

Sakarya Nehri Su Kalitesinin İstatistiksel Veri Değerleme Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi

*¹Beytullah Eren ve ¹Ahmet Çelebi

¹Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

Abstract:

Rivers are crucial freshwater systems for the continuation of aquatic life. Water quality of rivers is an important parameter for the health of all living things and for a sustainable environment. With the increase in population and developments in industrialization, the water quality of the rivers, which are generally considered as the receiving environment for the treated wastewater, is continuously deteriorating. In order to keep the river water quality under control, it is important to use easily understandable water quality evaluation method in terms of parameters determining water quality. In this study, water quality data obtained from 3 different flow observation stations (Pamukova, Doğançay and Adatepe stations) which were collected on monthly basis for 5 years were used in the evaluation of water quality of Sakarya River. Sakarya River water quality classes were determined using statistical data evaluation methods (Hazen, Weibull and Logarithmic methods). Water quality classes were examined according to each method which was general conditions (temperature, Ph, Conductivity), oxygenation (Dissolved Oxygen, Biological Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand), nutrient (Ammonia Nitrogen, Nitrite Nitrogen, Nitrate Nitrogen, Total Kjeldahl Nitrogen, Total phosphorus) parameters. As a result, it is understood that the use of statistical data evaluation methods for the decision-makers for surface water quality classification is an important and practical method.

Keywords: Water quality, Statistical data evaluation methods (Hazen, Weibull, and Logarithmic), Sakarya River.

Özet:

Nehirler canlı yaşamının devamı için vazgeçilmez tatlı su sistemleridir. Nehirlerin su kalitesi tüm canlıların sağlığı ve sürdürülebilir bir çevre açısından önemli bir parametredir. Nüfusun artması ve sanayileşmedeki gelişmelerle birlikte çoğunlukla arıtılmış atıksular için alıcı ortam olarak değerlendirilen nehirlerin su kalitesi sürekli olarak kötüleşmektedir. Nehir su kalitesinin sürekli kontrol altında tutmak için, su kalitesini belirleyen parametreler açısından kolaylıkla hesaplanabilen ve anlaşılabilir su kalitesi değerlendirme yöntemi kullanılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada Sakarya Nehri su kalitesinin değerlendirilmesinde, nehir üzerinde kurulu 3 ayrı akım gözlem istasyonundan (Pamukova, Doğançay ve Adatepe istasyonları) 5 yıl süreyle aylık olarak alınan numunelerden elde edilen 60 aylık su kalitesi verileri kullanılmıştır. Sakarya Nehri su kalitesi sınıfları istatistiksel veri değerlendirme yöntemleri (Hazen, Weibull ve Logaritmik yöntemler) kullanılarak belirlenmiştir. Su kalitesi sınıfları her bir yöntemle göre genel şartlar (Sıcaklık, pH, İletkenlik), oksijenlendirme (Çözülmüş Oksijen, Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Kimyasal Oksijen İhtiyacı), nütrient (Amonyak Azotu, Nitrit Azotu, Nitrat Azotu, Toplam Kjeldahl Azotu, Toplam Fosfor) parametreleri açısından incelenmiştir. Sonuç olarak istatistiksel veri değerlendirme yöntemlerinin karar vericiler için yüzeysel su kalitesi sınıflandırma amacıyla kullanımının önemli ve pratik bir yöntem olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su kalitesi, İstatistiksel veri değerlendirme yöntemleri (Hazen, Weibull ve Logaritmik), Sakarya Nehri.

1. Giriş

Su yeryüzünde yaşayan tüm canlı formları için en temel kaynaklardan biridir. Temiz su insan sağlığına zarar verecek herhangi bir kimyasal madde ve canlı mikroorganizma içermemelidir. Dünyadaki büyüme ve gelişme ile birlikte yüzeysel sular çok çeşitli kaynaklardan gelen yoğun kirleticilerle kirlenmektedir. Yüzeysel su kaynaklarının kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini belirleyen buharlaşma, havzanın yapısı, atmosfer, jeoloji, endüstriyel aktiviteler, evsel ve/veya tarımsal akışlar gibi birçok parametre mevcuttur [1].

