



## Aksu çayı su kalitesinin belirlenmesinde Kanada su kalitesi indeks (CWQI) modelinin uygulanması

Özlem Tunç Dede<sup>1\*</sup>, Melike Sezer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Güre Yerleşkesi, 28200, Giresun, Türkiye

<sup>2</sup>Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü, İzleme ve Kalite Kontrol Laboratuvarı Şube Müdürlüğü, 61220, Trabzon, Türkiye

### Ö N E Ç I K A N L A R

- Su kalitesini etkileyen parametreler
- Su kalitesi indeks modellerinin su kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılması
- Aksu çayı su kalitesinin belirlenmesi

#### Makale Bilgileri

Geliş: 03.06.2016

Kabul: 23.09.2016

#### DOI:

110.17341/gazimmfd.337643

#### Anahtar Kelimeler:

Yüzeysel su,  
su kalitesi, su kalitesi indeksi  
(wqi),  
kanada su kalitesi indeksi  
(cwqi),  
aksu çayı

#### ÖZET

Su kalitesi, tüm canlıların sağlığını ve güvenliğini etkileyen önemli bir parametredir. Artan nüfus ve gelişen teknoloji ile birlikte su kalitesi ile ilgili endişeler gün geçtikçe çoğalmaktadır. Bu nedenle, su kalitesini etkileyen parametrelerin belirlenmesi, bunların anlaşılabilir bir şekilde yorumlanması ve ifade edilmesi son derece önemlidir. Bu amaçla, kolaylıkla hesaplanabilen ve tek bir sayı ile ifade edilebilen su kalite indeksleri (WQI) kullanılabilir. Bu çalışmada, Giresun ilinin önemli bir içme suyu kaynağı olan Aksu Çayı üzerinde 3 farklı istasyon noktasından 1 yıl süreyle 12 ay boyunca elde edilen su kalitesi verileri incelenmiştir. Tüm örnekler üzerinde 36 adet su kalitesi parametresinin analizi Trabzon'da bulunan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Su Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. Sonuç olarak, su kalitesi standartlarında verilen sınır değerlerinin dışında olduğu gözlemlenen çözülmüş oksijen, T.coli, E.coli ve fenol parametrelerinin suyun kalitesini etkileyen ana kirleticiler olduğu saptanmıştır. Bazı durumlarda ise renk, bulanıklık, amonyak azotu, mangan, demir, alüminyum, civa ve sürfaktan değerlerinin de sınır değerlerini aştığı görülmüştür. Verilerin anlaşılabilir bir şekilde ifade edilmesi ve yorumlanabilmesi için Kanada Su Kalitesi İndeks Modeli (CWQI) uygulanmıştır. Hesaplanan indeks değerleri ile ölçülen su kalitesi parametre değerleri karşılaştırıldığında indeks değerlerinin mantıklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Üç istasyon için de indeks değerleri "zayıf" kategorisinde bulunmuştur.

## The application of Canadian water quality index (CWQI) model for the assessment of water quality of Aksu creek

### H I G H L I G H T S

- Parameters affecting water quality
- The using of water quality index models for the assessment of water quality
- Evaluation of water quality of Aksu creek

#### Article Info

Received: 03.06.2016

Accepted: 23.09.2016

#### DOI:

10.17341/gazimmfd.337643

#### Keywords:

Surface water,  
water quality, water quality  
index (wqi),  
canadian water quality index  
(cwqi),  
aksu creek

#### ABSTRACT

Water quality is an important factor effecting health and safety of all living. With growing population and emerging technologies, the concern about the sustainability of water quality is increasing day by day. The concerns about water quality issues are increasing day by day with growing population and technological development. Thus, determination and assessment of parameters effecting water quality is important. For this purpose, Water Quality Index (WQI) which can be calculated easily as a single number can be used. In this study, the water quality data obtained from 3 sampling stations during one year monitoring period at Aksu Creek, one of the main drinking water resource of Giresun province, was evaluated. The analysis of 36 water quality parameters was done for all water samples at Water Analysis Laboratory of General Directorate of State Hydraulic Works (DSI) in Trabzon. In conclusion, it was found that DO, T. coli, E. coli and phenol values which exceed the limit values given in the water quality standards are the major pollutants that affect the water quality. By the way; color, turbidity, ammonia nitrogen, manganese, iron, aluminum, mercury and surfactant values also exceeded the limit values at some points. Canadian Water Quality Index (CWQI) was used for the comprehensible expression and interpretation of the data. When the calculated index values were compared with the measured water quality data, it was seen that index values are radical. The categories of index model for all stations were found as "poor" category.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Su, dünya üzerinde farklı şekillerde ve bol miktarda bulunan ve tüm canlıların yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan en önemli doğal kaynaklardan biridir. Dünya yüzeyinin yaklaşık %70'i suyla kaplı olmasına rağmen, bu suların %97,5'lik kısmı okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, %2,5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunur. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının %90'ını kutuplarda ve yeraltında hapsedilmiştir. Bu durum ise canlıların kolaylıkla erişebileceği tatlı su miktarının dünyadaki su kaynaklarının sadece %0,3'ü ile sınırlı olduğunu göstermektedir [1]. Günümüzde; yoğun nüfus artışı, aşırı ve bilinçsiz tüketim, hızlı ve plansız kentleşme, sanayileşme [2] ve kuraklık [3] gibi nedenlerden dolayı su miktarının azalması ve su kalitesinin düşmesi sorunları ile karşı karşıyayız. Dünyadaki su kaynaklarının sadece %0,3'ünün kullanılabilir ve içilebilir özellikte olduğu düşünüldüğünde, su kullanımına ve özellikle su kalitesine verilmesi gereken önemin daha da artırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Su kirliliği, yoğun yerleşimden kaynaklanan evsel atıklar, yoğun sanayiden kaynaklanan sanayi atıkları, tarımda kullanılan kimyasal gübreler (özellikle azotlu gübreler), zirai mücadele ilaçları, hava kirliliği (asit yağmurları), erozyonla su kaynaklarına taşınan toprak ve yabancı maddeler gibi istenmeyen zararlı maddelerin, suyun niteliğini ölçülebilecek oranda bozacak miktar ve yoğunlukta suya karışması olayıdır. Kirlenme sonucu sulara fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler meydana gelmektedir [4]. Bunlar doğrudan veya dolaylı olarak canlı ve cansız varlıklar üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır [5]. Nüfusun hızla artmasına rağmen su kaynaklarının sabit olması, bu kaynakların kirlenmemesini ve çok iyi kullanılmasını gerektirmektedir [6]. İçme sularında bulunabilecek maddelerin insan sağlığına etkisi, bunların cins ve miktarları ile belirlenir. Her ülke kendi içme suyu kriterlerini belirlediği gibi, Avrupa Birliği (AB) ve Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) gibi ülkeler arası kuruluşlar da özellikle zararlı kimyasal ve biyolojik maddeler için sınır değerler vermiştir [7]. Ayrıca, Su Çerçeve Direktifi (The Water Framework Directive WFD: European Union) kapsamında da AB üye ülkeleri için su kütlelerinin kalitesinin izlenmesi bir zorunluluk haline getirilmiş ve izlenecek parametrelere bu direktifte yer verilmiştir [8]. Ancak, bu parametrelerin ele alınarak tek tek değerlendirilmesi ve yorumlanması gerek düzenleyici kuruluşlar gerekse bu konuda çalışan uzmanlar için oldukça zor ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu nedenle, son zamanlarda, birçok çalışma su kalitesinin daha pratik, kapsamlı, anlaşılabilir ve karşılaştırılabilir bir şekilde ifade edilebilmesi üzerine yoğunlaşmıştır [9]. Su Kalitesi İndeksi (WQI), suların genel kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılır [10] ve kolaylıkla hesaplanabilen tek bir sayıyı ifade eder [11]. Su Kalitesi İndeksi, hızlı ve basit bir yöntemle elde edilmiş tek bir değere ve ona karşılık gelen ölçeğe bakılarak su kalitesinin tanımlanmasını sağlar [12]. WQI çok sayıda su kalitesi parametresini bir araya getirerek su kalitesini anlaşılabilir bir şekilde “çok iyi”, “iyi”, “zayıf”,

