



Dicle Nehri Su Kalitesi Parametrelerinin Trend Analizi

Trend Analysis of Tigris River Water Quality Parameters

Mesut Ay^{1*}, Tamer Bağatur²

¹ Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, mesutay@artuklu.edu.tr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0808-2947>

² Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, tbagatur@dicle.edu.tr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4243-3029>

MAKALE BİLGİLERİ

Makale Geçmişi:

Geliş 26 Mart 2025
Revizyon 11 Nisan 2025
Kabul 24 Nisan 2025
Online 30 Haziran 2025

Anahtar Kelimeler:

Su kalitesi, Trend analizi, Dicle Nehri.

ÖZ

Bu çalışma, Dicle Nehri'nde belirlenen beş farklı istasyondan alınan su kalite parametrelerinin zamansal değişimlerini inceleyerek, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından önemli bulgular ortaya koymayı amaçlamaktadır. 2011-2020 yılları arasında dört farklı dönemde (Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında) alınan su numuneleri değerlendirilmiş, fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler üzerinde istatistiksel trend analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Mann-Kendall trend analizi, Sen'in Eğim Tahmincisi ve Şen (2012) trend analizi yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, bazı su kalite parametrelerinde belirgin artış veya azalış eğilimleri olduğunu göstermektedir. Elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde (TDS), kimyasal oksijen ihtiyacı (COD), nitrik azot (NO₃-N) ve orto fosfat (O-PO₄) gibi parametrelerde anlamlı artışlar tespit edilmiştir. Bu durum, tarımsal gübreleme, evsel ve endüstriyel atıkların su ekosistemine olan etkilerini ortaya koymaktadır. Çözünmüş oksijen (DO) seviyelerinde belirli bölgelerde azalma eğilimi görülmüş olup, bu durum organik kirliliğin artmasına bağlı olarak oksijen tüketiminin arttığını göstermektedir. Trend analizleri sonucunda, özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde azot ve fosfat türevlerinde artış gözlemlenmiş, endüstriyel ve evsel atık deşarjlarının yoğun olduğu alanlarda ise çözünmüş oksijen ve ağır metal seviyelerinde belirgin değişimler tespit edilmiştir. pH seviyelerinde yıllar içinde hafif bir artış gözlemlenmiş olup, bu durum suyun alkalinitesindeki değişimi göstermektedir. Bu çalışma, Dicle Nehri'nin su kalitesinin zamanla değiştiğini ve kirlilik yüklerinin arttığını ortaya koyarak, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi için önleyici tedbirlerin alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Tarımsal gübreleme uygulamalarının kontrol altına alınması, sanayi atık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi ve su kalitesi izleme sistemlerinin güçlendirilmesi, ekosistem sağlığının korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Elde edilen bulguların, gelecekte yapılacak çalışmalar ve su yönetimi politikalarının oluşturulması açısından rehber niteliğinde olacağı düşünülmektedir.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 26 March 2025
Received in revised form 11 April 2025
Accepted 24 April 2025
Available online 30 June 2025

Keywords:

Water quality, Trend analysis,
Dicle River

DOI: 10.24012/dumf.1666051

* Sorumlu Yazar

ABSTRACT

This study aims to analyze the temporal variations of water quality parameters at five different stations along the Tigris River, providing crucial insights into the sustainable management of water resources. Water samples collected during four different periods (March, June, September, and December) between 2011 and 2020 were evaluated, and statistical trend analyses were conducted on physical, chemical, and biological parameters. Mann-Kendall trend analysis, Sen's Slope Estimator, and Şen (2012) trend analysis methods were applied to determine significant trends in water quality changes. The findings indicate notable increasing or decreasing trends in several water quality parameters. Significant increases were observed in electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), chemical oxygen demand (COD), nitrate nitrogen (NO₃-N), and orthophosphate (O-PO₄), suggesting the impacts of agricultural activities, domestic waste, and industrial discharges on the river's ecosystem. A decreasing trend in dissolved oxygen (DO) was detected in certain areas, indicating rising organic pollution and oxygen depletion. Trend analysis results revealed that nitrate and phosphate levels increased significantly in agricultural areas, while dissolved oxygen and heavy metal levels fluctuated in regions with intensive industrial and domestic waste discharge. Additionally, a slight increase in pH levels was observed over the years, indicating changes in the river's alkalinity. This study highlights the ongoing degradation of water quality in the Tigris River and emphasizes the need for preventive measures to protect and sustainably manage water resources. Controlling agricultural fertilizer applications, improving industrial waste management strategies, and strengthening water quality monitoring systems are crucial for preserving ecosystem health. The findings serve as a valuable reference for future research and water management policies.

1. Giriş

Su, yaşamın devamı ve ekosistemlerin dengesi açısından vazgeçilmez bir kaynaktır. Ancak dünya üzerindeki toplam su miktarının yalnızca %3'ü tatlı su kaynaklarından oluşmakta, bunun da sadece %1'lik bir bölümü doğrudan erişilebilir yüzey sularını kapsamaktadır [1]. Tatlı su kaynaklarının bu sınırlı erişilebilirliği, özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde su kaynaklarının korunmasını ve etkin yönetimini zorunlu kılmaktadır [2]. Artan nüfus, sanayileşme, tarımsal faaliyetler ve iklim değişikliği gibi küresel faktörler, su kaynakları üzerinde ciddi baskılar oluşturmaktadır [3,4]. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde ise bu baskılar daha belirgin şekilde hissedilmektedir [5].

Son yıllarda, küresel ısınma ve iklim değişikliğine bağlı olarak yağış rejimlerinde görülen düzensizlikler, sıcaklık artışları ve hidrolojik döngüdeki bozulmalar, yüzey su kaynaklarının hem miktarında hem de kalitesinde önemli değişimlere neden olmuştur [6,7]. Tatlı su kaynakları yalnızca içme suyu temini için değil, aynı zamanda tarımsal sulama, sanayi kullanımı ve rekreasyonel amaçlar için de kritik öneme sahiptir. Ancak antropojenik faaliyetler sonucu oluşan kirlilik, bu kaynakların sağlığını tehdit etmekte ve sürdürülebilir kullanımını zorlaştırmaktadır [8,9].

Su kaynaklarında meydana gelen kirlilik; evsel atıklar, endüstriyel deşarjlar, tarımsal gübre ve pestisit kullanımı gibi çoklu kaynaklardan kaynaklanmakta ve özellikle nehir gibi yüzeysel su sistemlerinde kalite bozulmalarına yol açmaktadır [10]. Türkiye'de de yüzey sularının kalitesinin korunmasına yönelik çeşitli izleme çalışmaları ve yönetmelikler bulunmakta, bu kapsamda Devlet Su İşleri (DSİ) ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından periyodik su kalite izleme faaliyetleri yürütülmektedir [11].

Türkiye'nin en önemli nehir sistemlerinden biri olan Dicle Nehri, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almakta olup uzunluğu yaklaşık 1.150 km'dir. Türkiye sınırları içerisinde Batman, Diyarbakır ve Mardin gibi illerden geçtikten sonra Irak'a doğru akmaktadır. Dicle Nehri, bölgedeki içme suyu temini, tarımsal sulama, enerji üretimi gibi çok çeşitli kullanım alanlarına sahiptir [12]. Ancak, artan nüfus yoğunluğu, sanayi faaliyetleri, tarımsal üretimde kullanılan kimyasallar ve kontrolsüz atıksu deşarjları, Dicle Nehri'nin su kalitesinde önemli bozulmalara neden olmaktadır [13,14].

Su kaynaklarının mevcut durumunu anlamak ve geleceğe yönelik koruma stratejileri geliştirmek amacıyla su kalitesindeki değişimlerin uzun dönemli izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla uygulanan trend analiz yöntemleri, su kalitesinde meydana gelen artış veya azalış eğilimlerinin belirlenmesi açısından güçlü araçlar sunmaktadır [15]. Mann-Kendall trend testi ve Sen'in Eğim Tahmincisi gibi non-parametrik istatistiksel yöntemler,

çevresel veri setlerinde zamana bağlı değişimlerin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [16,17]. Ayrıca, Şen (2012) tarafından geliştirilen trend analizi yöntemi, özellikle ani değişimlerin ve kırılma noktalarının tespitinde etkili bir araç olarak literatürde yer edinmiştir [18].

Bu çalışma, Dicle Nehri'nde seçilen farklı gözlem noktalarındaki su kalitesi parametrelerinde yıllar içerisindeki değişim eğilimlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulguların, bölgedeki su yönetimi stratejilerine bilimsel katkı sağlaması ve sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için veri temeli oluşturması hedeflenmektedir.