Yüzeysel su kaynaklarının kirlenmesinde meydana gelen artış içme suyu temin edilen su kaynaklarının kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak insan sağlığı olumsuz bir şekilde etkilenmekte ve sucül yaşamın dengesi bozulmaktadır. Birleşmiş Milletler Gelişme Programı'na göre dünya üzerinde yatan hastaların %50'si su kaynaklı hastalıklardandır. Yine aynı rapora göre beş yaşın altındaki çocuk ölümlerinin yaklaşık % 20'si su kaynaklı hastalıklardandır [2]. Yüzeysel su kaynaklarının temiz kalmasını sağlamak için su kalitesinin etkili bir şekilde kontrol edilmesi ve yönetilmesi büyük önem arz etmektedir.

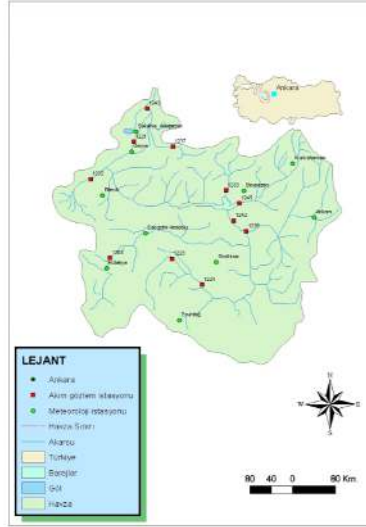
Bütün ülkeler kendi içme suyu kalitesi kriterlerini belirleyebildiği gibi, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve AB (Avrupa Birliği) gibi kuruluşlarda içme sularında bulunan zararlı maddeler için sınır değerler belirlemiştir. Ancak bu parametrelerin bu konuda çalışan uzmanlar tarafından tek tek ele alınarak değerlendirilmesi ve yorumlanması zor ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu nedenle son zamanlarda yapılan birçok çalışmada su kalitesinin daha pratik, anlaşılabilir ve kolay yorumlanabilir şekilde değerlendirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır [3–6].

Bu çalışmada, Sakarya Nehri üzerinde kurulu Pamukova, Doğançay ve Adatepe akım gözlem istasyonlarından 2012–2017 yılları arasında elde edilen su kalitesi verileri değerlendirilmiştir. Beş yıl ve 60 aylık ölçümden oluşan su kalitesi verileri genel şartlar (Sıcaklık, pH, İletkenlik), oksijenlendirme parametreleri (Çözünmüş Oksijen, Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Kimyasal Oksijen İhtiyacı) ve nütrient (besin elementleri) parametreleri (Amonyak Azotu, Nitrit Azotu, Nitrat Azotu, Toplam Kjeldahl Azotu, Toplam Fosfor)'ni içermektedir. Çalışma kapsamında *30 Kasım 2012 Tarih ve 28483 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği"*nde yer alan *İstatistiksel Veri Değerlendirme Yöntemleri (Hazen, Weibull ve Logaritmik yöntem)* kullanılarak Sakarya Nehrinin belirtilen parametreler açısından su kalitesi sınıfları belirlenmiştir.

2. Çalışma Alanı

Sakarya Nehri Türkiye'nin kuzeybatısında yer almakta ve yaklaşık 810 km uzunluğu ile Türkiye'nin üçüncü uzun nehridir. Nehrin genişliği 60-150 m arasında değişmektedir. Sakarya Nehri, Eskişehir ilinde bulunan çifteler ilçesinin yaklaşık 3 km güneydoğusundan doğar, birçok dere ile beslenir ve kuzeye doğru akarak Karasu Bölgesi'nden denize dökülür (Şekil 1) [7]. Sakarya Nehri'nin önemli yan kolları başta Porsuk ve Ankara çayı olmak üzere Seydisuyu, Çarksuyu, Karasu, Girmir çayı, Göynük çayı, Mudurnu çayı ve Göksu'dur. Havza içinde yer alan iller Ankara, Eskişehir, Kütahya, Bilecik ve Sakarya'dır [8]. Nehrin, minimum debisi 30 m³/s, ortalama debisi 193 m³/s ve maksimum debisi 996 m³/s olarak belirlenmiştir [9]. Havza toplam

drenaj alanı, yaklaşık 56.504 km² ile Türkiye yüz ölçümünün % 7,6'sına karşılık gelmektedir. Havza hidrolojik olarak, yukarı, orta ve aşağı Sakarya havzası olmak üzere üç bölgeye ayrılmaktadır [7]. Nehir hızla artan nüfus ve endüstrileşmeyle birlikte kentsel, tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan atıksuların nehre deşarj edilmesi nedeni ile uzun yıllardır kirliliğe maruz kalmıştır.