vb. şeklinde ifade eder [13]. Su kalitesi indeksi kullanılarak elde edilen veriler, su kalitesi konusunda hızlı ve etkili kararlar almak için hem karar vericiler hem paydaşlar tarafından rahatlıkla kullanılabilir [10]. Kanada Su Kalitesi İndeks Modeli (CWQI), Kanada Çevre Bakanlığı tarafından geliştirilmiş ve oldukça yaygın bir şekilde kullanılan bir modeldir [14]. Bu modelde, WQI değişkenlerin örnekleme sıklığı, başarısız değişkenlerin sıklığı ve standartlarda verilen hedef değerlerden sapmalara göre değerlendirme yapılır. Model, parametreler konumdan konuma değişeceğinden ve çevre koşullarına bağlı olduğundan herhangi bir su kalitesi parametresi ya da zaman kavramı tanımlamaz. Bu indeksin hesaplanmasında, en az dört parametre ve bu parametrelerin en az dört ölçümü yeterli gelmektedir [15]. İndeks, 0 ila 100 aralığında değişen ölçekte üç faktörden oluşmaktadır. Bu üç faktörün birleştirilmesi ile su kalitesini zayıftan yüksek kaliteye doğru tanımlayan ve 0 ila 100 arasında olan tek bir sayı elde edilir (Eş. 1). Bu tek sayıya bağlı olarak su kalitesinin sınıflandırılması ise Tablo 1'de verilmiştir [16]:

$$CWQI = 100 - \left[ \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right] \quad (1)$$

Eş. 1'de,  $F_1$  birinci faktördür ve kapsam olarak adlandırılır. Standartlarda verilen hedef değeri aşan parametrelerin toplam parametrelere göre yüzdesini ifade eder (Eş. 2).

$$F_1 = \frac{\text{Başarısız parametrelerin sayısı}}{\text{Toplam parametre sayısı}} * 100 \quad (2)$$

$F_2$ , ikinci faktördür ve frekans olarak adlandırılır. İzleme süreci boyunca yapılan toplam deney sayısına göre başarısız deneylerin yüzdesini ifade eder (Eş. 3).

$$F_2 = \frac{\text{Başarısız deneylerin sayısı}}{\text{Toplam deney sayısı}} * 100 \quad (3)$$

Üçüncü faktör  $F_3$ 'tür ve genişlik olarak adlandırılır. Standartlarda verilen hedef değeri aşan başarısız deney değerlerinin sayısını ifade eder. Üç aşamada hesaplanır:

a. Değişken değerinin hedef değeri karşılamadığı deney sayısı sapma olarak adlandırılır ve şu şekilde hesaplanır.

i. Değişkenin değerinin hedef değerden fazla olamayacağı durumlar için (Eş. 4);

$$\text{sapma}_i = \left( \frac{\text{Başarısız deney değeri}_i}{\text{Hedef değeri}} \right) - 1 \quad (4)$$

ii. Değişkenin değerinin hedef değerden az olamayacağı durumlar için (Eş. 5);

$$\text{sapma}_i = \left( \frac{\text{Hedef değeri}}{\text{Başarısız deney değeri}_i} \right) - 1 \quad (5)$$

iii. Hedef değerinin sıfır olduğu durumlar için (Eş. 6);

$$\text{sapma}_i = \text{Başarısız deney değeri}_i \quad (6)$$

b. Bu aşamada, birinci basamakta elde edilen sapmaların toplamının toplam deney sayısına (hedef değeri karşılayan ve karşılamayan) oranı belirlenir. Bu oran normalleştirilmiş sapmalar toplamı (nse) olarak adlandırılır (Eş. 7):

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{sapma}_i}{\text{Toplam deney sayısı}} \quad (7)$$

c. Son aşama, nse değerlerinin hedef değerlerden 0'dan 100 aralığına ölçeklendirilmesi ile  $F_3$ 'ün hesaplanmasını içerir (Eş. 8) [14, 15].

$$F_3 = \left( \frac{nse}{0.01nse+0.01} \right) \quad (8)$$

**Tablo 1.** Kanada su kalitesi indeks modelinin sınıflandırılması  
(The categorization of Canada water quality index model)

CWQI	
95-100	Mükemmel
80-90,4	İyi
65-79,9	Orta
45-64,9	Zayıf
0-44,9	Kötü

Literatürde, su kalitesi indeks modeli uygulanarak çeşitli yüzey sularında su kalitesinin belirlendiği çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan Lumb vd. [13] tarafından yapılan bir araştırmada Ontario, Kanada'da 30 nehir üzerinde modelin başarılı bir şekilde uygulandığı belirtilmiştir. El-Jabi vd. [17] tarafından yapılan bir çalışmada ise New Brunswick, Kanada'da Kanada su kalitesi indeks modeli uygulanarak 15 nehrin su kalitesi belirlenmiştir. Haldar vd. [18] tarafından Hindistan'da Damodar Nehri üzerinde bu model, sekiz örnekleme noktası için bir yıl boyunca elde edilen veri setine uygulanmıştır. Mahdi vd. [19] ise, Ardabil, İran'da Yamchi Barajı havzasında dokuz farklı örnekleme noktası için Kanada su kalitesi indeks modelini başarıyla uygulamışlardır.