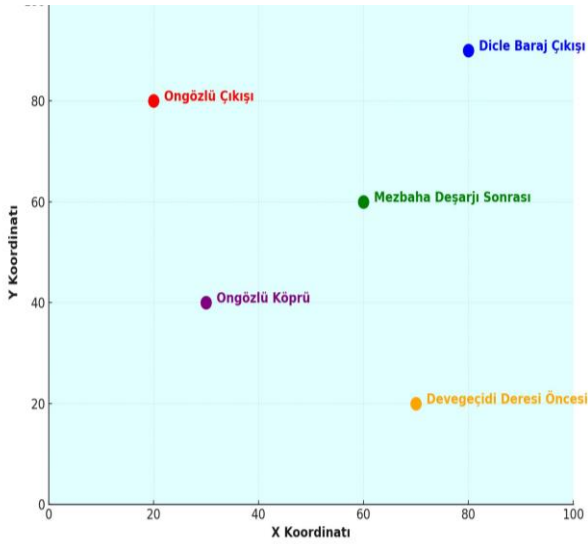
2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada, Dicle Nehri'nin Diyarbakır il sınırları içinde farklı noktalardan alınan su numuneleri üzerinde gerçekleştirilen analizlerle, su kalitesinin uzun vadeli değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında 2011-2020 yılları arasında, yılın dört farklı döneminde (Mart, Haziran, Eylül ve Aralık aylarında) alınan su numuneleri değerlendirilmiştir. Numunelerin toplandığı gözlem istasyonları arasında Ongözlü Çıkışı, Dicle Baraj Çıkışı, Dicle Nehri-Mezbaha Deşarjı Sonrası, Dicle Nehri-Ongözlü Köprü ve Devegeçidi Deresi-Dicle Nehri Öncesi gibi noktalar bulunmaktadır. Bu noktalar, su kalitesinin farklı etkiler altında nasıl değiştiğini anlamak için belirlenmiş olup, özellikle sanayi, evsel atıklar ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirleticilerin nehir üzerindeki etkilerini gözlemlemek açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, su kalite parametrelerinin zamana bağlı değişimlerini incelemek amacıyla Mann-Kendall trend testi uygulanmıştır. Mann-Kendall testi, parametrik olmayan bir yöntem olup, verilerde anlamlı bir artış veya azalış eğiliminin olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır.

Analiz sonucunda elde edilen Tau (τ) katsayısı, eğilimin yönünü ve gücünü ifade etmektedir. Tau değeri pozitif ise ilgili parametrede artan bir eğilim, negatif ise azalan bir eğilim söz konusudur. Tau değeri sıfıra yaklaştıkça, ilgili değişken için anlamlı bir trendin bulunmadığı yorumu yapılmaktadır.

Ayrıca, test sonucunda elde edilen p-değeri, belirlenen eğilimin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını göstermektedir. Bu kapsamda, p-değeri 0.05'ten küçük ise eğilim %95 güven düzeyinde anlamlı kabul edilmekte; p-değeri 0.05'in üzerinde ise eğilim rastlantısal olarak değerlendirilmektedir. Bu testler aracılığıyla, 2011-2020 yılları arasında gözlemlenen su kalite parametrelerindeki değişimler yön ve anlamlılık bakımından değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Dicle Nehri üzerinde gözlem yapılan istasyonların harita üzerindeki yaklaşık konumları.

Çalışma kapsamında incelenen su kalitesi parametreleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenleri içermektedir. Fiziksel parametreler arasında su sıcaklığı, pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam çözünmüş madde (TDS) bulunmaktadır. Kimyasal analizlerde çözünmüş oksijen (DO), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD₅), kimyasal oksijen ihtiyacı (COD), klorür (Cl), nitrit azotu (NO₂-N), amonyum azotu (NH₄-N), nitrik azot (NO₃-N) ve orto fosfat (O-PO₄) gibi bileşenler değerlendirilmiştir. Ağır metaller ve iyonlar açısından ise demir (Fe), mangan (Mn), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve potasyum (K) parametreleri incelenmiştir. Bu parametrelerin belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri uluslararası standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiş olup, numune alma süreçleri TS EN ISO 5667-3 standardına uygun şekilde yürütülmüştür.

Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi ve uzun vadeli değişimlerin belirlenmesi amacıyla farklı trend analiz yöntemleri kullanılmıştır. Parametrik olmayan Mann-Kendall trend testi, zamana bağlı olarak su kalitesi

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

3. Eğer veri sayısı büyükse ($n > 10$), S istatistiği yaklaşık olarak normal dağılıma uyar ve Z skoru şu şekilde (3) hesaplanır:

Burada, t aynı değere sahip gözlemlerin frekansdır.

4. Eğer ise, trend istatistiksel olarak anlamlı kabul edilir. Genellikle %95 güven aralığı için alınır.

parametrelerinde belirli bir artış veya azalış olup olmadığını tespit etmek için uygulanmıştır. Bu yöntemin yanı sıra Sen'in Eğim Tahmincisi, trendin büyüklüğünü ve yönünü belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Mann-Kendall testinin eksikliklerini gidermek ve daha detaylı sonuçlar elde etmek için Şen (2012) trend analizi yöntemi de çalışmaya dahil edilmiştir. Bu yöntemler, su kalitesindeki değişimlerin daha hassas bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Analiz edilen verilerin işlenmesi ve değerlendirilmesi için SPSS 26.0 ve MATLAB yazılımları kullanılmıştır. Grafiksel gösterimler ise Excel ve OriginPro 2021 programları yardımıyla hazırlanmıştır. Trend analizleri için istatistiksel anlamlılık seviyeleri $p < 0.05$ olarak kabul edilmiş olup, elde edilen sonuçlar su kalitesindeki değişimlerin güvenilir bir şekilde yorumlanmasına katkı sağlamaktadır.

3. Trend Analizi

Bu çalışmada, Dicle Nehri'ndeki su kalitesindeki uzun vadeli değişimleri belirlemek amacıyla Mann-Kendall (MK) Trend Testi, Sen'in Eğim Tahmincisi (Sen's Slope Estimator) ve Şen (2012) Trend Analizi yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler, zamana bağlı olarak su kalitesi parametrelerinde sistematik bir değişim olup olmadığını belirlemeye yardımcı olmuştur.

3.1. Mann-Kendall (MK) Trend Testi

Mann-Kendall trend testi, bir zaman serisindeki eğilimleri belirlemek için kullanılan parametrik olmayan (non-parametric) bir yöntemdir. Bu test, zamana bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı bir artış veya azalış olup olmadığını belirlemek için uygulanmıştır.

Testin hesaplanması şu adımları içermektedir:

1. İki farklı zaman dilimindeki gözlemler (X_j , X_k) karşılaştırılır.

2. S istatistiği aşağıdaki formülle (1) hesaplanır:

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

Burada, işaret fonksiyonu (sgn) şu şekilde (2) tanımlanır:

$$Z = \frac{S}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad (3)$$

Burada varyans ($\text{Var}(S)$), aşağıdaki formüle (4) göre hesaplanır:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_t [t(t-1)(2t+5)]}{18} \quad (4)$$

3.2. Sen'in Eğim Tahmincisi (Sen's Slope Estimator)

Sen'in eğim tahmincisi, zaman serisinde belirlenen trendin yönü ve büyüklüğünü belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Eğim (β) şu şekilde (5) hesaplanır:

$$\beta = \text{Medyan} \left(\frac{x_j - x_k}{j - k} \right) \quad (5)$$

Bu formülde:

- X_j ve X_k zaman serisindeki gözlem değerleridir.
- j ve k zaman dilimleridir.

3.3. Şen (2012) Trend Analizi

Şen (2012) yöntemi, zaman serisindeki ani değişimleri belirlemek için kullanılan bir yöntemdir ve klasik MK testine göre daha hassas sonuçlar verir. Bu analizde:

1. Zaman serisi önce "artan" ve "azalan" alt kümelerine ayrılır.
2. Her alt kümede ayrı Mann-Kendall testi uygulanır.
3. Elde edilen sonuçlar birleştirilerek zaman serisinde hangi dönemde ne tür değişimler olduğu belirlenir.