Şekil 1. Sakarya Nehri havzası ve lokasyonu [10]

3. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, Sakarya Nehri su kalitesi sınıflarının belirlenmesinde nehir üzerinde yer alan 3 ayrı akım gözlem istasyonundan (Pamukova, Doğançay ve Adatepe) 2012–2017 yılları arasında elde edilen 5 yıl ve 60 aylık su kalitesi verileri kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde “30 Kasım 2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği’nde” yer alan İstatistiksel Veri Değerlendirme Yöntemleri (Hazen, Weibull ve Logaritmik yöntem) kullanılmıştır. İstatistiksel veri değerlendirme yöntemlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 1’de sunulan ve aynı yönetmeliğin Ek-5’inde yer alan “Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” ile karşılaştırılmış ve Sakarya Nehri su kalite sınıfları belirlenmiştir.

Tablo 1. Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri [11]

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
	<i>Genel Şartlar</i>			
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında
İletkenlik (µS/cm)	< 400	400-1000	1001-3000	> 3000
Renk	RES 436 nm: 1.5	RES 436 nm: 3	RES 436 nm: 4.3	RES 436 nm: 5
	RES 525 nm: 1.2	RES 525 nm: 2.4	RES 525 nm: 3.7	RES 525 nm: 4.2
	RES 620 nm: 0.8	RES 620 nm: 1.7	RES 620 nm: 2.5	RES 620 nm: 2.8

Tablo 2. Kıta içi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Devamı) [11]

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
(A) Oksijenlendirme Parametreleri				
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	> 8	6-8	3-6	< 3
Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70-90	40-70	< 40
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	25-50	50-70	> 70
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	< 4	4-8	8-20	> 20
(B) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri				
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	< 0,2 ^b	0,2-1 ^b	1-2 ^b	> 2
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	< 0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	> 0,05
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	< 5	5-10	10-20	> 20
Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,03	0,03-0,16	0,16-0,65	> 0,65
(C) İz Elementler (Metaller)				
Cıva (µg Hg/L)	< 0,1	0,1-0,5	0,5-2	> 2
Kadmiyum (µgCd/L)	≤ 2	2-5	5-7	> 7
Kurşun (µg Pb/L)	≤10	10-20	20-50	> 50
Bakır (µg Cu/L)	≤20	20-50	50-200	> 200
Nikel (µgNi/L)	≤20	20-50	50-200	> 200
Çinko (µgZn/L)	≤200	200-500	500-2000	> 2000
(D) Bakteriyolojik Parametreler				
Fekalkoliform (EMS/100 mL)	≤10	10-200	200-2000	> 2000
Toplam koliform (EMS/100 mL)	≤100	100-20000	20000-100000	> 100000
Tehlikeli maddeler	Tehlikeli maddeler ve bu tabloda verilmeyen diğer kirleticiler konuyla ilgili ülke envanteri (referans değerler) oluşturulduktan sonra, 1 Ocak 2015'den itibaren değerlendirilecektir.			

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃-N/L değerini geçmemelidir.

(c) Kalite sınıflarına göre suların kullanım maksatları:

Sınıf I - Yüksek kaliteli su;

- 1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yüzeysel sular,
- 2) Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su,
- 3) Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
- 4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,

Sınıf II - Az kirlenmiş su;

- 1) İçme suyu olma potansiyeli olan yüzeysel sular,
- 2) Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su,
- 3) Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
- 4) Mer'i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,

Sınıf III - Kirlenmiş su;

Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu,

Sınıf IV - Çok kirlenmiş su;

Sınıf III için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yüzeysel sular.

3.1. İstatistiksel Veri Değerlendirme Yöntemleri

30 Kasım 2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği”nde su kalitesi sınıflandırmasında karakteristik değer bulunmasında kullanılan istatistiksel veri değerlendirme yöntemleri Hazen, Weibull ve Logaritmik yöntemlerdir. Aşağıda Tablo 2’de bu yöntemlere ait istatistiksel veri değerlendirme formülleri verilmektedir.