Abukila [20], Mısır'ın kuzeyindeki göllere ve Akdeniz'e boşaltılan 20 farklı drenaj noktasından 2002-2013 yılları arasında örnekler alarak, bu noktalardaki su kalitesini, Kanada su kalitesi indeks modelini uygulayarak değerlendirmiştir. Bu çalışmada, Aksu Çayı için bir yıl boyunca her ay fiziko-kimyasal ve ağır metal parametreleri incelenmiş ve çayın su kalitesinin belirlenmesinde CWQI modelinin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Fiziko-kimyasal ve ağır metal parametrelerinin incelenmesinde TS 266 [21] ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği [22] temel alınmıştır. Kalite indeks modeli uygulaması ile Aksu Çayı'ndan alınan tüm örneklerin analizleri sonucunda elde edilen birçok verinin bir araya getirilerek Aksu Çayı üzerindeki örnekleme noktalarının su kalitesinin hızlı ve basit bir şekilde hesaplanmış tek bir değer ile ifade edilmesi hedeflenmiştir.

Böylece, su kalitesi verilerinin daha kolay ve anlaşılır bir biçimde ifade edilmesi sağlanmıştır.

## 2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Aksu Çayı, Giresun ilinin önemli içme suyu kaynaklarından biridir. Karagöl bölgesinden doğar ve Kızıltaş, Sarıyakup, Pınarlar ve Güdül bölgelerinin sularını topladıktan sonra Merkez ilçenin doğu sınırında Karadeniz'e dökülür. Aksu Çayının uzunluğu 75 km olup, il sınırları içerisinde ortalama yıllık debisi 17,8 m<sup>3</sup>/sn'dir. Yıllık 562 hm<sup>3</sup>'lük bir su potansiyeline sahiptir. Aksu Çayının su toplama havza alanı yaklaşık 715 km<sup>2</sup>'dir. Giresun şehir merkezinde oluşan evsel katı atıklar Aksu Çayı'nın Karadeniz'e döküldüğü Aksu Mahallesi'nde deniz kıyısına vahşi depolama yöntemi ile dökülmektedir. İlçelerde oluşan katı atıklar ise büyük ölçüde akarsu kenarlarına dökülmektedir. İlimizde içme suyunun derin kuyulardan ve keson kuyulardan elde edildiğini dikkate alırsak akarsu kenarlarına dökülen evsel katı atıklar içme suyu temin edilen kaynaklar için ciddi bir risk oluşturmaktadır.

Ayrıca, enerji üretimi amacıyla Aksu Çayı üzerinde birçok HES bulunmaktadır. Bölgede ufak da olsa bazı sanayi ve madencilik faaliyetleri de mevcuttur [23]. Fındık ağaçlarının, yeşilliğin ve ormanlık alanların hakim olduğu bu bölgedeki toprak dokusu özellikle killi ve alüvyon balçık yapısındadır [24]. Aksu nehrinin yer aldığı vadi tabanında yer alan düzlükler özellikle yerleşim amaçlı kullanılmakta ve buralarda tarımsal faaliyetler yürütülmektedir. Tüm bu etkenler düşünüldüğünde; evsel atık sular, evsel katı atıklar, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan atıklar, sanayi atıkları ve madencilik Aksu Çayı'nın muhtemel kirlilik kaynaklarını oluşturmaktadır [25]. Tablo 2'de Aksu Çayı üzerinde su örneklerinin alındığı örnekleme istasyon noktaları ve koordinatları verilmiştir. İstasyon noktalarının yer aldığı bölgeyi gösteren harita ise Şekil 1'de sunulmuştur.

Aksu Çayı'nın su kalitesi 3 farklı istasyonda fiziko-kimyasal ve ağır metal parametreleri açısından bir yıl boyunca (Ocak 2014 – Aralık 2014) her ay izlenmiştir. Su örnekleri yüzeyin hemen altından plastik şişelere alınmış, sıkıca kapatılmış ve analiz yapılacak laboratuvara soğutulmuş kutularda taşınmıştır. Örnek alma, saklama ve taşıma işlemleri Standard Yöntemler 1060 Örneklerin Toplanması ve Korunması yöntemine göre yapılmıştır [26]. Tüm örnekler için 36 adet su kalitesi parametresinin analizi Trabzon'da bulunan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Su Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. Fiziko-kimyasal ve ağır metal parametrelerinin analizleri Türk Standardları, Standard Yöntemler ve U.S. Çevre Koruma Ajansı Standardlarına göre yapılmıştır. Örnekleme aylık olarak yapılmıştır. Analizi yapılan parametreler ve elde edilen verilerin en düşük ve en yüksek değerleri ve kullanılan yöntemler Tablo 3'te verilmiştir. Sonuçlar TS 266, Türkiye Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) standartlarında içme suları için verilen değerler ele alınarak değerlendirilmiştir. İncelenen her bir parametre için standartlarda verilen değerler Tablo 3'te gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Örnekleme istasyon noktalarının adı ve koordinatları (The names of the water sampling points and their coordinates)

Örnekleme İstasyon No	İstasyon Adı	Koordinatlar	
		Kuzey	Batı
S1	Aksu Çayı, HES Sonrası	452738	4504643
S2	Aksu Çayı, HES Memba Sağ Kol	447945	4498491
S3	Aksu Çayı, HES Karışım Sonrası	447945	4498491



**Şekil 1.** Aksu Çayı üzerinde istasyon noktalarını gösteren harita (Harita "Google Maps" uygulaması kullanılarak elde edilmiştir)  
(The map indicating the sampling points on Aksu creek (Map was obtained by using "Google Maps" application))

