerel ve Ankara, 2011; Kılıç, 2017). Bu nedenle araştırma kapsamında verilerin tanımlayıcı istatistikleri ortaya koyularak Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği çerçevesinde su kalitesi sınıflandırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Fizikokimyasal parametreler arasındaki ilişkinin düzeyini belirlemek amacı ile korelasyon analizi uygulanmıştır. Değişkenler arası ilişkilerin yönü ve düzeyi korelasyon analizi ile belirlenmiş, hatta birden fazla değişken arasındaki ilişki de eş zamanlı olarak bu analiz ile saptanmıştır. Bu kapsamda verilere Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. (Ustaoglu ve ark., 2019; Haghazar ve ark., 2021; Üstün Odabaşı ve ark., 2022; Şimşek ve ark. 2022).

Belek ÖÇKB’de yer alan akarsuların su kalitesinin değerlendirilebilmesi amacıyla temin edilen analiz sonuçlarına göre 14 değişken verileri ile SPSS 26 programı üzerinde temel bileşenler analizi gerçekleştirilmiştir. Birden büyük olan özdeğerler, verilerin açıklanması için gereken varyans kaynağı olarak, temel bileşenlerin değerlendirilmesi için kriter seçilmiştir (Tokatlı ve Helvacioğlu, 2019). Temel bileşen analizi (Principal Component Analysis), büyük bir değişken kümesini, bu kümedeki bilgilerin anlamı koruyacak kadarını içeren daha küçük bir değişken kümesine dönüştürerek boyutluluğu azaltmak için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem birbiri ile ilişkili değişkenlerin bir araya getirilerek daha az değişkenle açıklanması, değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek ve su kalitesi üzerine muhtemel çevresel baskıların tanımlanması amacıyla kullanılmaktadır (Sing ve ark.,2004; Dalkıran ve ark., 2020; Şimşek ve ark., 2022).

Temel bileşenlerin sayısını belirlemek için özdeğer grafiklerinden yararlanılır, özdeğeri 1’in üzerinde olanlar önemli kabul edilir, özdeğer arttıkça faktörün değeri de artmaktadır (Kim ve Mueller, 1987; Shresta ve Kazama, 2007; Oke ve Sangdoyin, 2015)

En yakın ilişkili bulunan nesnelere arayarak, verileri kendiliğinden benzer gruplara (küme) göre sınıflandırarak, kararlı bir kümeyi diğer kümelerden ayırmanın temel amacı olan hiyerarşik küme analizi yapılmıştır (Reena ve ark., 2022). Çalışma boyunca yapılan istatistiksel değerlendirmelerde olduğu gibi, 0,05'in altındaki p değerleri istatistiki manada anlamlı kabul edilmiştir (Akin ve Kırmızıgöl, 2017).

Kümeleme analizi, verilerin değişkenler açısından benzerlik durumlarına göre gruplandırılması için uygulanmaktadır. Analiz sonucunda oluşacak küme sayısı, benzerlik bulma yöntemi ve benzerlik derecesi kullanıcı tarafından da belirlenmektedir. Oluşturulan küme içlerinde benzerlik en yüksek iken, farklı iki küme arasında benzerliğin düşük olması analiz başarılı olduğunu gösterir. Başarılı bir analiz sayesinde veri setlerindeki benzerlik ve farklılıkları ortaya çıkarmak mümkündür (Lattin ve ark., 2003; McKenna, 2003; Shresta ve Kazama, 2007; Mutlu ve Aydın Uncumusaoğlu, 2022).

Kümeleme analizleri; hiyerarşik olan ve olmayan olarak sınıflandırılmaktadır. Hiyerarşik olanlar, iki verinin değişkenleri arasında olan benzerliği mesafe olarak ifade etmektedir. Öklidyen mesafesi bu benzerlik tanımlama mesafe çeşitlerinden biridir ve hiyerarşik sınıflandırmada sıklıkla kullanılır. Hiyerarşik olmayan metotta ise, ayırma yöntemi önceden belirlenen grup sayısına göre gerçekleştirilmektedir. Yapılan çalışmalarda çoğunlukla hiyerarşik metot kullanılmakla birlikte analiz sonuçları dendogram grafikleri ile görselleştirilmektedir (Otto, 1998; Özdamar, 1999; Shresta ve Kazama, 2007; Fan ve ark., 2010; Kalaycı, 2016; Kılıç, 2017; Aydın Uncumusaoğlu ve Mutlu, 2021).

Çalışma kapsamında Belek ÖÇKB’nde belirlenen numune istasyonlarında 2005-2020 yılları arasındaki 15 yıllık su kalitesi analiz sonuçları toplanarak değerlendirilmeye alınmıştır. Uzun yıllar periyoduna ait analiz sonuçlarında; Sıcaklık (°C), pH, Çözünmüş Oksijen (mg/L), Askıda Katı Madde (mg/L), Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Amonyum Azotu (mg/L), Nitrit Azotu (mg/L), Nitrat Azotu (mg/L), Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L), Toplam Azot (mg/L), Toplam Fosfor (mg/L), KOİ (mg/L), Fekal ve Toplam Koliform (CFU/100 mL) parametrelerinin istatistiksel olarak değerlendirilmeleri yapılmıştır.

İstatistiksel değerlendirmelerde, değişkenler için 15 yıllık veri ortalamaları alınarak tablo oluşturulmuştur. Bu kapsamda istasyonlara ait tüm veriler, Microsoft Excel veri tabanına işlenmiş buradan SPSS26 istatistik programı, Google Earth Pro, ArcMap10.5 programları desteği ile ön istatistik, çok değişkenli istatistik, grafik ve çeşitli görselleştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Su Kalitesi Sınıflandırma

Belek ÖÇKB dahilinde yer alan beş akarsu üzerindeki (Acısu, Köprüçay, Sarısu, Kömürcüler, Ilıca Deresi) 10 istasyondan alınan analiz sonuçları Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, 2005-2020 yılları Su Kalitesi verilerinin SPSS-26 programı üzerinden yapılan istatistik çalışmaları neticesinde Sıcaklık (°C), pH, Çözünmüş Oksijen (mg/L), Askıda Katı Madde (mg/L), Elektriksel İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Amonyum Azotu (mg/L), Nitrit Azotu (mg/L), Nitrat Azotu (mg/L), Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L), Toplam Azot (mg/L), Toplam Fosfor (mg/L), KOİ (mg/L), Fekal Koliform (CFU/100 mL) ve Toplam Koliform (CFU/100 mL) değişkenleri için 15 yıllık verilerin ortalamaları alınarak tablo oluşturulmuştur.