Bu yöntem, özellikle iklim değişikliği ve çevresel faktörlerin neden olduğu ani değişimlerin analiz edilmesinde kullanılır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında, Dicle Nehri'nde belirlenen beş farklı noktadan alınan su numuneleri üzerinde gerçekleştirilen analizlerle, 2011-2020 yılları arasında su kalitesindeki değişimler incelenmiştir. Elde edilen veriler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerde zamansal dalgalanmaların olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle, sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen ve besin elementleri gibi parametrelerde belirgin değişimler gözlemlenmiş olup, bu değişimlerin çevresel ve antropojenik faktörlere bağlı olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sıcaklık verileri değerlendirildiğinde, yıllar içinde genel olarak artış eğilimi gözlenmiş, ancak bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinde mevsimsel dalgalanmalar gözlenmiş olup, yaz aylarında artış eğilimi göstermesi, buharlaşmanın ve su seviyesindeki düşüşün etkisini ortaya koymaktadır. Toplam çözünmüş madde (TDS) değerleri de benzer bir eğilim sergilemiş, özellikle yaz aylarında daha yüksek değerler elde edilmiştir. Çözünmüş oksijen (DO) miktarları, su sıcaklığı ile ters orantılı olarak değişmiş ve sıcaklık arttıkça DO seviyelerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD₅) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) değerleri, su oluşturmaktadır. Bu nedenle, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi için etkin su kalitesi izleme programlarının uygulanması, su arıtma süreçlerinin iyileştirilmesi ve kirlenici kaynakların kontrol altına alınması gerekmektedir.

Şekil 1 incelendiğinde, Dicle Nehri'nin Öngözlü Baraj Çıkışı istasyonundaki su kalitesi parametrelerinde yıllar

ekosistemindeki organik madde yükü hakkında bilgi vermektedir. Özellikle şehir merkezine yakın istasyonlarda bu parametrelerin yüksek olması, evsel ve endüstriyel atıkların suya karıştığını göstermektedir.

Kimyasal analiz sonuçları değerlendirildiğinde, klorür, nitrit azotu (NO₂-N), amonyum azotu (NH₄-N) ve nitrik azot (NO₃-N) gibi parametrelerde belirli dönemlerde artışlar olduğu tespit edilmiştir. Özellikle nitrat seviyelerinin belirli yıllarda artış göstermesi, tarımsal gübre kullanımının yüzey sularına karıştığını düşündürmektedir. Amonyum azotu seviyelerindeki değişimler ise biyolojik aktiviteler ve evsel atıkların varlığı ile ilişkilendirilmiştir. Orto fosfat (O-PO₄) miktarları, genellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde yükselmiş ve bu durum, tarım alanlarından kaynaklanan yüzey akışının su kalitesine olan etkisini ortaya koymuştur.

Ağır metal ve iyon parametreleri açısından değerlendirildiğinde, demir (Fe) ve mangan (Mn) seviyelerinin bazı istasyonlarda referans sınırlarını aştığı belirlenmiştir. Özellikle sanayi atıklarının yoğun olduğu bölgelerde bu metallerin yüksek seviyelerde tespit edilmesi, endüstriyel faaliyetlerin su kirliliği üzerindeki etkisini desteklemektedir. Sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve potasyum (K) gibi iyonların seviyelerinde yıllar içinde belirgin değişimler gözlenmiş, bu değişimlerin hem doğal jeolojik süreçlerden hem de insan faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Trend analizleri incelendiğinde, Mann-Kendall trend testi sonuçlarına göre, bazı parametrelerde belirgin artış veya azalış eğilimleri tespit edilmiştir. Özellikle nitrat ve fosfat gibi parametrelerde artış eğilimleri gözlemlenmiş olup, bu durum tarımsal girdilerin su kalitesini olumsuz etkilediğini göstermektedir. Sen'in Eğim Tahmincisi sonuçları, belirlenen trendlerin yönünü ve büyüklüğünü ortaya koymuş, özellikle çözünmüş oksijen seviyelerindeki azalış eğilimleri su kalitesinde olumsuz bir değişim yaşandığını göstermiştir. Şen (2012) trend analizi yöntemi ile elde edilen sonuçlar da benzer bir eğilim sergilemiş, özellikle yaz aylarında belirli parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı değişimler gözlemlenmiştir.

Elde edilen bulgular, Dicle Nehri'nde belirli bölgelerde su kalitesinin zamanla bozulduğunu ve bu değişimlerin özellikle insan faaliyetleri ile ilişkilendirilebileceğini göstermektedir. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan besin yükü artışı, sanayi ve evsel atıklardan kaynaklanan kimyasal ve biyolojik kirlenitler, su ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından önemli tehditler

içinde belirli eğilimlerin ortaya çıktığı görülmektedir. Çözünmüş oksijen seviyeleri yıllara bağlı olarak değişkenlik göstermiş, ancak genel olarak belirgin bir eğilim göstermemiştir. Elektriksel iletkenlik ve toplam çözünmüş madde değerlerinde mevsimsel dalgalanmalar tespit edilmiş, özellikle yaz aylarında bu parametrelerde artış eğilimi

gözlemlenmiştir. Bu durum, su seviyelerindeki değişim ve buharlaşma oranlarının artmasıyla ilişkilendirilebilir.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinde zamanla hafif bir düşüş eğilimi gözlemlenmiş olsa da bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Kimyasal oksijen ihtiyacında ise belirgin bir artış eğilimi söz konusudur. Bu durum, sudaki organik ve inorganik kirlilik yükünün zaman içinde arttığını gösterebilir. Klorür seviyeleri yıllar içinde dalgalı bir seyir izlemiş, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir artış ya da azalış eğilimi göstermemiştir.

Besin elementleri açısından değerlendirildiğinde, nitrit azotu seviyelerinde anlamlı bir artış eğilimi tespit edilmiştir. Bu artış, tarımsal faaliyetlerden ve evsel atıklardan kaynaklanan kirleticilerin suya karışmasıyla ilişkilendirilebilir. Amonyum azotu seviyeleri zamanla

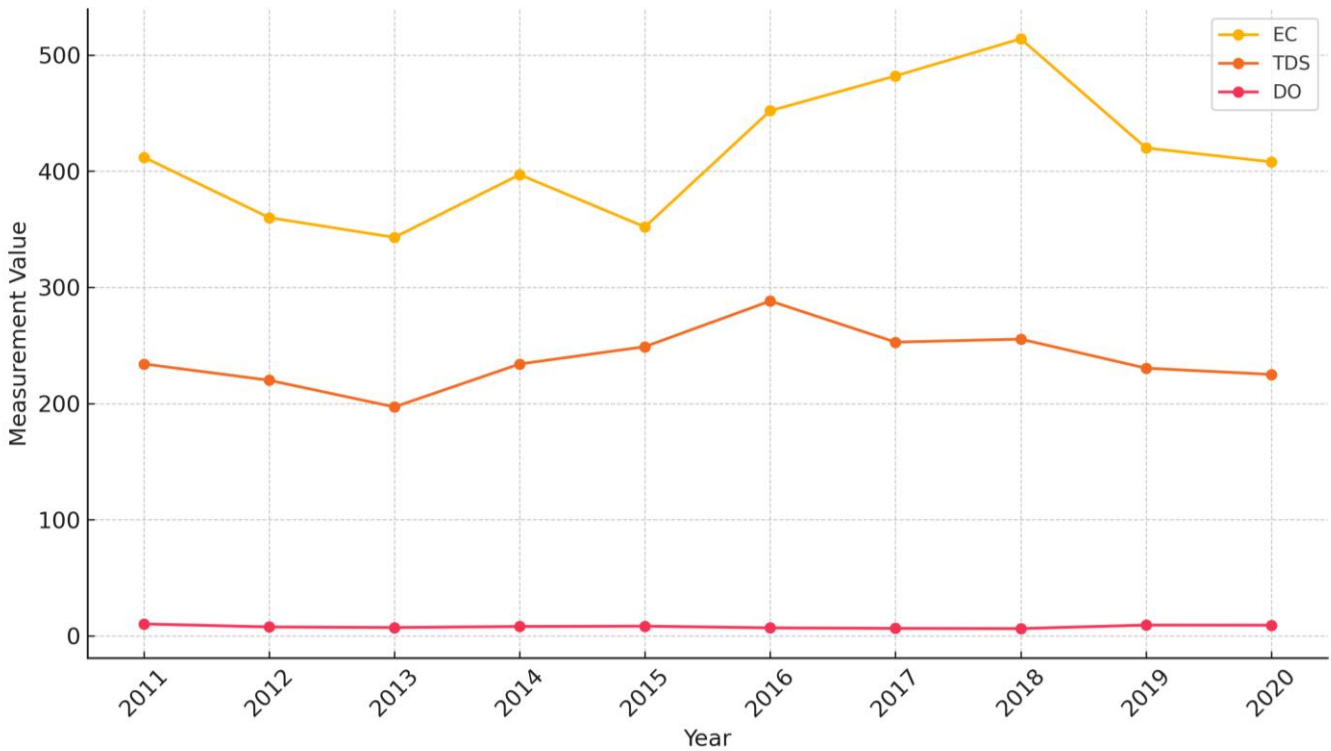
azalma eğilimi göstermiştir, bu durum biyolojik süreçlerin ve azot döngüsünün etkisini ortaya koymaktadır. Orto fosfat seviyeleri belirgin bir artış eğilimi gösterirken, bu

durum deterjan kullanımı ve tarımsal gübrelerin yüzey akışıyla suya taşınmasıyla ilişkilendirilebilir.