Tablo 2. Su kalitesi sınıflandırmasında karakteristik değer bulunmasında kullanılan istatistiksel yöntemler[11]

Yöntem	Yüzde Kesri	Yüzdelik değer	%95’lik değer için gerekli minimum veri sayısı
Hazen	$p = \frac{r - \frac{1}{2}}{n}$	$P = 100 \cdot \left(\frac{n - \frac{1}{2}}{n} \right) = 100 - \frac{50}{n}$	10
Weibull	$p = \frac{r}{n+1}$	$P = 100 \cdot \left(\frac{n}{n+1} \right) = \frac{100 \cdot n}{n+1}$	19
Logaritmik	$p=0,95$ $p=0,90$	$P = \log^{-1}(\mu + 1,65 \sigma)$ $P = \log^{-1}(\mu + 1,282 \sigma)$	Minimum 3 yıllık veri

r: Sıra no (küçükten büyüğe doğru), p: Yüzde kesri, P: Yüzdelik değer, n: Veri sayısı

(a) Hazen yönteminin uygulama adımları

- (1) n adet su kalitesi verisi küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sıralanmış veri seti X_i : $i = 1, 2, \dots, n$ olarak adlandırılır.
- (2) Seçilen yöntemin gerektirdiği asgari veri sayısı kontrol edilir. Yeterli veri mevcutsa, Hazen yönteminin uygulanmasına geçilir.
- (3) Aşağıdaki ifadeler kullanılarak yüzde kesri (p) ve sıra numarası (r) hesaplanır; sıra numarası genellikle kesirli bir sayıdır.

$$\text{Yüzde kesri: } p = \frac{r - \frac{1}{2}}{n}$$

$$\text{Sıra numarası: } r = p * n + \frac{1}{2}$$

- (4) Kesirli sıra numarasının bir altı ve üstündeki tam sayılara karşı gelen veriler arasında doğrusal enterpolasyon yapılarak, aşağıdaki ifade yardımıyla r’ye karşı gelen su kalitesi değeri (X_r) hesaplanır.

$$X_r = (1-f) \cdot X_i + f \cdot X_{i+1}$$

X_i : r’nin tam kısmı, f: r’nin ondalık kısmı

(b) Weibull yönteminin uygulama adımları

- (1) n adet su kalitesi verisi küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sıralanmış veri seti X_i : $i = 1, 2, \dots, n$ olarak adlandırılır.
- (2) Seçilen yöntemin gerektirdiği asgari veri sayısı kontrol edilir. Yeterli veri mevcutsa, Weibull yönteminin uygulanmasına geçilir.
- (3) Aşağıdaki ifadeler kullanılarak yüzde kesri (p) ve sıra numarası (r) hesaplanır; sıra numarası genellikle kesirli bir sayıdır.

$$\text{Yüzde kesri: } p = \frac{r}{n+1}$$

$$\text{Sıra numarası: } r = p * (n + 1)$$

- (4) Kesirli sıra numarasının bir altı ve üstündeki tam sayılara karşı gelen veriler arasında doğrusal enterpolasyon yapılarak, aşağıdaki ifade yardımıyla r’ye karşı gelen su kalitesi değeri (X_r) hesaplanır.

$$X_r = (1-f).X_i + f.X_{i+1}$$

X_i : r'nin tam kısmı, f : r'nin ondalık kısmı

(c) Logaritmik yönteminin uygulama adımları

- (1) Seçilen yöntemin gerektirdiği asgari veri sayısı kontrol edilir. Yeterli veri mevcutsa, logaritmik yönteminin uygulanmasına geçilir.
- (2) n adet su kalitesi verisi için (veri seti X_i : $i = 1, 2, \dots, n$) $\log_{10}(X_i)$ değerleri hesaplanır.
- (3) Hesaplanan $\log_{10}(X_i)$ değerleri toplanarak T değeri hesaplanır.
- (4) Aritmetik Ort. (μ) = T/n formülü kullanılarak aritmetik ortalama hesaplanır.
- (5) Standart Sapma (σ) = $\sqrt{\frac{\sum(\log_{10} - \mu)^2}{\text{verisayısı} - 1}}$ formülü kullanılarak standart sapma hesaplanır.
- (6) Bir su kalitesi parametresi ile ilgili veri seti için, logaritmik yöntemle göre %95'lik sınır değeri; %95 değeri = $\log^{-1}(\mu + 1,65 \sigma)$ formülü kullanılarak hesaplanır.
- (7) Bir su kalitesi parametresi ile ilgili veri seti için, logaritmik yöntemle göre %90'lık sınır değeri; %90 değeri = $\log^{-1}(\mu + 1,1,282 \sigma)$ formülü kullanılarak hesaplanır.