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği “Ek-5 Tablo-2”ye göre yapılan “Yerüstü Su Kaynakları Parametre Sınıf Bazlı Kalite Kriterleri” (YSKY, 2021) doğrultusunda su kalitesi sınıflandırması gerçekleştirilerek, Tablo 2 üzerinde gösterimi sağlanmıştır. Yüzey suları kalitesi üç temel sınıf ile kategorize edilmektedir. Buna göre “mavi” olarak belirtilenler “I.Sınıf-çok iyi”, “yeşil” olarak

belirtilenler “II.Sınıf-iyi” ve “sarı” olarak belirtilenler “III.Sınıf-orta” kalite su olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 2. Belek ÖÇKB akarsularının uzun yıllar periyodu (2005-2020) su kalitesi sınıfı

| I.SINIF | | 6-9 | 8< | | <400 | <0,2 | | <3 | <0,5 | <3,5 | <0,08 | <25 | | |
|--------------|---------------|------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|--------------------|----------------------|------------|-----------------------------|------------------------------|
| II.SINIF | | 6-9 | 6-8 | | 400-1000 | 0,2-1 | | 3-10 | 0,5-1,5 | 3,5-11,5 | 0,08-0,2 | 25-50 | | |
| III.SINIF | | 6-9 | <6 | | 1000< | 1< | | 10< | 1,5< | 11,5< | 0,2< | 50< | | |
| İstasyon Adı | Sıcaklık (°C) | pH | Çözünmüş Oksijen (mg/L) | Askıda Katı Madde (mg/L) | Elektriksel İletkenlik (µS/cm) | Amonyum Azotu (mg/L) | Nitrit Azotu (mg/L) | Nitrat Azotu (mg/L) | Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L) | Toplam Azot (mg/L) | Toplam Fosfor (mg/L) | KOI (mg/L) | Fekal Koliform (CFU/100 mL) | Toplam Koliform (CFU/100 mL) |
| S1 | 20,71 | 8,07 | 7,55 | 24,1 | 2935,01 | 0,25 | 0,07 | 1,37 | 1,57 | 3,01 | 0,19 | 29,85 | 1308 | 6266 |
| S2 | 20,76 | 8,05 | 7,3 | 18,09 | 4173,57 | 0,23 | 0,08 | 1,16 | 1,75 | 2,99 | 0,22 | 34,26 | 4361 | 33055 |
| S3 | 20,87 | 8,04 | 7,29 | 19,55 | 4489,29 | 0,31 | 0,07 | 1,12 | 2,52 | 3,7 | 0,23 | 37,76 | 5750 | 49005 |
| S4 | 21,48 | 8,02 | 7,92 | 15,5 | 7888,13 | 0,22 | 0,08 | 1,14 | 1,86 | 3,07 | 0,2 | 20,71 | 3280 | 12561 |
| S5 | 18,46 | 8,24 | 9,4 | 20,52 | 435,27 | 0,08 | 0,01 | 0,52 | 1,22 | 1,76 | 0,1 | 20,56 | 741 | 2656 |
| S6 | 19,56 | 8,23 | 9,1 | 18,78 | 1168,22 | 0,07 | 0,02 | 0,56 | 1,32 | 1,89 | 0,07 | 20,3 | 617 | 2541 |
| S7 | 21,26 | 8,11 | 8,01 | 14,41 | 1078,66 | 0,16 | 0,04 | 0,9 | 1,11 | 2,06 | 0,11 | 19,56 | 2267 | 6437 |
| S8 | 21,44 | 8,05 | 7,89 | 19,79 | 7053,68 | 0,2 | 0,12 | 0,62 | 1,24 | 1,97 | 0,12 | 31,82 | 937 | 4779 |
| S9 | 22,11 | 8,06 | 7,65 | 35,02 | 16007,27 | 0,27 | 0,06 | 1,08 | 1,89 | 3,03 | 0,27 | 37,75 | 2980 | 10940 |
| S10 | 21,49 | 8,08 | 7,31 | 23,69 | 3947,69 | 0,72 | 0,16 | 0,73 | 2,17 | 3,06 | 0,23 | 28,43 | 6165 | 27970 |

Acısu Deresi (S1-S2-S3-S4 istasyonları); Çözünmüş Oksijen değerlerinin 7,3 – 7,92 (mg/L) aralığında II. Sınıf, Elektriksel İletkenlik değerlerinin 2935 – 7888 (µS/cm) aralığında III. Sınıf, Amonyum Azot değerinin 0,22 – 0,31 (mg/L) II. Sınıf, Nitrat Azotu değerinin 1,12 – 1,37 (mg/L) I. Sınıf, Toplam Kjeldahl Azotu değerinin 1,57 – 2,52 (mg/L) III.Sınıf, Toplam Azot değeri 2,99 – 3,07 (mg/L) I. Sınıf, sadece S3 istasyonunda 3,7 (mg/L) II. Sınıf, Toplam Fosfor değerinin S1 – S4 istasyonlarında 0,19 – 0,2 (mg/L) II. Sınıf, S2 – S3 istasyonlarında 0,22 – 0,23 (mg/L) III. Sınıf, KOİ değerinin 29,85 – 37,76 (mg/L) II. Sınıf, S4 istasyonunda 20,71 (mg/L) I.Sınıf olduğu belirlenmiştir. Genel olarak Acısu Deresi 15 yıllık periyotta nütrient (azot, fosfor) parametreleri açısından düşük kaliteye sahip olup, III. Sınıf kalite özelliği göstermektedir.

Köprüçay Deresi (S5-S6 istasyonları); Çözünmüş Oksijen değerlerinin 9,1 – 9,4 (mg/L) aralığında I. Sınıf, Elektriksel İletkenlik değerlerinin S5 istasyonunda 435 (µS/cm) II. Sınıf, S6 istasyonunda 1138 (µS/cm) III.Sınıf, Amonyum Azot değerinin 0,07 – 0,08 (mg/L) I. Sınıf, Nitrat Azotu değerinin 0,52 – 0,56 (mg/L) I. Sınıf, Toplam Kjeldahl Azotu değerinin 1,22 – 1,32 (mg/L) II.Sınıf, Toplam Azot değeri 1,76 – 1,79 (mg/L) I. Sınıf, Toplam Fosfor değerinin S5 istasyonunda 0,1 (mg/L) II. Sınıf, S6 istasyonunda 0,07 (mg/L) I. Sınıf, KOİ değerinin 20,3 – 20,56 (mg/L) I. Sınıf olduğu belirlenmiştir. Köprüçay Deresi’de 15 yıllık periyotta nütrient (azot, fosfor) parametreleri açısından düşük kaliteye sahip olup, II. Sınıf kalite özelliği göstermektedir.

Sarısu Deresi’ndeki S7-S8 istasyonlarında; Çözünmüş Oksijen değerlerinin S7 istasyonunda 8,01 (mg/L) I. Sınıf, S8 istasyonunda 7,89 (mg/L) II.Sınıf, Elektriksel İletkenlik değerlerinin 1078 – 7053 (µS/cm) III. Sınıf, Amonyum Azot değerinin S7 istasyonunda 0,16 (mg/L) I.Sınıf, S8

istasyonunda 0,20 (mg/L) II. Sınıf, Nitrat Azotu değerinin 0,62 – 0,9 (mg/L) I. Sınıf, Toplam Kjeldahl Azotu değerinin 1,11 – 1,24 (mg/L) II.Sınıf, Toplam Azot değeri 1,97 – 2,06 (mg/L) I. Sınıf, Toplam Fosfor değerinin 0,11 – 0,12 (mg/L) II. Sınıf, KOİ değerinin S7 istasyonunda 19,56 (mg/L) I. Sınıf, S8 istasyonunda 31,82 (mg/L) II. Sınıf olduğu belirlenmiştir