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Aksu Çayı, Giresun ilinin en önemli içme suyu kaynaklarından biridir. Bu çay üzerinde su kalitesi izleme çalışmaları 3 farklı istasyon noktası üzerinden bir yıl için (Ocak 2014 – Aralık 2014) 12 ay boyunca izlenmiş ve tüm su örnekleri için 36 adet su kalitesi parametresinin analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarının en düşük ve en yüksek değerleri, ortalama değerleri ve standard sapmaları üç istasyon noktası için Tablo 3'te sunulmuştur. Tablo 3'te verilen tüm parametreler su kalitesinin izlenmesinde önemli olan ve tüketici üzerinde doğrudan ve/veya dolaylı olarak etkisi olan parametrelerdir. Elde edilen sonuçlar, özellikle çözülmüş oksijen, bakteriyolojik değerler ve fenol hariç çoğu su kalitesi izleme parametresinin sınır değerlerinin içerisinde olduğunu göstermektedir. Bazı durumlarda renk, bulanıklık, amonyak azotu, mangan, demir, alüminyum, cıva ve sürfaktan değerlerinin sınır değerlerinin dışında kaldığı görülmüştür. Bulanıklık ve renk suyun fiziksel değerlendirilmesi için kullanılan iki parametredir. Saf halde su renksizdir. Suyun içerisindeki renk genellikle sudaki organik maddelerin varlığında artar. Ayrıca, demir, mangan, krom gibi bazı metalik bileşenlerin suda var olması, suyun

renginin değişmesine neden olabilir [7]. Endüstriyel atık sular ağır metal kirliliğinin en önemli kaynakları arasındadır ve bu suların yüzey sularına karışması insan ve sucul ortamlardaki canlılara toksik ve kanserojen etkilere neden olabilir [35]. Bulanıklık da yine suda var olan askıda ya da kolloid organik/inorganik maddelerden ileri gelir.

Mikroorganizmaların sudaki parçacıklara yapışma olasılığı düşünüldüğünde, bulanıklık aslında suda mikrobiyal kirliliğin de bir göstergesi olabilir. Hem bulanıklık hem de renk görüntü açısından da suda istenmeyen parametrelerdir [7]. Elde edilen sonuçlara göre her üç istasyonda da dönem dönem renk ve bulanıklık değerlerinde artış görülmektedir. Çözülmüş oksijen (DO) sudaki yaşamın devamlılığı için önemli bir parametredir. Çözülmüş oksijen ayrıca su kirliliği için bir kontrol parametresidir. Oksijenin çözünürlüğü sıcaklıkla ters orantılıdır. Fosfat ve nitrat açısından zengin evsel atık sular yüzey sularına karıştığında, sucul bitkilerin büyümesi hızlanır ve sudaki çözülmüş oksijen miktarı azalır [36]. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde çözülmüş oksijen için değerler 8 mg/L'nin üzerinde olması gerektiği belirtilmiştir. Aksu Çayı üzerinde su örneklerinin alındığı tüm istasyon noktalarının çözülmüş oksijen açısından düşük kaliteye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

**Tablo3.** Su kalitesi parametrelerini tanımlayıcı istatistik verileri ve standartlarda verilen karşılık gelen sınır değerleri ile analiz yöntemleri (Descriptive statistics of water quality parameters, corresponding limit values given in the standards and analysis methods)

Su Kalitesi Parametreleri	S1				S2				S3				Sınır Değerler*	Analiz Yöntemleri**
	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	Standard Sapma	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	Standard Sapma	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	Standard Sapma		
pH	7,8	8,2	8,1	0,1	7,6	8,2	7,9	0,2	7,6	8,3	8,1	0,2	6,5 <sup>1</sup> / $\leq 9,5$	1
İletkenlik, EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	284	660	431	115	72	261	155	67	76	835	367	241	2500	2
Çözünmüş oksijen, DO (mg/L)	3,8	8,4	5,5	1,3	4,3	6,8	5,3	0,7	2,4	6,6	4,9	1	>8 <sup>a</sup>	1
Renk (Pt-Co)	3	40	17	12,6	5	35	12,8	8,2	5	35	12,6	9,1	20	1
Bulanıklık (NTU)	1,3	16,1	6,5	5,4	0,9	14,2	4,2	3,5	1,3	13,2	4	3,4	5	3
Amonyak azotu, NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	0	0,5	0,2	0,2	0	0,5	0,1	0,1	0	0,5	0,2	0,2	0,05 <sup>a</sup>	1
Nitrit, NO <sub>2</sub> (mg/L)	0	0,4	0,1	0,1	0	0,2	0,1	0,1	0	0,2	0,1	0,1	0,5	4
Nitrat, NO <sub>3</sub> (mg/L)	0,2	1	0,6	0,2	0,1	0,8	0,4	0,2	0,2	10,1	1,2	2,8	50	4
Fosfat, PO <sub>4</sub> (mg/L)	0	0,1	0,1	0,1	0	0,2	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,4 <sup>a</sup>	5
Sodyum, Na (mg/L)	6,7	36,5	19,4	9,4	7,1	25,9	12	6	10,8	38	20,2	8,7	200	6
Potasyum, K (mg/L)	1,1	2,7	1,5	0,4	0,7	2,2	1,2	0,4	0,7	2,2	1,5	0,5	3700 <sup>b</sup>	6
Kalsiyum, Ca (mg/L)	24,8	78	49,8	14,5	7,1	31,6	16,6	7,6	6,4	93,5	42,4	26,2	1000 <sup>c</sup>	6
Magnezyum, Mg (mg/L)	4,9	18,4	12	4,3	1,6	6	3,3	1,4	1,4	20,9	9,6	6,6	200 <sup>c</sup>	6
Klorür, Cl (mg/l)	6,5	33,9	18,7	8,8	3,7	30,7	14,6	8,6	6,5	58,8	23,9	15,9	200 <sup>a</sup>	4
Florür, F (mg/L)	0,1	0,7	0,1	0,2	0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	1,5	4
Sülfat, SO <sub>4</sub> (mg/L)	14,5	44,8	29,3	11,8	9,7	38	21,6	10,4	8,5	52,7	28	15,7	250	4
Biyolojik Oksijen İhtiyacı, BOD <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)	0	2,2	0,9	0,8	0	1,8	0,8	0,7	0	3,1	1	1	<3 <sup>a</sup>	1
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOİ (mgO <sub>2</sub> /L)	5	14,7	6,5	2,9	5	13,6	6,2	2,6	5	12,5	6	2,2	15	1
Toplam Koliform (no/100 mL)	1500	30000	6708,3	7952,9	500	20000	5458,3	6863,8	1000	40000	9416,7	12700,8	50 <sup>a</sup>	1
E. Koliform (no/100mL)	0	4000	383,3	1143,2	0	400	50	116,0	0	4000	341,7	1152,4	20 <sup>a</sup>	1
Kurşun, Pb ( $\mu\text{g/L}$ )	0,1	18,6	2,7	6	0,1	16,8	2,2	5,2	0,1	2,4	0,6	0,8	10	7
Çinko, Zn ( $\mu\text{g/L}$ )	0,9	57,4	8,1	18,6	0,9	67	7,9	20,8	0,9	12,9	2,7	3,9	500 <sup>a</sup>	7
Mangan, Mn ( $\mu\text{g/L}$ )	10	66	33,9	18,1	7	28	16,6	6,8	10	37	21,5	8,4	50	7
Demir, Fe ( $\mu\text{g/L}$ )	72,7	229,2	143,9	49	60,6	254	112,5	50,6	60,2	953,5	182,6	262	200	7
Bakır, Cu ( $\mu\text{g/L}$ )	0,9	6,7	2,3	2,2	0,9	11,9	2,8	3,4	0,9	6,7	2,4	2,2	2000	7
Kadmiyum, Cd ( $\mu\text{g/L}$ )	0	1,5	0,2	0,5	0	1,5	0,3	0,5	0	1,1	0,2	0,3	5	7
Kobalt, Co ( $\mu\text{g/L}$ )	0	2,6	0,6	0,9	0	2,4	0,5	0,8	0	1,6	0,5	0,6	10 <sup>a</sup>	7
Nikel, Ni ( $\mu\text{g/L}$ )	0,2	6,4	2,5	2,3	0,2	3,7	1	1,1	0,2	8,5	2,3	2,5	20	7
Alüminyum, Al ( $\mu\text{g/L}$ )	15,1	359,7	90,2	101,9	14,8	368,8	90,2	96,6	12,9	1280,6	194,4	371,7	200	7
Cıva, Hg ( $\mu\text{g/l}$ )	0	2,3	0,3	0,7	0	1,6	0,3	0,6	0	6,6	1	2,2	1	7
Arsenik, As ( $\mu\text{g/L}$ )	0,3	1,4	0,7	0,4	0,3	1,9	0,9	0,6	0,3	1,8	0,8	0,6	10	7
Selenyum, Se ( $\mu\text{g/L}$ )	0,2	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,5	0,2	0,1	10	7
Bor, B (mg/L)	0,01	0,09	0,03	0,02	0,01	0,07	0,04	0,02	0,02	0,1	0,05	0,03	1	7
Baryum, Ba ( $\mu\text{g/L}$ )	13,2	39,8	22,5	8,3	7,8	24,8	14,6	5,9	6,5	37,7	16	8,8	100 <sup>a</sup>	7
Sümfaktanlar (mg MMAM/L)	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	9	0,1	0	0,1	0,2	0,1	0	0,2 <sup>a</sup>	1
Fenoller (mg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH/L)	0,002	0,012	0,003	0,003	0,002	0,009	0,00	0,00	0	0,01	0,003	0,003	0,001 <sup>a</sup>	1