Demir ve mangan seviyeleri, yıllara bağlı olarak değişiklik göstermiş, ancak belirli bir eğilim sergilememiştir. Bununla birlikte, sodyum seviyelerinin istatistiksel olarak anlamlı bir artış eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Sodyum seviyelerindeki bu artış, sanayi ve tarımsal sulama uygulamalarının etkisiyle ilişkilendirilebilir. Kalsiyum ve magnezyum seviyelerinde zamanla belirgin bir değişim gözlemlenmemiştir.

Nitrik azot seviyelerinde kayda değer bir artış eğilimi belirlenmiştir. Bu artış, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan nitrat yükünün nehir suyuna taşındığını göstermektedir. Nitrat seviyelerindeki artış, su ekosisteminde ötrofikasyon riskini artırarak ekolojik dengeleri olumsuz etkileyebilir.

Tablo 1.Öngözlü Baraj çıkışı trend analizi



Genel olarak değerlendirildiğinde, belirli su kalite parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı artış eğilimleri tespit edilmiştir. Özellikle tarımsal ve evsel atıklardan kaynaklanan kirleticilerin zaman içinde arttığı görülmektedir. Bu durum, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir su yönetimi politikalarının hayata geçirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Nehir ekosisteminin korunabilmesi için atık su arıtma süreçlerinin iyileştirilmesi ve kirlenici kaynakların kontrol altına alınması büyük önem taşımaktadır.

Şekil 2'de yer alan analiz sonuçları incelendiğinde, su kalitesi parametrelerinde belirgin değişimler gözlemlenmiştir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD₅) seviyelerinde zaman içinde hafif bir artış eğilimi gözlemlenmiş, ancak bu eğilim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) değerleri ise belirli yıllarda artış göstermiş, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim tespit edilmemiştir. Bu durum, organik madde yükünün yıllar içinde değişkenlik gösterdiğini ve su ekosisteminin biyolojik olarak farklı dönemlerde farklı tepkiler verdiğini düşündürmektedir.

Kalsiyum (Ca) seviyeleri zaman içinde dalgalanmalar göstermiş olup, belirli yıllarda artış eğilimi tespit edilmiştir. Ancak bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Çözünmüş oksijen (DO) seviyeleri incelendiğinde, belirli dönemlerde azalma eğilimi gösterdiği ancak genel olarak stabil kaldığı görülmektedir. Bu, suyun oksijen içeriğinin mevsimsel ve çevresel faktörlerden etkilendiğini göstermektedir.

Elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam çözünmüş madde (TDS) seviyeleri zaman içinde artış eğilimi göstermiştir. Tau değeri pozitif olup, bu eğilim özellikle sanayi ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan çözünmüş iyon miktarındaki artış ile ilişkilendirilebilir. Elektriksel iletkenlikteki artış eğilimi suya karışan minerallerin ve çözünmüş maddelerin zaman içinde arttığını düşündürmektedir.

Demir (Fe) seviyelerinde anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir. Ancak, potasyum (K) seviyelerinin yıllar içinde istikrarlı bir artış gösterdiği görülmektedir. Magnezyum (Mg) seviyelerinde de benzer bir artış eğilimi gözlemlenmiştir. Bu değişimler, su kaynaklarının mineral

içeriğinin zamanla değiştiğini ve dış etkenlerden etkilendiğini göstermektedir.

Nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$) seviyelerinde artış eğilimi belirgin şekilde gözlemlenmiş olup, bu durum tarımsal gübreleme ve evsel atıkların yüzey sularına karışmasıyla ilişkilendirilebilir. Nitrik azot ($\text{NO}_3\text{-N}$) seviyelerinde de artış eğilimi belirlenmiş, bu durum tarımsal faaliyetlerin etkisini destekleyen bir bulgu olarak değerlendirilmektedir. Fosfat (O-PO_4) seviyelerinde de benzer şekilde bir artış gözlemlenmiş olup, deterjan kullanımı ve tarımsal gübrelerin yüzey akışı ile nehre taşındığını düşündürmektedir.

Sıcaklık (T) değerleri zaman içinde belirgin bir artış eğilimi göstermemiştir, ancak belirli yıllarda dalgalanmalar olduğu görülmektedir. pH seviyeleri yıllar içinde değişkenlik göstermiş olup, genel olarak hafif bir artış eğilimi sergilemiştir. Bu durum, suyun alkalinitesinin zamanla değiştiğini ve dış çevresel faktörlerden etkilendiğini düşündürmektedir.

Tablo 2. İncelenen su kalitesi parametrelerinin olası kirlenici kaynaklara göre sınıflandırılması ve gözlemlenen eğilimleri.

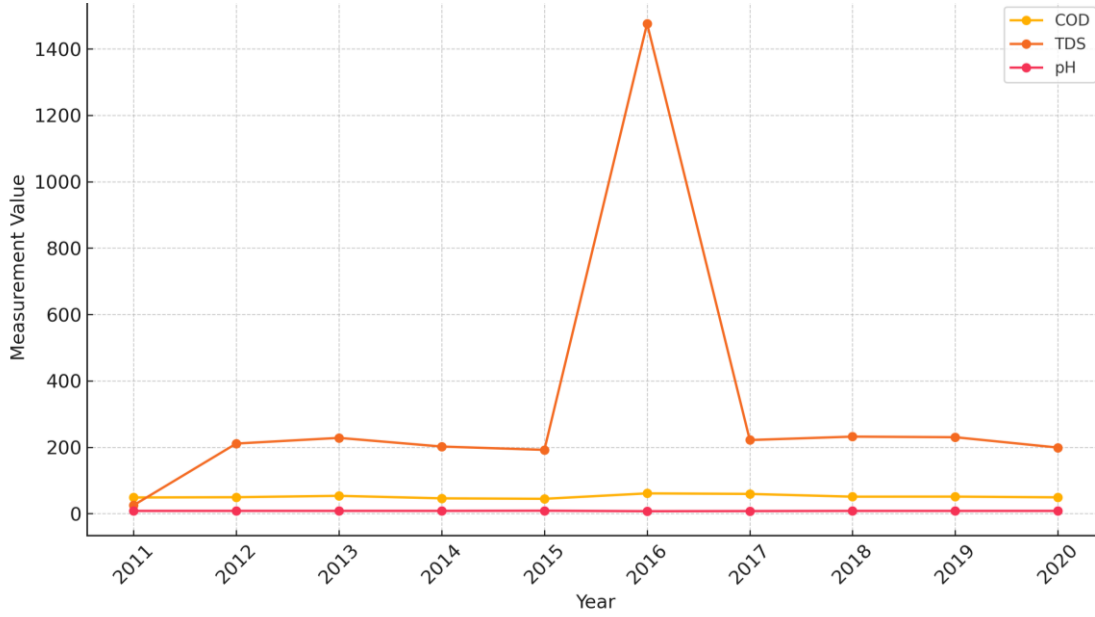
Parametre	Olası Kaynak/Etkileyen Faktörler	Gözlemlenen Değişim Eğilimi
$\text{NO}_2\text{-N}$ (Nitrit Azotu)	Evsel atık suları, hayvansal atıklar, tarımsal gübre kalıntıları	Belirgin artış
$\text{NO}_3\text{-N}$ (Nitrat Azotu)	Tarımsal faaliyetler (nitrat içeren gübreler), yüzey akışı	Artış
O-PO_4 (Fosfat)	Deterjan kullanımı, tarımsal fosfatlı gübreler, evsel atık suyu	Artış
$\text{NH}_4\text{-N}$ (Amonyum Azotu)	Hayvansal atıklar, evsel kanalizasyon, yetersiz biyolojik arıtma	Artış
BOD_5	Organik madde yükü (evsel ve tarımsal kaynaklı)	Artış/Değişken
COD	Kimyasal kirlilik, deterjanlar, sanayi atıkları	Artış
Cl (Klorür)	Evsel atıklar, deterjanlar, kanalizasyon yüzey akışı	Değişken (bölgeye göre)
TDS / EC	Toplam çözünmüş madde, genelde tüm bu kirlenicilerin sonucu	Artış

Genel olarak değerlendirildiğinde, nitrit azotu, nitrik azot, orto fosfat ve toplam çözünmüş madde gibi parametrelerde artış eğilimleri belirgin hale gelmiş, bu durum özellikle tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların su kalitesi üzerindeki etkisini ortaya koymuştur. Elektriksel iletkenlik ve toplam çözünmüş madde seviyelerindeki artışlar, su kaynaklarının mineral ve iyon içeriğinde değişikliklerin yaşandığını göstermektedir. Su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi açısından bu eğilimlerin izlenmesi ve kontrol altına alınması büyük önem taşımaktadır.