Kömürcüler Deresi'ndeki S9 istasyonunda; Çözünmüş Oksijen değeri 7,65 (mg/L) II. Sınıf, Elektriksel İletkenlik değerleri 16007 (μ S/cm) III. Sınıf, Amonyum Azot değeri 0,27 (mg/L) II.Sınıf, Nitrat Azotu değeri 1,08 (mg/L) I. Sınıf, Toplam Kjeldahl Azotu değeri 1,89 (mg/L) III.Sınıf, Toplam Azot değeri 3,03 (mg/L) I. Sınıf, Toplam Fosfor değeri 0,27 (mg/L) III. Sınıf, KOİ değerinin 37,75 (mg/L) II. Sınıf olduğu belirlenmiştir

Ilıca Deresi'ndeki S10 istasyonunda; Çözünmüş Oksijen değeri 7,31 (mg/L) II. Sınıf, Elektriksel İletkenlik değerleri 3947 (μ S/cm) III. Sınıf, Amonyum Azot değeri 0,72 (mg/L) II.Sınıf, Nitrat Azotu değeri 0,73 (mg/L) I. Sınıf, Toplam Kjeldahl Azotu değeri 2,17 (mg/L) III.Sınıf, Toplam Azot değeri 3,06 (mg/L) I. Sınıf, Toplam Fosfor değeri 0,23 (mg/L) III. Sınıf, KOİ değerinin 28,43 (mg/L) II. Sınıf olduğu belirlenmiştir

Bölgedeki akarsuların 15 yıllık su kalitesi verilerine göre su kaynaklarında organik madde ve nütrient (N, P) açısından kalite değişimlerinin II. ve III. Sınıf özellik gösterdiği anlaşılmaktadır. Özellikle TP değerlerinin bütün akarsu istasyonlarında yüksek olması dikkat çekicidir. Fosfatlar yüzeysel veya yeraltı sularında, minerallerden veya madenlerden doğal parçalanma süreçlerinin sonucu olarak, tarımdan dönen suların endüstriyel ve evsel atıkların su kaynaklarına katılmasının sonucu olarak bulunurlar. Genellikle yüzeysel sularda fosfat değişimleri bitkiler tarafından kullanılarak fotosentez ile hücre yapısına alındıklarından yüksek değildir. Ancak, akarsu istasyonlarında ölçülen TP miktarlarının (0,1-0,27 mg/L) yüksek olması ortamda doğal döngüde kullanılacak miktardan daha fazla fosforun ortamda mevcut olduğunu göstermektedir. Özellikle bölgedeki tarımsal faaliyetler ve atıksu arıtma tesislerinin verimleri göz önüne alındığında söz konusu akarsuların yoğun gübre kullanımı ve ileri atıksu arıtımına sahip olmayan ve/veya kontrolsüz evsel atıksu değarjları ile kirlendiği düşünölmektedir.

3.2. Kümeleme Analizi

Belek ÖÇKB dahilinde numune istasyonlarının su kalitesinin sınıflandırma ve değerlendirilme çalışmalarının uygulanması için SPSS 26 programı ile "Hierarchical Clustering" (Hiyerarşik Kümeleme) Analizi yapılmıştır. Kümeleme (Cluster) metodu olarak "Between-groups linkage" mesafe ölçümü için ise "Euclidean Kare" yöntemi kullanılmıştır.

SPSS 26 programı yardımıyla ve 14 değişken verisi üzerinden gerçekleştirilen analiz sonuçları doğrultusunda hiyerarşik kümeleme metoduna göre istatistiksel olarak anlamlı üç küme tespit edilmiştir. I. Küme; Acısu Deresi (S1), Köprüçay Deresi (S5-S6) ve Sarısu Deresi (S7-S8), II. Küme;

Acısu Deresi'nin Denize Dökülmeden Öncesi (S4) ve Kömürcüler Deresi (S9), III. Küme; Acısu Deresi'nin Boğazkent Atıksu Arıtma Tesisi önce ve sonrası (S2-S3) ve Ilıca Deresi (S10) olarak belirlenmiştir.

Kümeleme analizi sonuçları; tarımsal ve turizm faaliyetleri, arazi kullanımları, arıtma tesisleri vb. baskılar doğrultusunda değerlendirilmiştir (Shresta ve Kazama, 2007; Muangthong ve Shresta, 2015).

Acısu Deresi için S1-S2-S3 lokasyonlarında yerleşim yeri, turizm tesisleri ve tarım alanları baskıları bulunmaktadır. S2-S3 noktalarında ilave olarak Boğazkent atıksu arıtma tesisi deşarj noktası üzerinde olduğundan baskı altında yer almaktadır. Koliform değerlerinin diğer istasyonlara göre yüksek olmasının kontrolsüz insan faaliyetleri sonucu alıcı ortama deşarj olan veya yüzeysel akış sonucu alıcı ortama gelen kirleticilerden kaynaklı olduğu öngörülmektedir. Ancak Acısu Deresi'nin denize dökülmeden önceki noktası olan S4 istasyonunda su kalitesinin oldukça iyi seviyede denize ulaştığı anlaşılmaktadır.

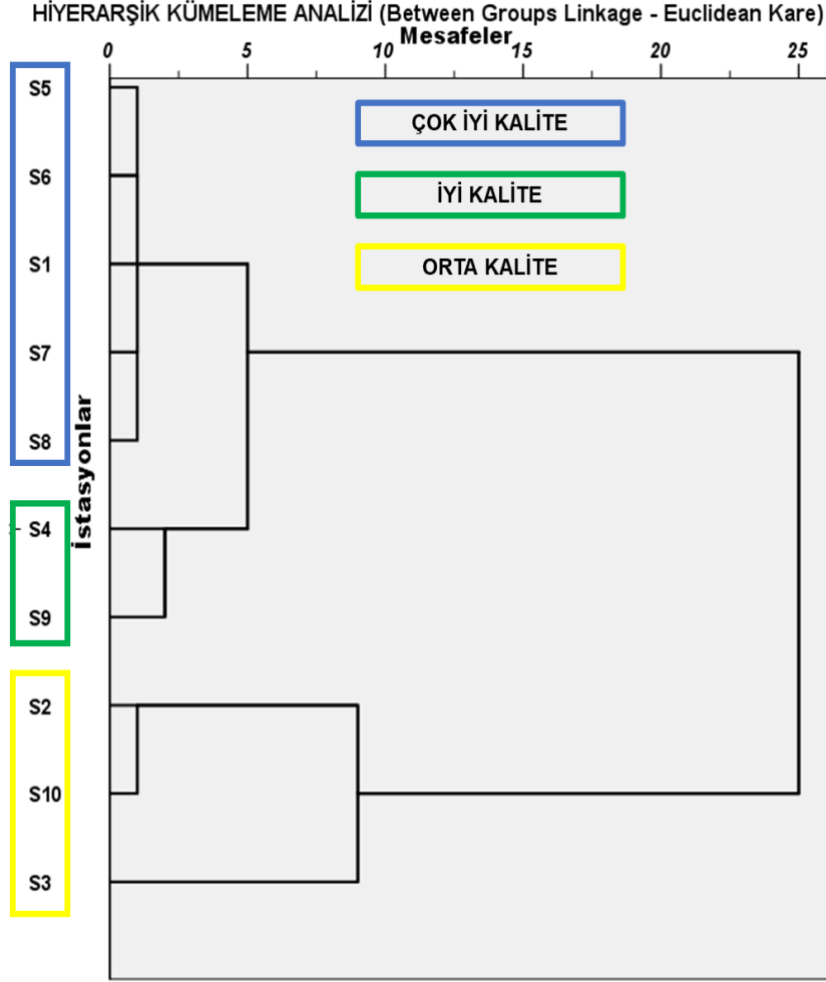
Köprüçay Deresi'ndeki S5-S6 lokasyonlarında yerleşim yerleri, tarım alanları ve turizm tesisleri gibi baskılar bulunmakla birlikte çok yoğun durumda tesis bulunmamaktadır. Bu lokasyonlarda su kalitesinin oldukça iyi seviyede olduğu anlaşılmaktadır.