4. Bulgular

Bu çalışmada, Sakarya Nehri üzerinde kurulu Pamukova, Doğançay ve Adatepe akım gözlem istasyonlarından 2012–2017 yılları arasında elde edilen su kalitesi verileri değerlendirilmiştir. Beş yıl ve 60 aylık ölçümden oluşan su kalitesi verileri genel şartlar (Sıcaklık, pH, İletkenlik), oksijenlendirme parametreleri (Çözünmüş Oksijen, Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Kimyasal Oksijen İhtiyacı) ve nütrient (besin elementleri) parametreleri (Amonyak Azotu, Nitrit Azotu, Nitrat Azotu, Toplam Kjeldahl Azotu, Toplam Fosfor)'ni içermektedir. Çalışma kapsamında 30 Kasım 2012 Tarih ve 28483 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği"nde yer alan İstatistiksel Veri Değerlendirme Yöntemleri (Hazen, Weibull ve Logaritmik yöntem) kullanılarak Sakarya Nehrinin belirtilen parametreler açısından su kalitesi sınıfları belirlenmiştir. Her bir istasyondan elde edilen veriler istatistiksel veri değerlendirme yöntemleri ile değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 1'de yer alan genel şartlar, oksijenlendirme parametreleri, nutrient (besin elementleri) parametreleri yönetmelik sınırd değerleri ile karşılaştırılmış ve Sakarya Nehri su kalitesi sınıfları belirlenmiştir. Aşağıdaki tablolarda her bir istasyon için elde edilen su kalitesi sınıf bulguları verilmektedir.

Tablo 3. Pamukova istasyonu su kalitesi sınıfının genel şartlar ve oksijenlendirme parametreleri açısından değerlendirilmesi

Genel Şartlar				Oksijenlendirme			
Yöntem Sınıf	Sıcaklık (°C)	pH	İletkenlik (µS/cm)	Yöntem Sınıf	Çözünmüş Oksijen (mg O ₂ /L)	Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅) (mg/l)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/l)
Hazen Sınıf	25,18 III	8,50 II	1098,30 III	Hazen Sınıf	12,335 I	8 II	62,16 III
Weibull Sınıf	25,40 III	8,50 II	1106,40 III	Weibull Sınıf	12,38 I	8 II	62,79 III
Log %95 Sınıf	28,89 III	8,53 III	1160,60 III	Log %95 Sınıf	12,23 I	7,077 II	58,83 III
Log %90 Sınıf	24,86 II	8,41 II	1090,29 III	Log %90 Sınıf	11,71 I	5,86 II	50,64 III

Tablo 3’deki sonuçlar incelendiğinde, Pamukova istasyonu için üç yöntemden (Hazen, Weibull, Logaritmik) elde edilen sonuçlar yönetmelik değerleri ile karşılaştırıldığında genel şartlar açısından su kalitesinin III. sınıf bir su olduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde oksijenlendirme parametresi açısından da su kalitesinin III. sınıf bir su olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Pamukova istasyonu su kalitesi sınıfının nütrient (besin elementleri) parametreleri açısından değerlendirilmesi

Nütrient (Besin Elementleri) Parametreleri					
Yöntem Sınıf	Amonyak Azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	Nitrit Azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	Nitrat Azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L)	Toplam Fosfor (mg P/L)
Hazen	0,45	0,16	4	1,15	-
Sınıf	II	IV	I	II	-
Weibull	0,49	0,165	4	2,18	-
Sınıf	II	IV	I	III	-
Log %95	0,72	0,093	4,25	1,40	0,47
Sınıf	II	IV	I	II	III
Log %90	0,49	0,071	3,65	1,05	0,46
Sınıf	II	IV	I	II	III

Tablo 4’deki sonuçlar incelendiğinde, Pamukova istasyonu su kalitesinin nütrient parametreleri açısından IV. sınıf bir su olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 5. Doğançay istasyonu su kalitesi sınıfının genel şartlar ve oksijenlendirme parametreleri açısından değerlendirilmesi