Tablo 2’de yer alan analiz sonuçları incelendiğinde, su kalitesi parametrelerinde belirgin değişimler

gözlemlenmiştir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD_5) seviyelerinde zaman içinde hafif bir artış eğilimi gözlemlenmiş, ancak bu eğilim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) değerleri ise belirli yıllarda artış göstermiş, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim tespit edilmemiştir. Bu durum, organik madde yükünün yıllar içinde değişkenlik gösterdiğini ve su ekosisteminin biyolojik olarak farklı dönemlerde farklı tepkiler verdiğini düşündürmektedir.

Tablo 3. Dicle baraj çıkışı trend analizi



Kalsiyum (Ca) seviyeleri zaman içinde dalgalanmalar göstermiş olup, belirli yıllarda artış eğilimi tespit edilmiştir. Ancak bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Çözünmüş oksijen (DO) seviyeleri incelendiğinde, belirli dönemlerde azalma eğilimi gösterdiği ancak genel olarak stabil kaldığı görülmektedir. Bu, suyun oksijen içeriğinin mevsimsel ve çevresel faktörlerden etkilendiğini göstermektedir.

Elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam çözünmüş madde (TDS) seviyeleri zaman içinde artış eğilimi göstermiştir. Tau değeri pozitif olup, bu eğilim özellikle sanayi ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan çözünmüş iyon miktarındaki artış ile ilişkilendirilebilir. Elektriksel iletkenlikteki artış eğilimi suya karışan minerallerin ve çözünmüş maddelerin zaman içinde arttığını düşündürmektedir.

Demir (Fe) seviyelerinde anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir. Ancak, potasyum (K) seviyelerinin yıllar içinde istikrarlı bir artış gösterdiği görülmektedir. Magnezyum (Mg) seviyelerinde de benzer bir artış eğilimi gözlemlenmiştir. Bu değişimler, su kaynaklarının mineral içeriğinin zamanla değiştiğini ve dış etkenlerden etkilendiğini göstermektedir.

Nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$) seviyelerinde artış eğilimi belirgin şekilde gözlemlenmiş olup, bu durum tarımsal gübreleme ve evsel atıkların yüzey sularına karışmasıyla ilişkilendirilebilir. Nitrik azot ($\text{NO}_3\text{-N}$) seviyelerinde de artış eğilimi belirlenmiş, bu durum tarımsal faaliyetlerin etkisini destekleyen bir bulgu olarak değerlendirilmektedir. Fosfat (O-PO_4) seviyelerinde de benzer şekilde bir artış gözlemlenmiş olup, deterjan kullanımı ve tarımsal

Kalsiyum (Ca) seviyeleri yıllar içinde dalgalanmalar göstermiş, ancak genel olarak istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim tespit edilmemiştir. Çözünmüş oksijen (DO) seviyelerinde belirli dönemlerde azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Tau değeri negatif olup, çözünmüş oksijen

gübrelerin yüzey akışı ile nehre taşındığını düşündürmektedir.

Sıcaklık (T) değerleri zaman içinde belirgin bir artış eğilimi göstermemiştir, ancak belirli yıllarda dalgalanmalar olduğu görülmektedir. pH seviyeleri yıllar içinde değişkenlik göstermiş olup, genel olarak hafif bir artış eğilimi sergilemiştir. Bu durum, suyun alkalinitesinin zamanla değiştiğini ve dış çevresel faktörlerden etkilendiğini düşündürmektedir.

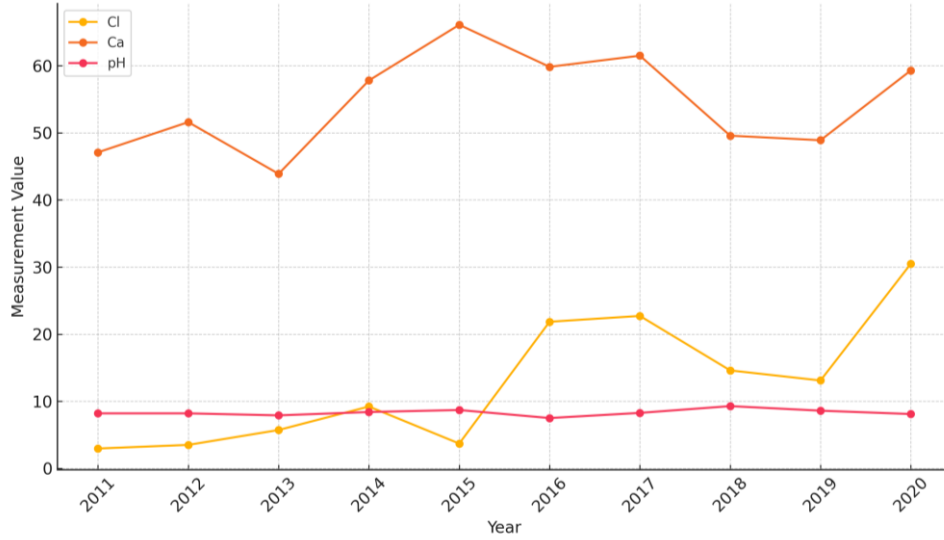
Genel olarak değerlendirildiğinde, nitrit azotu, nitrik azot, orto fosfat ve toplam çözünmüş madde gibi parametrelerde artış eğilimleri belirgin hale gelmiş, bu durum özellikle tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların su kalitesi üzerindeki etkisini ortaya koymuştur. Elektriksel iletkenlik ve toplam çözünmüş madde seviyelerindeki artışlar, su kaynaklarının mineral ve iyon içeriğinde değişikliklerin yaşandığını göstermektedir. Su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi açısından bu eğilimlerin izlenmesi ve kontrol altına alınması büyük önem taşımaktadır.

Tablo 3'te yer alan trend analizi sonuçları incelendiğinde, belirli su kalitesi parametrelerinde anlamlı değişimler olduğu görülmektedir.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD_5) değerlerinde hafif bir artış eğilimi gözlemlenmiş, ancak p-değeri istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermemektedir. Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) değerlerinde belirgin bir artış gözlemlenmiş olup, organik ve inorganik kirleticilerin zamanla suya daha fazla karıştığını düşündürmektedir. Ancak, p-değeri istatistiksel anlamlılık sınırında yer aldığından bu artışın kesin olarak kirlilikle ilişkilendirilmesi için daha detaylı çalışmalar gereklidir.

seviyelerinin zaman içinde düştüğünü göstermektedir. Bu durum, organik kirlilik yükünün artmasıyla su içerisindeki biyolojik süreçlerin oksijen tüketimini artırdığına işaret edebilir.

Tablo 4. Dicle Nehri-Mezbaha trend analizi



Elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinde belirli yıllarda artış eğilimi gözlemlense de, istatistiksel olarak anlamlı bir değişim tespit edilmemiştir. Demir (Fe) seviyelerinde belirli dalgalanmalar gözlenmiş, ancak genel olarak düşüş eğiliminde olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, potasyum (K) seviyelerinin yıllar içinde anlamlı bir artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Sodyum (Na) seviyeleri de zamanla artış göstermiş olup, bu durum tarımsal ve evsel atıkların suya karıştığını göstermektedir.

Magnezyum (Mg) seviyelerinde zamanla artış eğilimi görülmüş, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir değişim tespit edilmemiştir. Mangan (Mn) seviyeleri yıllar içinde dalgalanmalar göstermiş olup, istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim bulunmamaktadır. Amonyum azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$) seviyelerinde dalgalanmalar görülmüş, ancak zamanla belirgin bir eğilim tespit edilmemiştir. Nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$) seviyelerinde zaman içinde belirgin bir artış eğilimi gözlemlenmiş olup, p-değeri bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir.

Nitrik azot ($\text{NO}_3\text{-N}$) seviyelerinde belirgin bir artış eğilimi tespit edilmiştir. Bu durum, tarımsal gübreleme ve yüzey akışı nedeniyle nehir suyuna nitrat yükünün arttığını düşündürmektedir. Orto fosfat (O-PO_4) seviyelerinde artış eğilimi gözlenmiş olup, bu durum deterjan ve gübre kullanımına bağlı olarak yüzey sularına karışan fosfat seviyelerindeki yükselişi göstermektedir.

Sıcaklık (T) değerlerinde zaman içinde belirgin bir değişim gözlemlenmemiştir. Toplam çözünmüş madde (TDS) seviyeleri ise yıllar içinde belirgin bir artış eğilimi göstermiştir. pH seviyeleri yıllar içinde hafif bir artış eğilimi sergilemiş olup, istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermemektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, nitrik azot, sodyum, potasyum ve toplam çözünmüş madde gibi parametrelerde Demir (Fe) seviyelerinde belirgin bir artış eğilimi gözlemlenmiş olup, özellikle belirli yıllarda yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir. Potasyum (K)

belirgin artış eğilimleri tespit edilmiştir. Bu durum, su kalitesinin zamanla değiştiğini ve özellikle tarımsal ve evsel kaynaklı kirliliğin nehir ekosistemini etkileyebileceğini göstermektedir. Su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından bu değişimlerin düzenli olarak izlenmesi ve kirlenici kaynakların kontrol edilmesi gerekmektedir.