Sarısu Deresi'ndeki S7-S8 istasyonlarında tarım ve sera alanları, yerleşim yeri gibi baskılar bulunmakla birlikte çok yoğun kirlilik yükü bulunmamaktadır. Ancak az miktar da olsa Koliform değerlerinin yüksek çıkmasında kontrolsüz insan faaliyetleri sonucu alıcı ortama deşarj olan veya yüzeysel akış sonucu alıcı ortama gelen kirleticilerden kaynaklı olduğu öngörülmektedir.

Kömürcüler Deresi'ndeki S-9 civarında turizm tesisleri, yerleşim yeri ve tarımsal alanlar gibi baskılar bulunmaktadır. Ilıca Deresi civarında ise; yerleşim yeri ve turizm tesisi gibi baskılar bulunmaktadır. Dere etrafında yoğun şekilde turizm tesisi ve yerleşim noktası vardır. Bu iki derenin koliform, fosfor ve azot değerleri diğer üç dereye nazaran daha yüksek olmuştur. Koliform değerlerinin diğer istasyonlara göre yüksek olmasının kontrolsüz insan faaliyetleri sonucu alıcı ortama deşarj olan veya yüzeysel akış sonucu alıcı ortama gelen kirleticilerden kaynaklı olduğu öngörülmektedir. Ayrıca fosfor değeri de sınır değerlerin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Yerüstü sularında meydana gelen fosfor kirliliğinin majör kaynağı tarım faaliyetleri ve evsel faaliyetler sonucu meydana gelen kirleticilerdir. Alıcı ortama nokta bazlı deşarjların etkisinin olduğu tahmin edilmektedir (Wu, 2005; Álvarez-Rogel ve ark., 2006). Azot değeri yerüstü sularda organik kirliliğin belirteçidir. Bu nedenden dolayı azot değerlerinin yüksek görüldüğü S9 ve S10 istasyonları için organik kirlilik oranının yüksek olduğu ifade edilebilir (Yang ve ark., 2007).

Yerüstü Su Kalitesi sınıflandırma sonucu ve Hiyerarşik Kümeleme Analiz sonuçlarının benzerlik gösterdiği durumu göz önüne alındığında I. Kümede yer alan S1-S5-S6-S7-S8 istasyonlarının "Çok İyi Kalite", II. Kümede yer alan S4-S9 istasyonlarının "İyi Kalite", III. Kümede

yer alan S2-S3-S10 istasyonlarının ise “Orta Kalite” olarak sınıflandırılabilceği hususu her iki analiz sonucunda da ortaya koyulmuştur. Hiyerarşik Kümeleme Analizi dendogram gösterimi Şekil 4’de ifade edilmiştir.

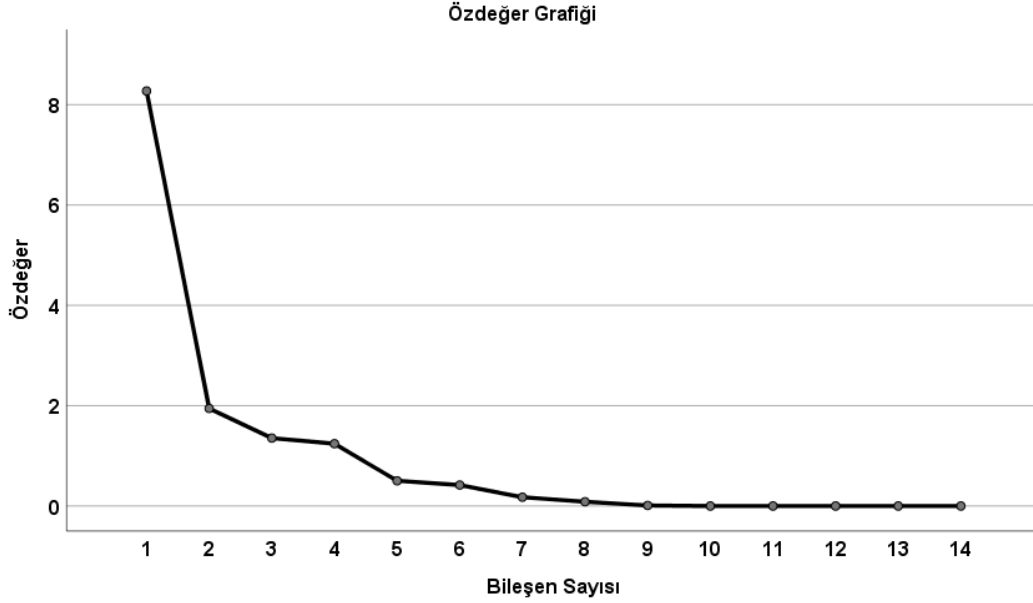


Şekil 4. Hiyerarşik Kümeleme Analizi dendogram gösterimi.

Şekil 4’den de anlaşıldığı gibi, kümeleme analizi sonucunda elde edilen verilerin su kalitesinin sınıflandırılmasında, veri setlerinde benzerlik olup olmadığını ifade edilmesinde kullanılabileceği görülmüştür (Pejman ve ark., 2009; Muangthong ve Shrestha, 2015; Monica ve Choi, 2016).