\* Sınır değerlerinin çoğu TS 266'ya [21] göre verilmiştir. TS 266'da yer almayanlar: <sup>a</sup>(Orman ve Su İşleri Bakanlığı Yönetmeliği 2012 [22]); <sup>b</sup>(WHO 2009 [33]); <sup>c</sup>(WHO 2011 [34]).

\*\*Analiz Yöntemleri: <sup>1</sup>(STMD 2005 [26]); <sup>2</sup>(TS 9748 EN 27888 [27]); <sup>3</sup>(TS 5091 EN ISO 7027 [28]); <sup>4</sup>(TS EN ISO 10304-1 [29]); <sup>5</sup>(TS 7886 [30]); <sup>6</sup>(TS EN ISO 14911 [31]); <sup>7</sup>(EPA 200.8 [32]).

Amonyak, sudaki azot içeren organik bileşiklerin bozunması sonucu oluşur. Tarımsal, endüstriyel ve kanalizasyon atık suları amonyak kirliliğinin birincil kaynaklarıdır. Suda amonyak varlığı, olası bakteri, lağım ve hayvan atığı kirliliğinin bir göstergesidir. Sıcaklık ve pH amonyak değerini etkiler ve yüksek pH değerlerinde amonyak toksik etki yaratabilir. Amonyak miktarı arttıkça, çözülmüş oksijenin harcama oranı artar ve bu durum sucul canlıları olumsuz etkiler [37]. Elde edilen sonuçlarda, üç istasyon noktasında da dönem-dönem amonyak kirliliğinin olduğu saptanmıştır. Sudaki metallerin toksik seviyelerdeki derişimleri canlı yaşamını olumsuz etkilediğinden [38], çalışma kapsamında üç istasyondan alınan su örnekleri üzerinde iz elementlerin (kurşun, çinko, mangan, demir, bakır, kadmiyum, kobalt, nikel, alüminyum, cıva, arsenik, selenyum, bor, baryum) analizleri de yapılmıştır. Su örneklerinde iz elementlerin seviyeleri genellikle sınır değerlerin altında çıkmıştır. Birkaç ölçümde anlık olarak mangan, demir, alüminyum ve cıva değerlerinde artış gözlenmiş ancak daha sonraki aylarda alınan su örneklerinde bu değerlerin tekrar normal değerlerde seyrettiği görülmüştür. Demir, mangan ve alüminyum doğada en çok bulunan elementlerdendir. Fazla miktarları insan üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir.

Cıva, aynı şekilde, canlılar üzerinde toksik etkilere neden olabilir. Su kalitesi çalışmalarında bakteriyolojik parametrelerin izlenmesi, değerlendirmenin vazgeçilmez parçalarından biridir. Giresun yöresinde hayvancılığın yaygın olması, çay üzerinde kesimhanenin yer alması ve atıklarının çaya verilmesi ve ayrıca evsel atık suların doğrudan çaya deşarj edilmesi bakteriyolojik kirliliğe neden olmaktadır. Tablo 3'ten görüldüğü üzere, bakteriyolojik analiz sonuçları sınır değerlerinin oldukça üzerindedir ve Aksu Çayı herhangi bir arıtma olmadan kullanıma pek uygun değildir.