Şekil 4'te yer alan trend analizi sonuçları incelendiğinde, belirli su kalitesi parametrelerinde anlamlı değişimler gözlemlenmiştir.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD_5) değerlerinde hafif bir artış eğilimi görülse de, p-değeri istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermemektedir. Bu durum, organik kirlilik yükünün zaman içinde belirli dalgalanmalar gösterdiğini ancak anlamlı bir artış trendi sergilemediğini göstermektedir. Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) değerlerinde de benzer bir durum söz konusudur.

Kalsiyum (Ca) seviyelerinde zamanla belirli dalgalanmalar gözlenmiş, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir değişim tespit edilmemiştir. Çözünmüş oksijen (DO) seviyelerinde belirli yıllarda düşüş eğilimi gözlemlenmiş olup, bu durum su içerisindeki biyolojik süreçlerin ve kirlilik yükünün oksijen seviyeleri üzerindeki etkisini göstermektedir. Ancak p-değeri, bu eğilimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını ortaya koymaktadır.

Elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinde zaman içinde artış eğilimi görülmekte olup, tau değeri pozitif olarak hesaplanmıştır. Bu artış eğilimi, sanayi ve tarımsal faaliyetlerin suya karışan iyon miktarını artırmasıyla ilişkilendirilebilir. Bununla birlikte, toplam çözünmüş madde (TDS) seviyeleri de benzer şekilde artış göstermektedir. Bu durum, suya karışan çözünmüş iyonların zaman içinde arttığını ve su kalitesinde değişikliklere neden olduğunu düşündürmektedir.

seviyelerinde yıllar içinde hafif bir artış eğilimi görülmüş, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir değişim tespit edilmemiştir. Magnezyum (Mg) seviyelerinde belirli

dalgalanmalar tespit edilse de anlamlı bir trend belirlenmemiştir.

Tablo 5. Dicle Nehri-Öngözlü Köprü trend analizi



Mangan (Mn) seviyelerinde belirgin bir artış eğilimi gözlemlenmiştir. Amonyum azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$) seviyelerinde yıllara bağlı değişimler görülmekle birlikte, istatistiksel olarak anlamlı bir artış veya azalış eğilimi tespit edilmemiştir. Nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$) seviyelerinde dalgalanmalar gözlemlenmiş olup, belirgin bir trend oluşmadığı görülmektedir.

Nitrik azot ($\text{NO}_3\text{-N}$) seviyelerinde artış eğilimi gözlemlenmiş olup, bu durum tarımsal faaliyetlerin ve gübre kullanımının yüzey sularına karışmasıyla ilişkilendirilebilir. Orto fosfat (O-PO_4) seviyelerinde de zaman içinde hafif bir artış eğilimi gözlemlenmiştir.

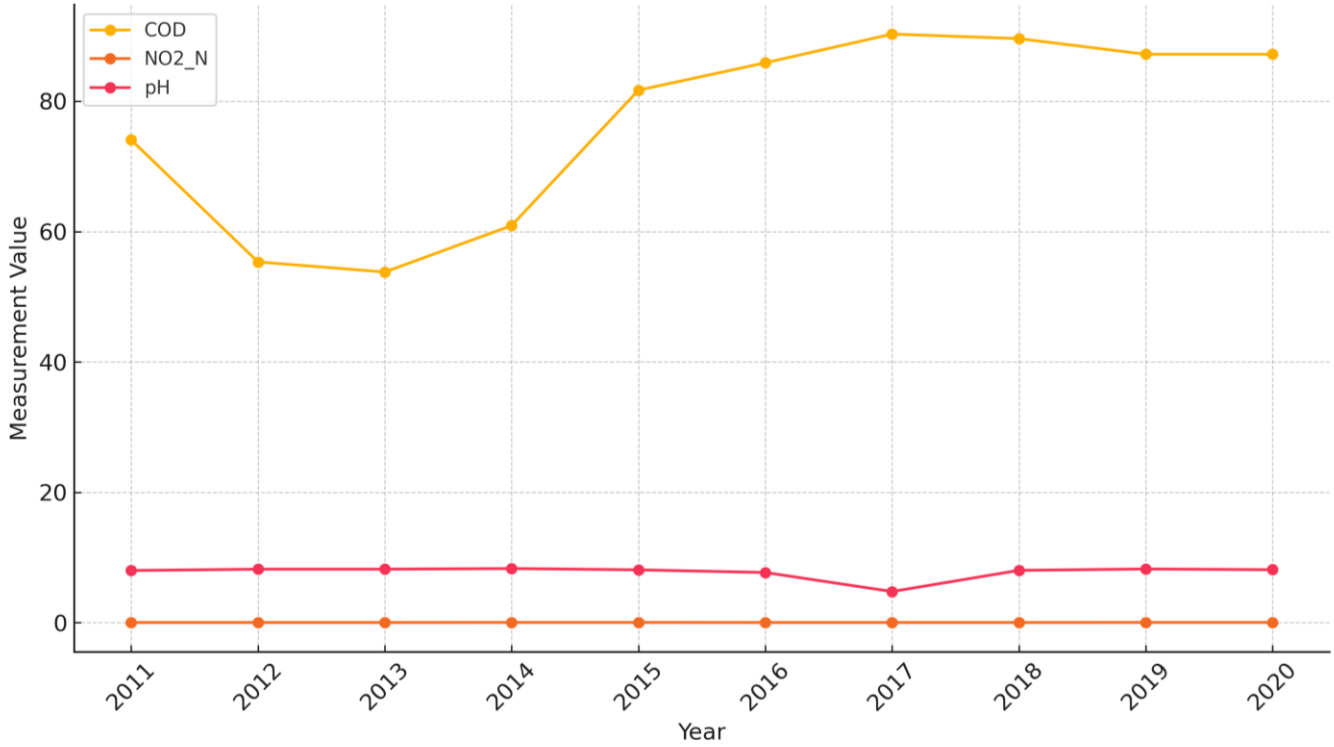
Sıcaklık (T) değerleri belirli yıllarda artış gösterse de istatistiksel olarak anlamlı bir değişim eğilimi göstermemektedir. Toplam çözünmüş madde (TDS) seviyeleri zamanla artış göstermiş olup, p-değeri bu eğilimin istatistiksel olarak anlamlı olabileceğini düşündürmektedir. pH seviyelerinde ise zamanla belirgin bir artış eğilimi gözlemlenmiştir ve bu eğilim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu durum, suyun alkalinitesinin zamanla değiştiğini ve dış etkenlerden etkilendiğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, özellikle **elektriksel iletkenlik (EC)**, **toplam çözünmüş madde (TDS)**, **demir (Fe)**, **nitrik azot ($\text{NO}_3\text{-N}$)** ve **pH** gibi parametrelerde artış eğilimleri belirgin hale gelmiştir. Bu değişimler, su kalitesinin zaman içinde farklı kaynaklardan gelen kirlilik yükleriyle etkilendiğini göstermektedir. Su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi açısından bu değişimlerin düzenli olarak izlenmesi ve kirlenici kaynakların kontrol edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Şekil 5.'te sunulan trend analizi sonuçları incelendiğinde, Dicle Nehri'nde belirlenen su kalitesi parametrelerinde yıllar içinde belirli değişimler meydana geldiği görülmektedir.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD_5) seviyelerinde zaman içinde hafif bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Ancak, p-değeri bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir. Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) seviyelerinde belirgin bir artış eğilimi tespit edilmiştir ve p-değeri bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. COD seviyelerindeki bu artış, organik kirlenitçilerin zaman içinde su ekosistemine daha fazla karıştığını göstermektedir.

Tablo 6. Devegeçidi-Dicle trend analizi



Kalsiyum (Ca) seviyelerinde belirli dalgalanmalar gözlemlenmiş, ancak genel olarak anlamlı bir değişim eğilimi belirlenmemiştir. Çözünmüş oksijen (DO) seviyelerinde dalgalanmalar gözlemlenmiş olup, özellikle son yıllarda belirgin bir düşüş eğilimi olduğu görülmektedir. Tau değeri negatif olup, çözünmüş oksijen seviyelerinin zaman içinde azaldığını göstermektedir. Bu durum, organik kirliliğin artması ve biyolojik süreçlerin su içerisindeki oksijen tüketimini artırmasıyla ilişkilendirilebilir.