3.3. Temel Bileşenler Analizi

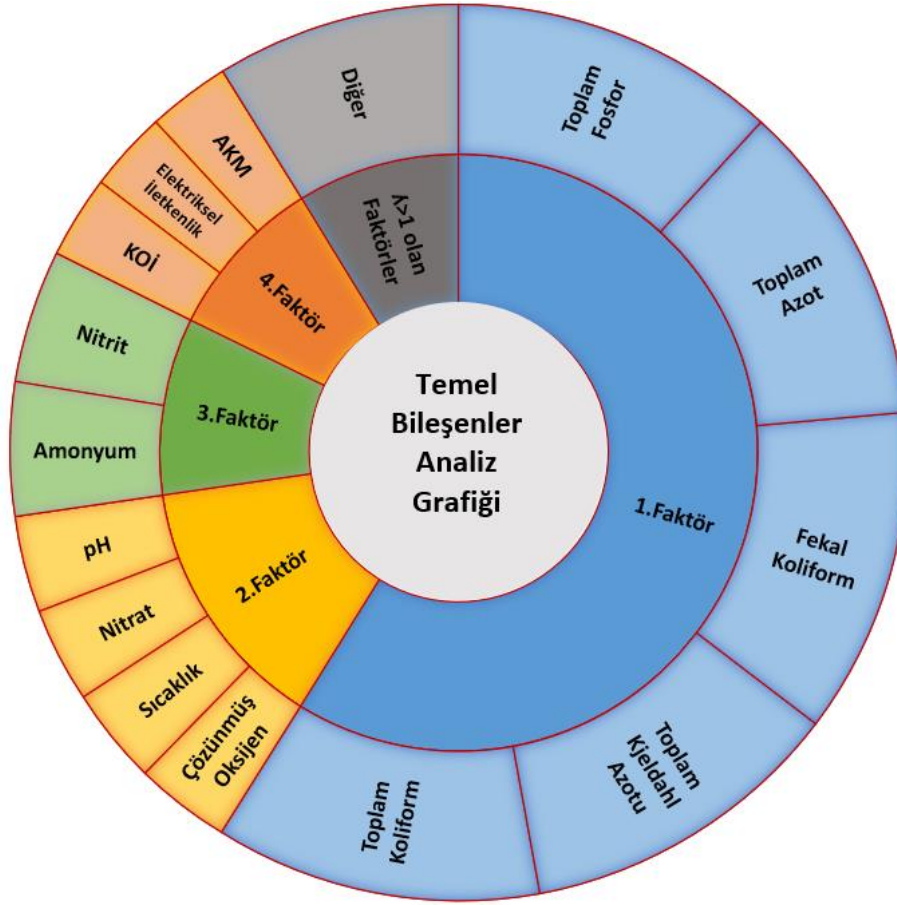
Su kalitesini değerlendirmek amacıyla temel bileşenler analizi sıklıkla kullanılmaktadır (Dalal ve ark., 2010; Ji ve ark., 2016). Su kalitesini etkileyen parametre gruplarını tanımlamak için 14 değişken verisi ile SPSS 26 programı üzerinde temel bileşenler analizi gerçekleştirilmiştir (Costa ve ark., 2020). Temel bileşenlerin özdeğerlerinin gösterim grafiği (scree plot) Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. Bileşenlerin özdeğer gösterimi

Ölçeğin kaç faktör olduğunu ve hangi parametrelerin hangi faktör düzeyinde olduklarını göstermek için Döndürülmüş Bileşen Matrisi (Rotated Component Matrix) uygulanmıştır. Temel Bileşenler Analizine göre özdeğeri 1'den büyük olan bileşenler seçilmiştir (Costa ve ark., 2020). Verilerin indirgenmesi ve ilişkili değişkenlerin ilişkisi olmayan ve daha az boyutlu yeni faktörlerin üretilmesi temel bileşenler analizinin iki temel amacıdır (Dalkıran ve ark., 2020). Analiz sonuçlarına göre, özdeğeri 1'den büyük dört faktör olduğu tespit edilmiştir.

Temel bileşenler analizinin özet gösterim grafiği (güneş ışığı şeklinde) Şekil 6'da, çalışmadan elde edilen tahminlenmiş ve döndürülmüş faktörlerin özdeğerleri, toplam ve kümülatif varyans sonuçlarının gösterimi Tablo 3'de ifade edilmiştir. İlk faktör (özdeğeri 8,272) varyansın % 59,088'ini açıklarken, ikinci faktör (özdeğeri 1,944) varyansın % 13,886'ini, üçüncü faktör (özdeğeri 1,353) varyansın % 9,663'ünü, dördüncü faktör (özdeğeri 1,241) varyansın % 8,865 olarak açıklamaktadır. Diğer ifade ile sadece birinci Faktör %59, ilk iki faktör %73, ilk üç faktör %83 ve özdeğeri 1'den büyük dört faktör toplam varyansın %91,5'ini açıklayabildiği tespit edilmiştir. Diğer olarak ifade edilen kısım ise özdeğeri (λ) 1'den küçük olan dolayısıyla analiz sonuçlarını yorumlarken dikkate alınmayan faktörlerdir. Varyans değerlerine bakıldığında, ilk faktörün diğer faktörlere göre oldukça baskın özellikler taşıdığı görülmektedir.



Şekil 6. Temel bileşenlerin özet gösterimi

Tablo 3. Toplam varyans açıklaması

| TOPLAM VARYANS | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------|-----------|-------------|---|-----------|-------------|---|-----------|-------------|
| Faktör | Başlangıç Özdeğerler | | | Yüklenen Faktörlerin Karelerinin Dağılımı | | | Döndürülen Faktörlerin Karelerinin Dağılımı | | |
| | Toplam | % Varyans | Kümülatif % | Toplam | % Varyans | Kümülatif % | Toplam | % Varyans | Kümülatif % |
| 1 | 8,272 | 59,088 | 59,088 | 8,272 | 59,088 | 59,088 | 4,422 | 31,585 | 31,585 |
| 2 | 1,944 | 13,886 | 72,974 | 1,944 | 13,886 | 72,974 | 3,294 | 23,531 | 55,116 |
| 3 | 1,353 | 9,663 | 82,637 | 1,353 | 9,663 | 82,637 | 2,586 | 18,469 | 73,585 |
| 4 | 1,241 | 8,865 | 91,502 | 1,241 | 8,865 | 91,502 | 2,508 | 17,917 | 91,502 |

Temel Bileşenler Analiz Metodu (Principal Component Analysis).

Temel bileşen verilerine “Varimax with Kaiser Normalization” döndürme metodu uygulanmıştır. 4 farklı faktörde değişkenlerin hangi faktörle ilişki içerisinde olduğunun gösterimi sağlanmıştır. Analizi sonucunda oluşan kümedeki varyans faktör yükleri ve varyans faktörlerinin toplam varyans içindeki etkisi Tablo 4’de ifade edilmiştir.

Tablo 4. Döndürülmüş Bileşen Matrisi

| Döndürülmüş Bileşen Matrisi | | | | |
|--|--------------|-------------|-------------|---------|
| Değişkenler | Faktör | | | |
| | % 59,088 | % 13,886 | % 9,663 | % 8,865 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Toplam Koliform | ,926 | | | |
| Toplam Kjehldal Azotu | ,880 | | | |
| Fekal Koliform | ,836 | | | |
| Toplam Azot | ,790 | | | |
| Toplam Fosfor | ,637 | | | |
| pH | -,841 | | | |
| Nitrat | ,826 | | | |
| Sıcaklık | ,700 | | | |
| Çözünmüş Oksijen | -,675 | | | |
| Nitrit | | ,907 | | |
| Amonyum | | ,796 | | |
| AKM | | | ,966 | |
| Elektriksel İletkenlik | | | ,811 | |
| KOİ | | | ,587 | |
| Temel Bileşenler Analiz Metodu (Principal Component Analysis). Döndürme Metodu: Varimax with Kaiser Normalization. | | | | |

Faktör sayılarına ve varyans açıklamalarına bakıldığında sadece birinci faktörün toplam bazda %59,088'ini açıkladığı görülmektedir. 0,75'den büyük olan faktör yükü güçlü, 0,50 – 0,75 arası faktör yükü orta, 0,5'den küçük olan faktör yükü ise zayıf olacak şekilde kategorize edilmiştir (Liu ve ark., 2003).

I. Faktörde; Toplam Koliform pozitif güçlü, Toplam Kjehldal Azotu pozitif güçlü, Fekal Koliform pozitif güçlü, Toplam Azot pozitif güçlü ve Toplam Fosfor orta güçlü yük değeri bulunmaktadır.

II. Faktörde; pH negatif güçlü, Nitrat pozitif güçlü, Sıcaklık orta güçlü ve Çözünmüş Oksijen negatif orta güçlü yük değeri bulunmaktadır.