Fenoller genellikle endüstriyel kökenli kirleticiler olup, suda yaşayan canlılarda toksik etkiye neden olur. Suda ve ayrıca balıklarda tat ve koku problemlerine yol açar [39]. Yapılan analiz sonuçlarında fenol değerleri de sınır değerlerinin üzerinde çıkmıştır. Su kalitesi analizleri farklı derecelendirilmiş değişik birçok parametrenin ölçümünü içermektedir. Bazı parametreler (cıva, fenol gibi) düşük derişimlerde dahi önemli etkilere neden olurken bazı parametreler (magnezyum, demir, alüminyum gibi.) ise düşük derişimlerde etkili değildir. CWQI farklı parametrelerin aynı indeks formülünde bir araya getirilmesine izin verir ve kolaylıkla tüm parametrelere uygulanabilir. Farklı amaçlar için kullanılan su kütlelerinin (içme suyu, sulama, sucul yaşam) değerlendirilmesi aşamasında rahatlıkla kullanılabilir. Tek gereksinimi en az

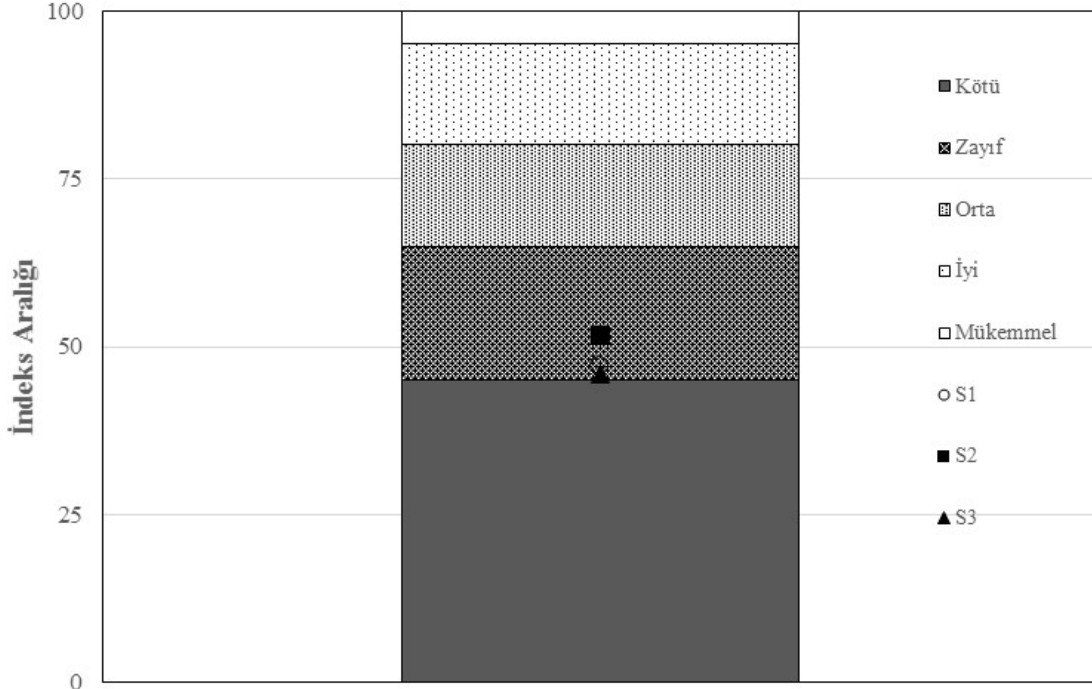
dört parametre ve her bir parametre için en az dört ölçüm yapılmış olmasıdır. Bu modelde 3 ana faktör vardır: kapsam (F<sub>1</sub>), frekans (F<sub>2</sub>), genişlik (F<sub>3</sub>). Bu üç ana faktör ele alınarak lineer olmayan bir formül ile genel indeks hesaplanabilir. Bu çalışmada, Aksu Çayı üzerinde 3 farklı istasyon noktasında su kalitesi izleme çalışmaları sırasında elde edilen su kalitesi verilerine Kanada Su Kalitesi İndeks Modeli uygulanmıştır. Bu modelde, su kalitesi çok kötüden mükemmelere doğru derecelendirilmiştir (Tablo 4). Genel olarak, CWQI değerini tüm istasyonlarda düşüren parametreler bakteriyolojik parametreler, fenol ve çözülmüş oksijen değerleridir. Bazı noktalarda farklılık gösteren diğer parametrelerin indeks değeri üzerindeki etkisi çok azdır. Hesaplanan indeks değerleri (Tablo 4) ile elde edilen su kalitesi parametre değerleri karşılaştırıldığında indeks değerlerinin mantıklı sonuçlar verdiği görülmektedir. Şekil 2'de Kanada su kalitesi indeks modelinin sınıflandırılması ve Aksu Çayı üzerindeki üç istasyon noktası için hesaplanan değerlerin denk geldiği bölgeler gösterilmiştir. Her bir istasyon için elde edilen kalite indeks değerleri "zayıf" sınıfına girmektedir ve elde edilen ham verilerin sonuçları ile birebir örtüşmektedir. Modelde istasyon noktaları için eldeki tüm su kalitesi verileri kullanıldığından, elde edilen sonuçlara tüm parametrelerin etkisi yansımıştır. Tuncer vd. [40] tarafından yapılan bir çalışmada ise Aksu Çayı'nı da içeren Karadeniz'e dökülen bazı nehirler üzerinde 1993 yılında 3 ayrı dönemde alınan su örnekleri üzerinde COD, BOD, nitrit, nitrat ve amonyak azotu, toplam fosfor, askıda katı madde, kadmiyum, bakır, kurşun ve çinko parametreleri için yapılan analizlerin sonuçları değerlendirilmiştir. Tuncer vd.'nin [40] yapmış olduğu çalışma kapsamında Aksu Çayı'nın Karadeniz'e dökülen kısmı üzerindeki bir noktadan örnekler alınmış ve o yıllarda standartlarda verilen sınır değerlerini aşan bir kirlilik içermediği görülmüştür. Şekil 3'te literatürden alınan ve bu çalışma kapsamında elde edilen veriler Aksu Çayı'nın Karadeniz'e dökülen bölgesine yakın istasyon (S1) için grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Şekil 3'ten 1993 yılından günümüze değişen koşulların etkisi ile Aksu Çayı'ndaki kirliliğin arttığı ve canlı yaşamını olumsuz yönde etkileyecek kirlilik içerdiği görülmektedir. Özellikle amonyak azotu, nitrit ve nitrat azotlarındaki artış tarımsal, endüstriyel ve kanalizasyon atık sularının Aksu Çayı'na karıştığı bir göstergesidir. Yine suda amonyak varlığı, olası bakteri, lağım ve hayvan atığı kirliliğine işaret etmektedir. Ayrıca, biyolojik ve kimyasal oksijen ihtiyaçlarındaki artış da bu durumu doğrulamaktadır. Her ne kadar kurşun, çinko ve bakır değerlerinde bir artış olduğu gözlenirse de bu değerler standardda verilen sınır değerlerin altında kalmaktadır. Bu değerlerdeki artışın ise sanayi atıklarının ve bölgede yürütülen bazı madencilik faaliyetlerinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir.