Genel Şartlar				Oksijenlendirme			
Yöntem Sınıf	Sıcaklık (°C)	pH	İletkenlik (µS/cm)	Yöntem Sınıf	Çözünmüş Oksijen (mg O ₂ /L)	Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅) (mg/l)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/l)
Hazen	24,65	8,4	1094,6	Hazen	11,83	6,3	61,8
Sınıf	I	III	III	Sınıf	I	II	III
Weibull	24,9	8,4	1104,5	Weibull	11,83	6,3	61,8
Sınıf	I	III	III	Sınıf	I	II	III
Log %95	27,66	8,61	1263,32	Log %95	26,64	62,11	752,93
Sınıf	III	III	III	Sınıf	I	III	IV
Log %90	22,06	8,36	1098,51	Log %90	20,58	31,61	375,91
Sınıf	I	III	III	Sınıf	I	III	IV

Tablo 5’deki sonuçlar incelendiğinde, Doğançay istasyonu için üç yöntemden (Hazen, Weibull, Logaritmik) elde edilen sonuçlar yönetmelik değerleri ile karşılaştırıldığında genel şartlar açısından su kalitesinin III. sınıf bir su olduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde oksijenlendirme parametresi açısından su kalitesinin IV. sınıf bir su olduğu görülmektedir.

Tablo 6’daki sonuçlar incelendiğinde, Doğançay istasyonu su kalitesi nütrient parametreleri

açısından değerlendirildiğinde su kalitesinin IV. sınıf bir su olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 6. Doğançay istasyonu su kalitesi sınıfının nütrient (besin elementleri) parametreleri açısından değerlendirilmesi

Nütrient (Besin Elementleri) Parametreleri				
Yöntem Sınıf	Amonyak Azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	Nitrit Azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	Nitrat Azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L)
Hazen	0,453	0,142	3,93	0,997
Sınıf	II	IV	I	II
Weibull	0,485	0,1875	3,98	1,01
Sınıf	II	IV	I	II
Log %95	-	-	32,14	30,73
Sınıf	-	-	IV	IV
Log %90	-	-	18,58	12,36
Sınıf	-	-	III	IV

Tablo 7'deki sonuçlar incelendiğinde, Adatepe istasyonu için üç yöntemden (Hazen, Weibull, Logaritmik) elde edilen sonuçlar yönetmelik değerleri ile karşılaştırıldığında genel şartlar açısından su kalitesinin III. sınıf bir su olduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde oksijenlendirme parametresi açısından su kalitesinin IV. sınıf bir su olduğu görülmektedir.

Tablo 7. Adatepe istasyonu su kalitesi sınıfının genel şartlar ve oksijenlendirme parametreleri açısından değerlendirilmesi

Genel Şartlar				Oksijenlendirme			
Yöntem Sınıf	Sıcaklık (°C)	pH	İletkenlik (µS/cm)	Yöntem Sınıf	Çözünmüş Oksijen (mg O ₂ /L)	Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅) (mg/l)	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) (mg/l)
Hazen	25,85	8,33	1023,5	Hazen	12,10	6,00	77,17
Sınıf	III	I	III	Sınıf	I	II	IV
Weibull	26	8,35	1025,75	Weibull	12,10	6,03	78,76
Sınıf	III	I	III	Sınıf	I	II	IV
Log %95	21,59	8,30	990,33	Log %95	23,93	16,88	542,59
Sınıf	I	I	II	Sınıf	I	III	IV
Log %90	16,59	8,10	864,91	Log %90	19,13	11,97	286,12
Sınıf	I	I	II	Sınıf	I	III	IV

Tablo 8'deki sonuçlar incelendiğinde, Adatepe istasyonu su kalitesi nütrient parametreleri açısından değerlendirildiğinde, su kalitesinin IV. sınıf bir su olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 8. Adatepe istasyonu su kalitesi sınıfının nütrient (besin elementleri) parametreleri açısından değerlendirilmesi

Yöntem Sınıf	Nütrient (Besin Elementleri) Parametreleri		
	Nitrit Azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	Nitrat Azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L)
Hazen Sınıf	0,109	4	0,2
Weibull Sınıf	0,033	4	0
Log %95 Sınıf	0	4,07	0
Log %90 Sınıf	0	3,61	0

5. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, Sakarya Nehri su kalitesi sınıflarının belirlenmesinde nehir üzerinde yer alan 3 ayrı akım gözlem istasyonundan (Pamukova, Doğançay ve Adatepe) 2012–2017 yılları arasında elde edilen su kalitesi verileri kullanılmıştır. 5 yıllık (60 aylık) verilerin değerlendirilmesinde “30 Kasım 2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği’nde” yer alan istatistiksel veri değerlendirme yöntemleri (Hazen, Weibull, Logaritmik Yöntem) kullanılmıştır. Sakarya Nehri su kalite sınıfları Tablo 1’de sunulan ve aynı yönetmeliğin Ek-5’inde yer alan “Kıtaçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” esas alınarak belirlenmiştir. Her bir istasyondan elde edilen veriler yönetmelikte yer alan genel şartlar, oksijenlendirme parametreleri, nütrient (besin elementleri) parametreleri açısından istatistiksel veri değerlendirme yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve su kalitesi sınıfları belirlenmiştir.

Sonuç olarak üç yöntemden (Hazen, Weibull, Logaritmik) elde edilen sonuçlar Tablo 1’de yer alan yönetmelik sınır değerleri ile karşılaştırıldığında;

- Pamukova istasyonu su kalitesinin genel şartlar açısından III. sınıf, oksijenlendirme parametresi açısından III. sınıf, nütrient parametreleri açısından IV. sınıf bir su olduğu,
- Doğançay istasyonu su kalitesinin genel şartlar açısından III. sınıf, oksijenlendirme parametresi açısından IV. sınıf, nütrient parametreleri açısından IV. sınıf bir su olduğu,
- Adatepe istasyonu su kalitesinin genel şartlar açısından III. sınıf, oksijenlendirme parametresi açısından IV. sınıf, nütrient parametreleri açısından IV. sınıf bir su olduğu anlaşılmıştır.

Ayrıca “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği’nde” yer alan istatistiksel veri değerlendirme yöntemlerinin (Hazen, Weibull, Logaritmik Yöntem) nehir su kalitesinin değerlendirilmesinde pratik, anlaşılabilir ve kolay yorumlanabilir yöntemler olduğu görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2014-50-01-046 nolu proje kapsamında desteklenmiştir

Referanslar

- [1] Ewaid SH, Abed SA, Kadhum SA. Predicting the Tigris River water quality within Baghdad, Iraq by using water quality index and regression analysis. *Environ Technol Innov* 2018; 11: 390–398.
- [2] Nguyen TT, Keupers I, Willems P. Conceptual river water quality model with flexible model structure. *Environ Model Softw*. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.1016/j.envsoft.2018.03.014.
- [3] Noori R, Berndtsson R, Hosseinzadeh M, et al. A critical review on the application of the National Sanitation Foundation Water Quality Index. *Environ Pollut* 2019; 244: 575–587.
- [4] Ponsadailakshmi S, Ganapathy Sankari S, Prasanna SM, et al. Evaluation of water quality suitability for drinking using drinking water quality index in Nagapattinam district, Tamil Nadu in Southern India. *Groundw Sustain Dev* 2018; 6: 43–49.
- [5] Tripathi M, Singal SK. Use of Principal Component Analysis for parameter selection for development of a novel Water Quality Index: A case study of river Ganga India. *Ecol Indic* 2019; 96: 430–436.
- [6] Dede ÖT, Sezer M. Aksu Deresi Su Kalitesinin Belirlenmesinde Kanada Su Kalitesi İndeksi (CWQI) Modelinin Uygulanması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Derg* 2017; 32: 909–917.
- [7] Isik S, Dogan E, Kalin L, et al. Effects of anthropogenic activities on the Lower Sakarya River. *Catena* 2008; 75: 172–181.
- [8] Şengörür B, İsa D. Sakarya Nehri'ne Ait Su Kalite Gözlemlerinin Faktör Analizi. *Turk J Engin Env Sci* 2001; 25: 415–425.
- [9] Anıl Kızılaslan M, Sağın F, Doğan E, et al. Aşağı Sakarya Nehri akımlarının yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi. *SAU J Sci* 2014; 18: 99–103.
- [10] Atalay A. *Sakarya Nehri'nin Aylık ve Yıllık Akım Değerlerinin İstatistiksel Analizi ve Yağış Tutarları ile Korelasyonu*. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [11] Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. 2012.