III. Faktörde; Nitrit pozitif güçlü ve Amonyum pozitif güçlü yük değeri bulunmaktadır.

IV. Faktörde; AKM pozitif güçlü ve Elektriksel İletkenlik pozitif güçlü, KOİ orta güçlü yük değeri bulunmaktadır.

Döndürülmüş bileşen matrisine göre, Belek ÖÇKB'ndeki akarsuların kalite değişimlerini izlemede ve kirletici kaynaklarını yorumlamada TKN, TP, TN, Toplam ve Fekal Koliform öncelikli parametreler olarak görülmektedir. Aynı zamanda sudaki azot modifikasyonları nitrit, nitrat ve amonyum değişimleri de su kalitesini izlemede yardımcı parametreler olarak belirlenmiştir. Bölgedeki 15 yıllık analiz verisine göre akarsuların kalite sınıflarını belirleyen başlıca parametreler TN ve TP olurken, istatistiksel olarak belirlenen başlıca kalite parametreleri de aynı sonuçları desteklemiştir.

Konu ile ilgili literatür incelendiğinde; (2020) Ewaid ve ark. tarafından yapılan çalışmada, Irak'da yer alan bazı derelerin içme suyu olarak kullanılabilmesi amacı ile temel bileşenler analiz tekniği uygulanmış, neticesinde 16 değişken parametresi için üç temel bileşen tespit edilmiş, en önemli parametrelerin ise, toplam çözünmüş katı madde, çözünmüş oksijen, KOİ, sertlik, klorür ve toplam koliform olduğu tespit edilmiştir. (2020) Nguyen tarafından gerçekleştirilen araştırmada ise, Vietnam'daki Hau Nehri üzerinde yer alan sekiz istasyondan toplanan su kalitesi izleme verilerinin değerlendirilebilmesi için temel bileşenler analizi uygulanmış ve en etkili kirleticilerin askıda katı madde, nitrat, fosfat ve toplam koliform parametreleri olduğu görülmüştür. Bu iki çalışmanın yaptığımız makale çalışması ile toplam koliform parametresi açısından benzerlik gösterdiği görülmektedir. (2022) Cho ve ark. tarafından yapılan çalışmada, Güney Kore'deki Imjin Nehri yüzey suyu kalitesinin araştırılması için yedi istasyonda 12 değişken parametreye temel bileşenler analizi uygulanmış ve su kalitesini etkileyen en önemli parametrelerin sıcaklık, elektriksel iletkenlik, BOİ, KOİ, toplam azot, toplam fosfor ve amonyum azotu olduğu tespit edilmiştir. Bahsedilen makalenin de, toplam azot ve toplam fosfor parametrelerine önem atfetmesi açısından yapmış olduğumuz çalışma ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Ayrıca bu çalışmada kümeleme analizi de gerçekleştirilmiş temel kirleticilerin evsel atıksular, endüstriyel atıksular ve tarımsal faaliyetler olduğu belirlenmiş olup bu açılardan da yaptığımız çalışma ile sonuçların benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Deneysel ve çok değişkenli istatistiksel yaklaşımların kullanıldığı bu çalışmada, bir izleme çalışmasıyla, ülkemizde yer alan ÖÇKB'lerinde yer alan akarsuların, civarında bulunan antropojenik etkiler ile birlikte su kalitesi durumunun incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çerçevede Ülkemizin en hassas bölgelerinden olan Belek ÖÇKB dahilindeki beş akarsuyun 2005 – 2020 dönemi uzun dönem su kalitesi verileri ile Yerüstü Su Kalitesi çerçevesinde kalite sınıfları belirlenmiş, akarsuların kirlilik kaynaklarının belirlenmesi için temel bileşenler analizi uygulanmış ve benzerlik gösteren izleme istasyonlarının gruplara ayrılması için hiyerarşik kümeleme analiz metodu uygulanmıştır.

Yerüstü Su Kalitesine göre yapılan kalite sınıflandırması ve Hiyerarşik Kümeleme Analizine göre oluşan kümeler neticesinde genel su kalitesi; Acısu Deresi II. Sınıf (İyi Kalite), Köprüçay Deresi I. Sınıf (Çok İyi Kalite), Sarısu Deresi I. Sınıf (Çok İyi Kalite), Kömürcüler Deresi II. Sınıf (İyi Kalite) ve Ilica Deresi III. Sınıf (Orta Kalite) olarak belirlenmiştir. Akarsu verileri karşılaştırıldığında ise fiziko-kimyasal parametreler açısından her bir akarsuyun kendi içinde benzer özellikler gösterdiği ve akarsu yolu boyunca su kalitesinde büyük farklılık görülmediği ancak yerleşim yerlerinin ve turizm tesislerinin yoğun bulunduğu istasyon noktalarında koliform parametre değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Temel Bileşenler Analizinden elde edilen sonuçlar, su kalitesini etkileyen parametrelerin temeline bakıldığında organik kirlilik (evsel atıklar), tarımsal akışla gelen nütrientler ile ilgili olduğunu göstermektedir. Gerçekleştirilen arazi çalışmaları neticesinde, bölgede en baskın kirletici antropojen kaynaklar, turizm tesisleri ve tarımsal faaliyetler olarak belirlenmiştir. Özellikle Acısu Deresi'nde bu kaynaklara ek olarak balıkçılık faaliyetlerinin de su kaynakları üzerinde önemli bir baskısı olduğu görülmüştür. Böylece hem yapılan çok değişkenli istatistiksel yöntemlerin hem de saha gözlemlerinin örtüştüğü belirlenmiştir. Evsel kaynaklı kirleticilerin kontrol altına alınabilmesi için tüm kirletici unsurların atıksu altyapısına bağlı olması gerekmektedir. Tarımsal kaynaklı kirleticiler için ise, tarım faaliyetlerindeki gübre kullanımları kontrol edilmeli ayrıca modern sulama teknikleri de uygulanmalıdır. Belek ÖÇKB dahilinde yer alan tüm akarsuların su kalitesinin düzenli ve sürekli olarak izlenmesi önem taşımaktadır. Genel manada iyi su kalitesinde olan Belek ÖÇKB'nin ilerleyen dönemde artması muhtemel nüfus ve turizm baskısı ile karşı karşıya kalması kaçınılmaz olduğundan kirlenmeye neden olan unsurların yetkili idareler tarafından alınacak ilave tedbirler sonucunda, daha iyi su kalitesi durumuna ulaşması gerektiği öngörülmektedir.