**Tablo 4.** Hesaplanan F faktör ve WQI değerleri ile CWQI modeli sınıfı  
(The calculated F factors, WQI and categorization values of CWQI model)

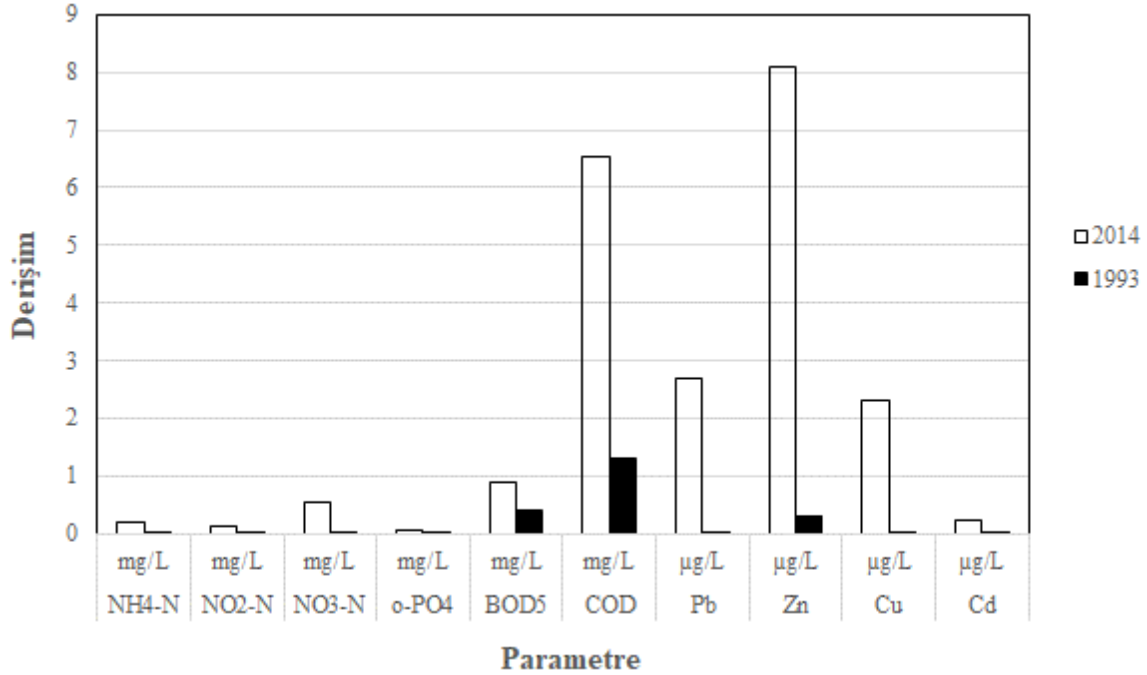
İstasyon No	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	CWQI	Su Kalitesi Sınıfı
S1	36,1	16,2	82,7	47,0	Zayıf
S2	30,6	13,0	77,1	51,5	Zayıf
S3	33,3	14,6	86,2	46,0	Zayıf





**Şekil 2.** Kanada su kalitesi indeks modelinin sınıflandırılması ve Aksu Çayı istasyon noktaları için hesaplanan indeks değerlerinin grafiksel olarak gösterimi

(The schematic view of the classification of Canadian Water Quality Index and calculated index values for three stations on Aksu creek)



**Şekil 3.** Aksu Çayı üzerinde yapılan analiz sonuçlarının 1993 ve 2014 yılları için karşılaştırılması

(The comparison of the analysis results of Aksu creek for the years of 1993 and 2014 )

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışma, Kanada su kalite indeks modeli (CWQI) kullanılarak Giresun ilinin önemli bir içme suyu kaynağı olan Aksu Çayı üzerindeki üç istasyon noktasından alınan su örneklerine ait su kalitesi verilerinin yorumlanmasını içermektedir. CWQI modeli ve uygulaması kolay olan ve

herhangi bir parametre kısıtlaması olmayan bir modeldir. Su Kalitesi İndeks modeli uygulanması sonucu elde edilen veriler, her bir parametre için standartlarda verilen sınır değerleri ile karşılaştırıldığında, sonuçların uyumlu olduğu ve gerçekçi sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bu ise, CWQI modelinin Aksu Çayı üzerinde başarılı bir şekilde uygulandığının bir göstergesidir. Üç istasyon için elde edilen

ham veriler incelediğinde; canlı yaşamını olumsuz yönde etkileyecek amonyak, T. Coliform, E. Coli, sürfaktan, mangan, demir, alüminyum, cıva, renk, bulanıklık ve fenol değerlerinin standartlarda verilen sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür.

Bu değerlerin yüksek olması, Aksu Çayı üzerindeki bu bölgelerde suların hem içme hem de kullanma suyu olarak kullanımının arıtıma tabi tutulmadan uygun olmadığını göstermektedir. Bu parametreler için elde edilen sonuçlar doğrudan Aksu Çayı üzerinde artan nüfus, gelişen teknoloji, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin etkisini birebir ortaya koymaktadır.

## 5. SİMGELER (SYMBOLS)

WQI	: Su Kalitesi İndeksi
CWQI	: Kanada Su Kalitesi İndeksi
F1	: Kapsam
F2	: Frekans
F3	: Genişlik
Nse	: normalleştirilmiş sapmalar toplamı

## TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmanın deney aşamasında emeği geçen DSİ 22. Bölge Müdürlüğü (Trabzon) İzleme ve Kalite Kontrol Laboratuvarı Şube Müdürlüğü çalışanlarına teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Bilen Ö., Türkiye'nin Su Gündemi, Su Yönetimi ve AB Politikaları, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 2009.
2. Tunc Dede O., Telci İ.T., Aral M.M., The Use of Water Quality Index Models for the Evaluation of Surface Water Quality: A Case Study for Kirmir Basin, Ankara, Turkey, Water Quality Exposure and Health, 5, 41-56, 2013.
3. Yılmaz M., Drought Analysis of Konya Closed Basin with the Use of TMPA Satellite-Based Precipitation Data, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32 (2), 541-549, 2017.
4. Ünlü A. et al., Investigation of Lake Hazar Water Quality According to Physical and Inorganic Chemical Parameters, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 23 (1), 119-127, 2008.
5. Giri S., Qiu Z., Understanding the Relationship of Land Uses and Water Quality in Twenty First Century: A Review, J. Environ. Manage., 173, 41-48, 2016.
6. Yıldız D., Özbay Ö., Su ve Toprak, USİAD Ulusal Sanayici ve İşadamları Derneği, İstanbul, Türkiye, 2009.
7. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf). Yayın tarihi 2011. Erişim tarihi Haziran 1, 2016.
8. Lirika K. et al., Use of Diatom and Macrophyte Index to Evaluate the Water Quality in Ohrid Lake, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 28 (2), 393-400, 2013.
9. Akkoyunlu A., Akiner M.E., Pollution Evaluation in Streams Using Water Quality Indices: A Case Study from Turkey's Sapanca Lake Basin, Ecol. Indic., 18, 501-511, 2012.
10. Tsakiris V., A New Water Quality Index for Bottled Water Assessment, European Water, 54, 19-26, 2016.
11. Sánchez E., Colmenarejo M.F. et al., Use of the Water Quality Index and Dissolved Oxygen Deficit as Simple Indicators of Watersheds Pollution, Ecol. Indic., 7 (2), 315-328, 2007.
12. Lumb A., Sharma T. C. et al., A Review of Genesis and Evolution of Water Quality Index (WQI) and Some Future Directions, Water Quality Exposure and Health, 3 (1), 11-24, 2011a.
13. Lumb A., Sharma T.C. et al, A Comparative Study of USA and Canadian Water Quality Index Models, Water Quality Exposure and Health, 3 (3-4), 203-216, 2011b.
14. Bharti N., Katyal D., Water Quality Indices Used for Surface Water Vulnerability Assessment, International J. Environ. Sci., 2 (1), 154-173, 2011.
15. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0 Technical Report, [http://www.ccme.ca/files/Resources/calculators/WQI%20Technical%20Report%20\(en\).pdf](http://www.ccme.ca/files/Resources/calculators/WQI%20Technical%20Report%20(en).pdf). Yayın tarihi 2001. Erişim tarihi Haziran 1, 2016.
16. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0 User's Manual, [http://www.ccme.ca/files/Resources/calculators/WQI%20User%27s%20Manual%20\(en\).pdf](http://www.ccme.ca/files/Resources/calculators/WQI%20User%27s%20Manual%20(en).pdf). Yayın tarihi 2001. Erişim tarihi Haziran 1, 2016.
17. El-Jabi N., Caissie D., Turkkan N., Water Quality Index Assessment under Climate Change, J. Water Resour. Prot., 6, 533-542, 2014.
18. Haldar D., Halder S., Das (Saha) P., Assessment of Water Quality of Damodar River in South Bengal Region of India by Canadian Council of Ministers of Environment (CCME) Water Quality Index: a Case Study", Desalin. Water Treat., 57 (8), 3489-3502, 2016.
19. Mahdi F., Babak D., Esmaeel S., Spatio-temporal Evaluation of Yamchi Dam Basin Water Quality Using Canadian Water Quality Index, Environ. Monit. Assess., 187 (4), 168, 2015.
20. Abukila A.F., Assessing the Drain Estuaries' Water Quality in Response to Pollution Abatement, Water Sci. 29 (1), 1-18, 2015.
21. Türk Standardı, TS 266: Sular - İnsani Tüketim Amaçlı Sular, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2000.
22. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/06/20120629-9.htm>.



- Yayın tarihi Haziran 29, 2012. Erişim tarihi Aralık 17, 2015.
23. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Giresun İli 2013 Yılı Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/db/giresun/eduardosya/Giresun%20C3%83%E2%80%A1evre%20Durum%20Raporu%202013.pdf>. Yayın tarihi 2014. Erişim tarihi Aralık 17, 2015.
  24. Çoşkun M., Aksoy B., The Effects of the Flood on the Natural Environment of the Lower Parts of Aksu Valley (Giresun), Gazi Türkiyat, Güz (7), 135-155, 2010.
  25. Apaydin H., Anli A.S., Ozturk A., The Temporal Transferability of Calibrated Parameters of a Hydrological Model, Ecol. Modell., 195, 307-317, 2006.
  26. Eaton A.D., Clescen L.S. et al. Standart Methods For the Examination of Water and Water Water (STMD), American Public Health Association (APHA), USA, 2005.
  27. Türk Standardı, TS 9748 EN 27888: Su kalitesi-Elektriksel iletkenlik tayini, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 1996.
  28. Türk Standardı, TS 5091 EN ISO 7027: Su kalitesi - Bulanıklık tayini, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2004.
  29. Türk Standardı, TS EN ISO 10304-1: Su kalitesi-Çözünmüş Florür, Klorür, Nitrit, Ortofosfat, Bromür, Nitrat ve Sülfat İyonlarının Sıvı İyon Kromatografisi ile Tayini Bölüm 1-Az Kirlenmiş Sular İçin Metodu, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2010.
  30. Türk Standardı, TS 7886: Su Kalitesi-Ortofosfat Tayini-Kalay II Klorür Metodu, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 1990.
  31. Türk Standardı, TS EN ISO 14911: Su Kalitesi Su ve Atık Sularda Çözünmüş Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Nh<sub>4</sub>, Mn<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup> ve Ba<sup>2+</sup>'nin Tayini- İyon Kromatografisi Metodu, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2000.
  32. Environmental Protection Agency(EPA). Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (EPA200.8), [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015\\_06/documents/epa-200.8.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015_06/documents/epa-200.8.pdf). Yayın tarihi 1994. Erişim tarihi Ocak 1, 2016.
  33. World Health Organization. Potassium in Drinking-water, Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/water\\_quality/guidelines/chemicals/potassium\\_background.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/water_quality/guidelines/chemicals/potassium_background.pdf?ua=1). Yayın tarihi 2009. Erişim tarihi Haziran 1, 2016.
  34. World Health Organization. Hardness in Drinking-water, Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/hardness.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/hardness.pdf) Yayın tarihi 2011. Erişim tarihi Haziran 1, 2016.
  35. Gok O., Mesutoğlu Ö.Ç., Olive Pomace as a Low-cost Adsorbent for the Removal Heavy Metals, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32 (2), 507-516, 2017.
  36. Cude C.G., Oregon Water Quality Index a Tool for Evaluating Water Quality Management Effectiveness, J. Am. Water Resour. Assoc., 37 (1), 125-137, 2001.
  37. Wepener V., Van Huren J.H.J. et al., The Implementation of an Aquatic Toxicity Index as a Water Quality Monitoring Tool in the Olifants River (Kruger National Park), Koedoe, 42 (1), 85-96, 1999.
  38. Katip A., Karaer F., İleri S., Sarmaşık S., Investigation of Trace Metals Partitioning Between Suspended Solids and Water in Lake Uluabat, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 28 (4), 865-874, 2013.
  39. Steinhurt C.E., Schierow L. ve Somogniz W.C., An Environmental Quality Index for the Great Lakes, Water Resources Bulletin American Water Resources Association, 18 (6), 1025-1031, 1982.
  40. Tuncer G. et al., Land-based Sources of Pollution along the Black Sea Coast of Turkey: Concentrations and Annual Loads to the Black Sea, Marine Pollution Bulletin, 36 (6), 409-423, 1998.