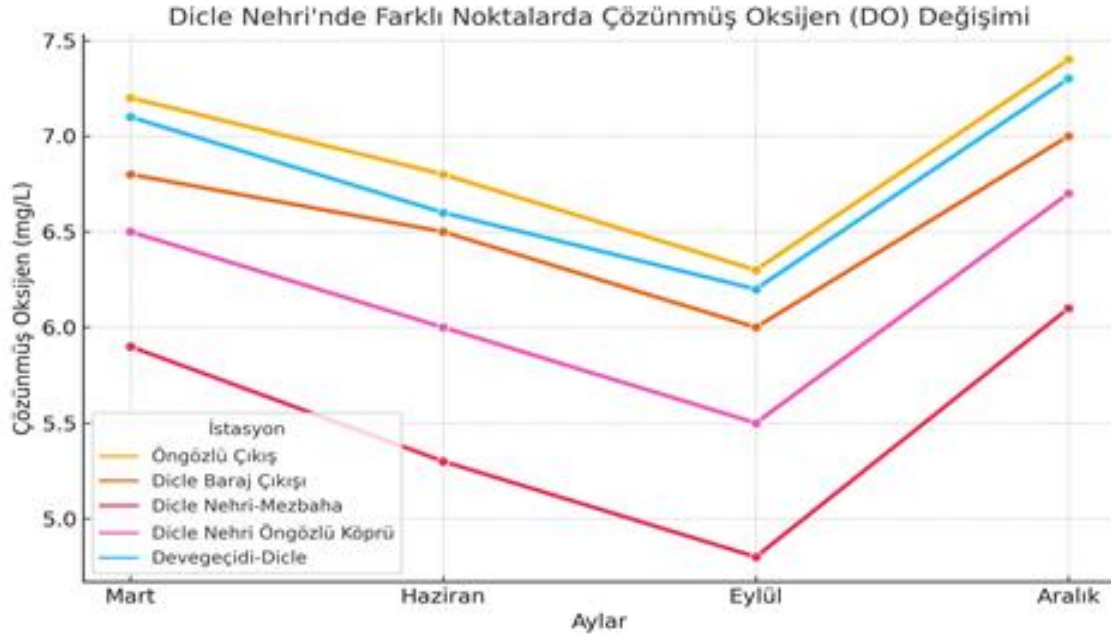
Elektriksel iletkenlik (EC) seviyeleri yıllar içinde artış göstermiştir. Tau değeri pozitif olup, p-değeri bu artış eğiliminin anlamlı olabileceğini göstermektedir. EC seviyelerindeki artış, sanayi ve tarımsal faaliyetlerin suya karışan çözünmüş iyon miktarını artırmasıyla ilişkilendirilebilir. Benzer şekilde, toplam çözünmüş madde (TDS) seviyelerinde de artış eğilimi gözlemlenmiştir. TDS seviyelerinin zamanla artması, suyun içerdiği çözünmüş iyonların arttığını ve su kalitesinde bozulmaya yol açabileceğini göstermektedir.

Demir (Fe) seviyelerinde belirli yıllarda dalgalanmalar görülmekle birlikte, genel olarak artış eğilimi gözlemlenmiştir. Potasyum (K) seviyeleri belirgin bir trend göstermemekle birlikte, yıllar içinde hafif dalgalanmalar yaşamıştır. Magnezyum (Mg) seviyelerinde de zamanla belirgin bir artış eğilimi gözlemlenmiş olup, p-değeri bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olabileceğini göstermektedir.

Mangan (Mn) seviyeleri yıllar içinde dalgalanmalar göstermiş, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir artış trendi bulunmamaktadır. Amonyum azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$) seviyelerinde belirli dönemlerde artış gözlemlenmiş olup, bu durum tarımsal ve evsel atıkların suya karışmasıyla ilişkilendirilebilir. Ancak p-değeri, bu değişimin anlamlı olmadığını göstermektedir.

Nitrit azotu ($\text{NO}_2\text{-N}$) seviyelerinde dalgalanmalar görülmekle birlikte, belirgin bir trend gözlenmemektedir. Nitrik azot ($\text{NO}_3\text{-N}$) seviyelerinde ise belirgin bir artış eğilimi tespit edilmiştir ve p-değeri bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olabileceğini göstermektedir. Bu durum, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan nitrat yükünün zaman içinde arttığını düşündürmektedir. Orto fosfat (O-PO_4) seviyelerinde de zaman içinde artış gözlemlenmiş olup, p-değeri bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Fosfat seviyelerindeki artış, deterjan kullanımı ve gübreleme gibi insan faaliyetlerinin yüzey sularına etkisini göstermektedir.

Sıcaklık (T) seviyeleri belirli yıllarda dalgalanmalar göstermiş olup, istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim belirlenmemiştir. pH seviyelerinde hafif bir artış eğilimi görülmüş olup, p-değeri bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, suyun alkalinitesinin zamanla arttığını ve dış etkenlerden etkilendiğini düşündürmektedir.



Şekil 2. Dicle Nehri'nde Çözünmüş Oksijen (DO) Değişimi

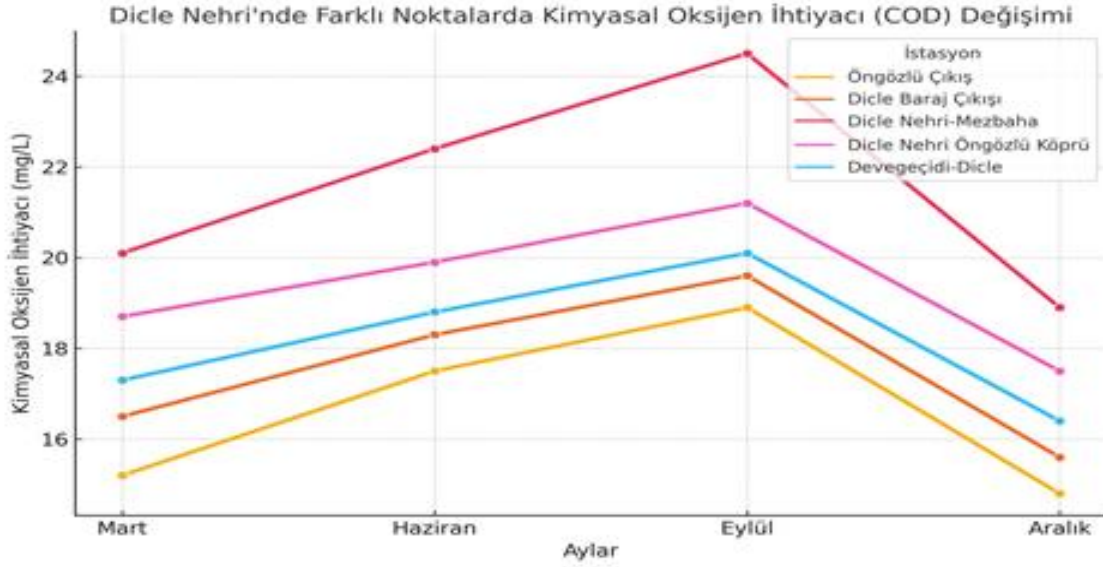
Genel olarak değerlendirildiğinde, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş madde (TDS), kimyasal oksijen ihtiyacı (COD), nitrik azot ($\text{NO}_3\text{-N}$) ve orto fosfat (O-PO_4) seviyelerinde anlamlı artış eğilimleri gözlemlenmiştir. Bu değişimler, özellikle tarımsal ve sanayi kaynaklı kirliliğin su kalitesi üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından, bu parametrelerdeki artışın kontrol edilmesi ve su kalitesinin düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir.

Dicle Nehri'ndeki farklı istasyonlarda çözünmüş oksijen (DO) seviyelerinin zamansal değişimi, su kalitesi açısından kritik bir gösterge olarak değerlendirilmiştir. Yapılan analizler, DO seviyelerinin genel olarak ilkbahar ve kış aylarında yüksek, yaz aylarında ise düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle Eylül ayında düşüş eğilimi gözlemlenmiş olup, bu durum sıcaklık artışına bağlı olarak suyun oksijen tutma kapasitesinin azalması ve organik yük birikimi nedeniyle biyolojik oksijen tüketiminin artması ile ilişkilendirilebilir. Dicle Nehri-Mezbaha istasyonu en düşük çözünmüş oksijen seviyelerine sahip olup, bu bölgedeki endüstriyel ve evsel atık girişlerinin oksijen tüketimini artırdığı düşünülmektedir. Sonuçlar, özellikle sıcaklık değişimlerinin ve antropojenik baskının su ekosistemi üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Su kalitesinin korunabilmesi için, atık su yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve ekosistem sağlığını destekleyecek önlemlerin alınması gerekmektedir.