Su kalitesi izleme süreci uzun sürmesi, izleme istasyonlarının ve değişkenlerin fazla olması sebebiyle bu sayıları en aza indirip, toplanan verilerin en verimli şekilde kullanıp su kalitesinin korunması amacıyla iyi tasarlanan su kalitesi izleme planı kullanılmalıdır. Özellikle bu çalışma sonucunda belirlenen öncelikli izlenmesi gereken parametreler TKN, TP, TN, Toplam Koliform ve Fekal Koliform olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar ışığında, farklı izleme istasyonlarından elde edilen su kalitesi verilerine çok değişkenli istatistiksel metotların uygulanmasının, akarsuların su kalitesi değişimlerini gösteren izleme parametrelerinin seçiminde faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen "Özel Çevre Koruma Bölgelerinde Su Kalitesinin ve Atıksu Arıtma Tesislerinin Verimliliğinin İzlenmesi Projesi" kapsamında elde edilmiştir. Verilerin temin edildiği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na teşekkürler.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Akin, B., and Kirmizigul, O. (2007). Heavy metal contamination in surface sediments of Gokçekaya Dam Lake, Eskişehir, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, (76):402.
- Akin, B., Atici, T., Katircioglu, H., and Keskin, F. (2011). Investigation of water quality on Gokcekaya dam lake using multivariate statistical analysis, in Eskişehir, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, (63):1251–1261.
- Alam, A., and Singh, A. (2023). Groundwater quality assessment using SPSS based on multivariate statistics and water quality index of Gaya, Bihar (India). *Environmental Monitoring and Assessment*, (195): 687.
- Altunyüzük, A.İ. (2022). *Coğrafi Özellikleri Yönüyle Belek'te (Antalya) Kongre Turizmi*. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Bursa.
- Álvarez-Rogel, J.O., Jiménez-Cárceles, F.J., and Nicolás, C.E. (2006). Phosphorus and nitrogen content in the water of a coastal wetland in the Mar Menor lagoon: relationships with effluents from urban and agricultural areas. *Water Air and Soil Pollution*, 173(1-4): 21-38.
- Arıman, S., and Koyuncu, S. (2019). Su Kirliliği Açısından Hassas Alanların İzlenmesi: Kızılırmak Deltası-Balık Gölü. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 7(4), 705 – 714.
- Arslan, O. (2008). Su Kalitesi verilerinin CBS ile Çok Değişkenli İstatistik Analizi. *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, (2):99.
- Aydın Uncumusaoğlu, A., and Mutlu, E. (2021). Water Quality Assessment in Karaboğaz Stream Basin (Turkey) from a Multi-Statistical Perspective. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(5), 4747-4759.
- Bakır, S. (2019). *Türkiye'de Küreselleşme Süreci ve Korunan Alanlar Üzerine Etkisi: Datça Bozburun Özel Çevre Koruma Bölgesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı – Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, (2021). *Çevresel Göstergeler (2020)*: 77, 155-156.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, (2021), *Türkiye Çevre Durum Raporu*, (6):228.
- Chawishborwornwong, C., Luanwuthi, S., Umpuch C., and Puchongkawarin, C. (2024). Bootstrap approach for quantifying the uncertainty in modeling of the water quality index using principal component analysis and artificial intelligence. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 23(1):17-33.
- Cho, Y-C., Choi, H., Lee, M-G., Kim, S-H., and Im, J-K. (2022). Identification and Apportionment of Potential Pollution Sources Using Multivariate Statistical Techniques and APCS-MLR Model to Assess Surface Water Quality in Imjin River Watershed, South Korea. *Water*, 14(5):793.
- Dalal, S.G., Shirodkar, P.V., Jagtap, T.G., Naik, B.G., and Rao, G.S. (2010). Evaluation of significant sources influencing the variation of water quality of Kandla Creek, Gulf of Katchchh, using PCA. *Environmental Monitoring and Assessment*, (16): 49–56.
- Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Taş, D., Karabayırlı, G., Atak, S., Koşucu, T.N.A., Coşkun, F., ve Akay, E. (2020). Mustafakemalpaşa Çayı'nın (Bursa) Su Kalitesinin Faktör Analizi Kullanılarak Değerlendirilmesi, *Acta Aquatica Turcica*, 16(1), 124-137.
- de Andrade Costa, D., Soares de Azevedo, J.P., dos Santos, M.A., and dos Santos Facchetti Vinhaes Assumpção, R. (2020). Water quality assessment based on multivariate statistics and water quality index of a strategic river in the Brazilian Atlantic Forest. *Scientific Reports*, 10.

- Egbueri, J.C. (2022). Incorporation of information entropy theory, artificial neural network, and soft computing models in the development of integrated industrial water quality index. *Environmental Monitoring and Assessment*, (194): 693.
- Einax, J.W., Zwanziger, H.W., and Geiss, S. (1997). *Chemometrics in Environmental Analysis*. Winheim: Wiley ISBN: 3-527-28772-8.
- Ewaid, S.H., Abed, S.A., Al-Ansari, N., and Salih, R.M. (2020). Development and Evaluation of a Water Quality Index for the Iraqi Rivers, *Hydrology*, 7(3): 67.
- Fan, X., Cui, B., Zhao, H., Zhang, Z., and Zhang, H. (2010). Assessment of river water quality in Pearl River Delta using multivariate statistical techniques. *Procedia Environmental Sciences*, (2): 1220-1234.
- Gad, M., Saleh, A.H., Hussein, H., Farouk, H., and Elsayed, S. (2022). Appraisal of surface water quality of Nile river using water quality indices, spectral signature and multivariate modeling. *Water*, 14(7): 1131.
- Gare, A. (2017). From Sustainable Development to Ecological Civilization: Winning the War for Survival. Cosmos and History. *The Journal of Natural and Social Philosophy*, 13(3), 130-153.
- Haghnazar, H., Hudson-Edwards, K.A., Kumar, V., Pourakbar, M., Mahdavianpour, M., and Aghayani, E. (2021). Potentially toxic elements contamination in surface sediment and indigenous aquatic macrophytes of the Bahmanshir River, Iran: Appraisal of phytoremediation capability. *Chemosphere*, 285.
- Ibrahim, A., Ismail, A., Juahir, H., Iliyasu, A.B., Wailare, B.T., Mukhtar, M., and Aminu, H. (2023). Water quality modelling using principal component analysis and artificial neural network. *Marine Pollution Bulletin*, (187):114493.
- Ji, X., Dahlgren, R.A., and Zhang, M. (2016). Comparison of seven water quality assessment methods for the characterization and management of highly impaired river systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(15).
- Kalaycı, Ş. (2016). *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, 7. Baskı. Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kazi, T.G., Arain, M.B., Jamali, M.K., Jalbani, N., Afridi, H.I., Sarfraz, R.A., Baig, J.A., and Shah, A.Q. (2009). Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: a case study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, (72): 301–309.
- Kılıç, E. (2017), *Asi Havzasındaki Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatiksel Yöntemler Kullanılarak Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Kim, J.O., and Mueller, C.W. (1987). *Introduction to factor analysis: What it is and how to do it*. Quantitative applications in the social sciences series, Newbury Park: Sage University Press.
- Köse, E., Tokatlı, C., and Çiçek, A. (2014). Monitoring stream water quality: a statistical evaluation. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(5):1637–1647.
- Köse, E., Emiroğlu, Ö., Çiçek, A., Tokatlı, C., Başkurt, S., and Aksu, S. (2018). Sediment quality assessment in Porsuk Stream Basin (Turkey) from a multi-statistical perspective. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(2): 747–752.
- Kowalkowski, T., Zbytniewski, R., Szpejna, J., and Buszewski, B. (2006). Application of Chemometrics in River Water Classification. *Water Research*, (40):744-752.
- Kwon, H.G., and Jo, C.D. (2023). Water quality assessment of the Nam River, Korea, using multivariate statistical analysis and WQI. *International Journal of Environmental Science and Technology*, (20): 2487–2502.
- Lattin, J., Carroll, D., and Green, P. (2003). *Analyzing Multivariate Data*. New York: Duxbury.
- Liu, C.W., Lin, K.H., and Kuo, Y.M. (2003). Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *Science of the Total Environment*, 313(1): 77-89.
- Mahloch, J.L.E. (1974). Multivariate Techniques for Water Quality Analysis. *Journal of The Environmental Engineering Division*, (100):1119-1132.
- Mancini, L., Formichetti, P., Anselmo, A., Tancion, L., Marchini, S., and Sorace, A. (2005). Biological quality of running waters in protected areas: the influence of size and land use. *Biodiversity and Conservation*, (14): 351–364.
- McKenna, J.E. (2003). An enhanced cluster analysis program with bootstrap significance testing for ecological community analysis. *Environmental Modelling and Software*, 18(3): 205-220.
- Monica, N., and Choi, K. (2016). Temporal and spatial analysis of water quality in Saemangeum watershed using multivariate statistical techniques. *Paddy and Water Environment*, 14(1): 3-17.

