



Water Quality Index and Applications

Ayla BİLGİN¹

Keywords

Water quality,
Water quality
indices, Water
quality
management.

Abstract

Water quality monitoring is one of the most important issues for many developing countries due to rapid growth in population and urbanization. The quality of surface water is an important factor affecting human health and ecological systems, especially in urban areas. In order to evaluate the water quality, many mathematical formulation, modeling and calculation methods have been developed in recent years. One of these evaluation methods is the use of water quality index. The Water Quality Index (WQI) is a criterion for surface water classification based on the use of standard parameters for water characterization. The use of WQI has become an important and popular tool in assessing the water quality of water bodies, especially rivers, taking into account the simplicity of its scientific foundations. Since the first use of the WQI concept, various indices have been formulated and developed by many researchers. In this study, the most commonly used index calculations for water quality assessment were evaluated comparatively.

Article History

Received
20 Nov, 2018
Accepted
30 Dec, 2018

Su Kalitesi İndeksi ve Uygulamaları

Anahtar Kelimeler

Su kalitesi, Su
kalitesi indeksi, Su
kalitesi yönetimi.

Özet

Su kalitesi izleme, nüfus ve kentleşmedeki hızlı büyüme nedeniyle birçok gelişmekte olan ülkeler için en önemli konulardan biridir. Yüzey sularının kalitesi, özellikle kentsel alanlardaki insan sağlığını ve ekolojik sistemleri etkileyen önemli bir faktördür. Su kalitesini değerlendirmek amacıyla son yıllarda pek çok matematiksel formülasyon, modelleme ve hesap yöntemi geliştirilmiştir. Bu değerlendirme yöntemlerinden biride su kalite indeksi kullanımıdır. Su Kalitesi İndeksi (water quality index=WQI), su karakterizasyonu için standart parametrelerin kullanımına dayalı yüzey suyu sınıflandırması için bir kriter vermektedir. WQI kullanımı bilimsel temellerinin kolaylığını göz önünde bulundurarak, dünya çapındaki su kütlelerinin, özellikle nehirlerin su kalitesini değerlendirmede önemli ve popüler araçlar haline gelmiştir. WQI kavramının ilk kullanımından beri, birçok araştırmacı tarafından çeşitli indeksler formüle edilmiş ve geliştirilmiştir. Bu çalışmada, su kalitesi değerlendirilmesinde en çok kullanılan hesaplamalar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Makale Geçmişi

Alınan Tarih
20 Kasım 2018
Kabul Tarih
30 Aralık 2018

1. Giriş

Dünyanın farklı bölgelerinde su kaynaklarının oluşumu, kullanımı ve kontrolü ile ilgili farklı türden sorunlarla karşılaşmaktadır. Doğal süreçlerin yanı sıra antropojenik etkiler de yüzey sularını etkilemekte ve içme, endüstri, tarım,

¹ Corresponding Author, Doç.Dr., Artvin Çoruh Üniversitesi, ayla.bilgin@gmail.com

rekreasyon ve diğere amaçlarla kullanımlarını kısıtlamaktadır. (Carpenter vd., 1998:559)

Su kalitesi izleme, nüfus ve kentleşmedeki hızlı büyüme nedeniyle birçok gelişmekte olan ülkeler için en önemli konulardan biridir (Sim ve Tai, 2018:1). Yüzey sularının kalitesi, özellikle kentsel alanlardaki insan sağlığını ve ekolojik sistemleri etkileyen önemli bir faktördür. Çünkü nehirler ve bunların şehirlerden geçen kolları endüstriyel, evsel, kanalizasyon ve tarımsal atıklardan kaynaklanan bir çok kirletici madde deşarj edilmektedir (Qadir vd. 2008:44). Su kaynaklarının kalitesi, atık su arıtma tesisleri ve kentsel alanlar, madencilik ve tarım alanlarından kaynaklanan akışlar ve insan faaliyetlerinden etkilenmektedir (Lenat ve Crawford, 1994: 189). Halk sağlığı için içme suyu kalitesinin önemi ve sucul yaşam için ham su kalitesinin öneminin daha iyi anlaşılmasıyla, yüzey suyu kalitesinin değerlendirilmesine büyük ihtiyaç duyulmaktadır (Quyang, 2005: 2622) .