Dicle Nehri'nde farklı istasyonlardan elde edilen kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) verileri, suyun organik ve inorganik kirlilik yükünü değerlendirmek için incelenmiştir. Analizler, COD seviyelerinin yaz aylarında artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle Dicle Nehri-Mezbaha istasyonu diğer bölgelere kıyasla en yüksek COD seviyelerine sahip olup, burada endüstriyel ve evsel atık girişinin daha yoğun olduğu düşünülmektedir. Mart ve Aralık aylarında COD seviyelerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir, bu durum ise yağış rejiminin etkisiyle kirlenici maddelerin seyreltilmesini göstermektedir. Yaz aylarında yükselen COD seviyeleri, su kaynaklarının kirlenme riskine daha açık hale geldiğini ve ekosistem sağlığının korunabilmesi için su arıtma ve atık yönetimi süreçlerinin optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışma, Dicle Nehri'nde belirlenen beş farklı gözlem noktasında 2011-2020 yılları arasında yapılan su kalite analizlerinin uzun vadeli trendlerini inceleyerek, nehrin su kalitesindeki değişimleri ortaya koymayı amaçlamıştır. Elde edilen bulgular, fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerde yıllar içerisinde belirgin değişimler olduğunu göstermektedir. Özellikle sıcaklık, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen ve besin maddeleri gibi parametrelerde



Şekil 3. Dicle Nehri'nde Kimyasal Oksijen İhtiyacı (COD) Değişimi

istatistiksel olarak anlamlı trendler gözlemlenmiştir. Bu değişimlerin büyük ölçüde tarımsal faaliyetler, evsel atık deşarjları ve endüstriyel kirlilikten kaynaklandığı düşünülmektedir.

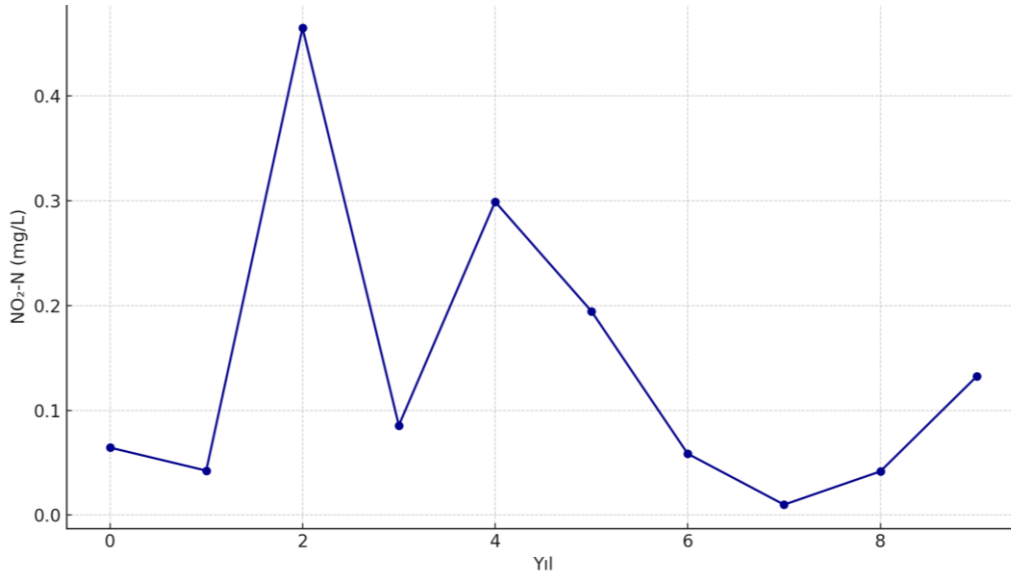
Bu çalışma, Dicle Nehri'nde belirlenen beş farklı gözlem noktasında 2011-2020 yılları arasında yapılan su kalite analizlerinin uzun vadeli trendlerini inceleyerek nehrin su kalitesindeki değişimlerini ortaya koymayı amaçlamıştır.

Elde edilen bulgular, fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerde yıllar içerisinde belirgin değişimler olduğunu göstermektedir. Özellikle sıcaklık, elektriksel iletkenlik,

çözünmüş oksijen ve besin maddeleri gibi parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı trendler gözlemlenmiştir.

Mann-Kendall trend analizi sonuçları, bazı parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı artış veya azalış eğilimleri olduğunu ortaya koymuştur. Sen'in Eğim Tahmincisi ile yapılan hesaplamalar ise bu eğilimlerin yönünü ve büyüklüğünü ortaya koyarak, bazı parametrelerde belirgin değişimleri desteklemiştir.

Şen (2012) trend analizi yöntemi ile yapılan değerlendirmeler sonucunda, bazı parametrelerin belirli aylarda daha değişken bir seyir izlediği tespit edilmiştir.



Şekil 4. 2011–2020 yılları arasında Dicle Nehri'nde ölçülen NO₂-N seviyelerinin yıllık ortalama değişimi.

Elde edilen sonuçlar, Dicle Nehri'nin belirli bölgelerinde su kalitesinin zamanla bozulduğunu ve bu durumun büyük

ölçüde insan faaliyetlerinden kaynaklandığını göstermektedir. Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve

korunması açısından su kalitesinin düzenli olarak izlenmesi, kirlenici unsurların kontrol altına alınması ve arıtma sistemlerinin etkin bir şekilde işletilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, özellikle evsel ve endüstriyel atıkların doğrudan suya karışmasının önüne geçilmesi, tarımsal faaliyetlerde daha kontrollü gübre ve pestisit kullanımına yönelik düzenlemelerin yapılması büyük önem taşımaktadır.

Çalışmadan elde edilen bulgular, su kaynaklarının korunması ve yönetimi konusunda önemli bilgiler sunmaktadır. Nehir ekosistemlerinin sağlığının

korunabilmesi için daha kapsamlı ve uzun vadeli izleme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, gelecekte yapılacak benzer araştırmalara ışık tutarak, su kaynaklarının daha etkin bir şekilde yönetilmesine ve sürdürülebilir su politikalarının oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Bilgi

Bu çalışma birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında hazırladığı doktora tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Shiklomanov, I. A. (1993). *World fresh water resources*. In P. H. Gleick (Ed.), *Water in crisis: A guide to the world's fresh water resources* (pp. 13-24). Oxford University Press.
- [2] Kundzewicz, Z. W., Mata, L. J., Arnell, N. W., Döll, P., Kabat, P., Jimenez, B., ... & Shiklomanov, I. A. (2007). Freshwater resources and their management. In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC.
- [3] Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J., & Lammers, R. B. (2000). Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science*, 289(5477), 284-288. <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.284>
- [4] Gleick, P. H. (2014). Water, drought, climate change, and conflict in Syria. *Weather, Climate, and Society*, 6(3), 331–340. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-13-00059.1>
- [5] Falkenmark, M., & Rockström, J. (2006). The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resources planning and management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 132(3), 129-132. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2006\)132:3\(129\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2006)132:3(129))
- [6] UN Water. (2021). *Progress on Integrated Water Resources Management: Global indicator 6.5.1 updates and acceleration needs*. United Nations. Retrieved from <https://www.unwater.org>
- [7] UN-Water. The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. UNESCO Publishing; 2020.
- [8] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press; 2021.
- [9] Gleick PH. The World's Water Volume 9: The Biennial Report on Freshwater Resources. Island Press; 2018.
- [10] Meybeck, M., Helmer, R., “The quality of rivers: From pristine stage to global pollution.” *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, vol. 75, no. 4, pp. 283-309, 1989.
- [11] TürkStat. Türkiye Su ve Atıksu İstatistikleri Raporu. Türkiye İstatistik Kurumu Yayınları; 2021.
- [12] Korkmaz N, Avcı M., “Türkiye’de nehir su kalitesinin değerlendirilmesi ve koruma stratejileri.” *Çevre Bilimleri Dergisi*, vol. 4, no. 2, pp. 85-97, 2012.
- [13] Metcalf & Eddy. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th ed. McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 2003.
- [14] Bartram J, Balance R. Water Quality Monitoring- A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. WHO & UNEP; 1996.
- [15] Kendall MG. Rank Correlation Methods. Charles Griffin & Company Ltd; 1975.
- [16] Mann. HB., “Nonparametric tests against trend.”, *Econometrica*, vol. 13, no. 3, pp. 245-259, 1945.
- [17] Sen, PK., “Estimates of the regression coefficient based on Kendall’s Tau”, *J Am Stat Assoc*, vol. 63, pp. 324, pp. 1379-1389, 1968.
- [18] Şen, Z., “Innovative trend analysis methodology.”, *J Hydrol Eng*, vol. 17, no. 9, pp. 1042-1046, 2012.
- [19] Helsel DR, Hirsch RM. Statistical Methods in Water Resources. U.S. Geological Survey; 2002.
- [20] UNESCO. Water Quality in the 21st Century: Key Challenges and Opportunities. UNESCO Publishing; 2019.