- Muangthong, S., and Shrestha, S. (2015). Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: case study of the Nampong River and Songkhram River, Thailand. *Environmental monitoring and assessment*, 187(9): 1-12.
- Mutlu, E., and Aydın Uncumusaoğlu, A. (2022). Assessment of spatial and temporal water pollution patterns in Aydos River Turkey by using water quality index and multivariate statistical methods. *Desalination and Water Treatment*, (246): 196–211.
- Nguyen, T.G. (2020). Evaluating Current Water Quality Monitoring System on Hau River, Mekong Delta, Vietnam Using Multivariate Statistical Techniques. *Applied Environmental Research*, 42(1):2.
- Oke, A.O., and Sangodoyin, A.Y. (2015). Evaluation of surface water quality characteristics in Ogun watershed of south western Nigeria using principal component analysis. *Journal of Science and Technology* (Ghana), 35(1): 89-101.
- Otto, M. (1998). *Multivariate methods*. In: Kellner, R., Mermet, J. M., Otto, M., and Widmer, H.M. (Eds.), Analytical chemistry. Weinheim: Wiley-VCH.
- Özdamar, K. (1999). *Paket Programlar ile İstatiksel Veri Analizi-2*. İkinci Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir.
- Pan, J. (2015). Ecological Civilization: A New Development Paradigm. *China Economist*, 10(4), 44.
- Pejman, A.H., Bidhendi, G.N., Karbassi, A.R., Mehrdadi, N., and Bidhendi, M.E. (2009). Evaluation of spatial and seasonal variations in surface water quality using multivariate statistical techniques. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 6(3): 467-476.
- Prendergast, J.R., Quinn, R.M., Lawton, J.H., Eversham, B.C., and Gibbons, D.W. (1993). Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature*, (365): 335–337.
- Pressey, R.L., Humphries, C.J., Margules, C.R., Vane-Wright, R.I., and Williams, P.H. (1993). Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution*, (8):124–128.
- Reena, M.V., Amalraj, A., Ajitha, R., and Louis, C.N. (2022). Cluster analysis of water quality parameters of water samples from Colachel to Melmidalam in Kanyakumari district. *International Journal of Science and Research Archive*, 7(2), 269–285.
- Santos, R.D.M., Warner, G.S., and Scateno, F. (2003). Multivariate Analysis of Water Quality and Physical Characteristics of Selected Watershed in Puerto Rico. *Journal of The American Water Resources Association*, 39(4):329-839.
- Schmitt, E.A. (2016). *The Atmosphere of an Ecological Civilization: A Study of Ideology, Perception and Action in Chengdu, China*. A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Anthropology, The Chinese University of Hong Kong.
- Şener, Ş., ve Şener, E. (2020). Belek Özel Çevre Koruma Alanı Akarsularının Su Kalitelerinin ve Kirlenmelerinin Değerlendirilmesi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 6(2): 100-110.
- Shrestha, S., and Kazama, F. (2007). Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. *Environmental Modelling and Software*, 22(4): 464-475.
- Simberloff, D.S., and Abele, L.G. (1982). Refuge design and island biogeographic theory. *The American Naturalist*, (120): 41–50.
- Şimşek, A., Türkten, H., ve Bakan, G. (2022). Su Kalite İndeksi ve İstatistiksel Analiz Kullanılarak Orta Karadeniz Bölgesi Kızılırmak ve Yeşilirmak Nehirleri Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 645-662.
- Singh, K.P., Malik, A., Mohan, D., and Sinha, S. (2004). Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. *Water research*, 38(18): 3980-3992.
- Soulé, M.E. (1991). Conservation: tactics for a constant crisis. *Science*, (253): 744–750.
- Tokatlı, C., ve Helvacıoğlu, İ.A. (2019). Tarımsal Kirliliğin Trakya Bölgesi Sucul Habitatları Üzerine Etkilerinin Temel Bileşen Analizi Kullanılarak Değerlendirilmesi: Makro ve Mikro Elementler – Ağır Metaller. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 17(2): 143.
- Tripathi M., and Singal S.K. (2019). Use of principal component analysis for parameter selection for development of a novel water quality index: a case study of river Ganga India. *Ecological Indicators*, (96):430–436.
- Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu – Marmara Araştırma Merkezi – Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, *Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Antalya Havzası*, (2013): 55, 166-241.

- TVKGM (2023), Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü, *Belek Özel Çevre Koruma Bölgesi Yönetim Planı (2023-2027)*.
- URL-1: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Özel Çevre Koruma Bölgeleri, <https://ockb.csb.gov.tr/ock-bolgeleri-harita-i-55> , (Erişim Tarihi: 06.02.2024).
- URL-2 TÜİK 2023 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları https://www.tuik.gov.tr/media/announcements/Favori_Tablolar.xlsx , (Erişim Tarihi: 13.02.2024)
- URL-3: Belek Turizm Yatırımcıları Ortak Girişimi, Belek Ruhu <https://www.visitbelek.com/tr/about-belek/the-spirit-of-belek/history> , (Erişim Tarihi: 06.02.2024)
- Ustaoglu, F., Tepe, Y., ve Taş, B. (2019). Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. *Ecological Indicator*, 113.
- Üstün Odabaşı, S., Ceylan, Z., Şentürk, İ., Akbal, F., Bakan, G., and Büyükgüngör, H. (2022). Investigation of spatial and seasonal variation of water quality along the mid-Black Sea coast (from Sinop to Ordu) of Turkey, by multivariate statistical techniques. *Regional Studies in Marine Science*, 50.
- Wu, J.Y. (2005). Assessing surface water quality of the Yangtze Estuary with genotoxicity data. *Marine Pollution Bulletin*, 50(12): 1661-1667.
- Yang, H.J., Shen, Z.M., Zhang, J.P., and Wang, W.H. (2007). Water quality characteristics along the course of the Huangpu River (China). *Journal of Environmental Sciences*, 19(10): 1193-1198.
- Yerel, S., and Ankara, H. (2011). Application of multivariate statistical techniques in the assessment of water quality in Sakarya River, Turkey. *Journal of the Geological Society of India*, 78(6): 1-5.
- Yolcu, İ.D. (2012). *Bursa Nilüfer Çayı Su Kalitesi Parametrelerinin İstatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi*. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- YSKY (2021). *Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-2 Tablo-5*. 16.06.2021 tarihli ve 31513 sayılı Resmi Gazete.
- Zhang, D., Ni, G., Cong, Z., Chen, T., and Zhang, T. (2013). Statistical interpretation of the daily variation of urban water consumption in Beijing, China. *Hydrological Sciences Journal*, 59(1): 181-192.