Su kalitesi indeksi (water quality index=WQI), su karakterizasyonu için standart parametrelerin kullanımına dayalı yüzey suyu sınıflandırması için bir kriter vermiştir. WQI, kullanımlarının ve bilimsel temellerinin kolaylığını göz önünde bulundurarak, dünya çapındaki su kütlelerinin, özellikle nehirlerin su kalitesini değerlendirmede önemli ve popüler araçlar haline gelmiştir. WQI kavramının doğuşundan beri, birçok araştırmacı tarafından çeşitli indeksler formüle edilmiş ve geliştirilmiştir. Çevresel Performans İndeksi (EPI 2010) ve akış indeksi gibi daha geniş çevresel veya doğal kaynaklar endekslerinin önemli bir bileşeni olarak düşünölmüştür (Ladson vd. 1999:454).

Bu çalışmada; su kalite indeksi kavramının gelişimi ve su kalitesini değerlendirmede avantaj ve dezavantajlar ve çok kullanılan indeks metotları hakkında bilgi verilmiştir.

1.1. Su Kalite İndeksi Kavramı ve Gelişimi

Su kalite indeksi son yıllarda kullanılmış olmasına rağmen, ilk olarak 150 yıldan daha uzun bir süre önce Almanya'da 1848 yılında, sudaki belirli organizmaların varlığının veya yokluğunun uygunluğun göstergesi olarak kullanılmıştır. Çeşitli Avrupa ülkeleri, bölgelerindeki suların kalitesini sınıflandırmak için farklı sistemler geliştirmiş ve uygulamışlardır. Bu su sınıflandırma sistemleri genellikle iki tiptir:

- Mevcut kirlilik miktarı ile ilgili olanlar ve
- Makroskopik veya mikroskopik organizmaların yaşayan toplulukları ile ilgili olanlar.

Su kalitesini temsil etmek için sayısal bir değer atamak yerine, bu sınıflandırma sistemleri su kütlelerini çeşitli kirlilik sınıflarından veya seviyelerinden birine sınıflandırmıştır. Buna karşılık, su kalitesi düzeylerindeki geçişleri temsil etmek için sayısal bir ölçek kullanan indeksler, Horton'un indeksiyle başlayan yeni bir fenomendir.

Horton (1965), ilk modern WQI geliştirirken aşağıdaki kriterleri kendisi için belirledi:

- İndeks tarafından ele alınacak değişken sayısı, indeksin istenmeden yapılması için sınırlandırılmalıdır.
- Değişkenler çoğu alanda önem taşımaktadır.
- Sadece güvenilir verilerin mevcut olduğu veya elde edilebileceği değişkenler dahil edilmelidir.

Horton, çözülmüş oksijen (ÇO), pH, koliformlar, spesifik iletkenlik, alkalinite ve klorür dahil olmak üzere indeks için en sık ölçülen su kalitesi değişkenlerini seçmiştir. Daha sonra su kalitesi statüsünün değerlendirilmesini kolaylaştırmak için çeşitli bilim adamları ve kuruluşlar tarafından çok sayıda su kalitesi indeksi önerilmiştir. Bunlar arasında en önemli ve yaygın kullanılan indekslerden biride National Sanitation Foundation (NSF) tarafından desteklenen ve Brown vd.(1970) tarafından geliştirilen NSF-WQI'dir (Abbasi ve Abbasi, 2012:4). Aynı derecede önemli olan, aynı zamanda bilim adamları, karar vericiler ve paydaşlara su kalitesi konularının iletilmesi için temel oluşturması için Kanada Çevre Bakanları Konseyi tarafından Canadian Council of Ministers of the Environment su kalitesi (CCME-WQI) indeksi geliştirildi (CCME 2001:1). Her iki indeks de NSF-WQI ve CCME-WQI, dünya çapında yaygın olarak kullanılmıştır (Alexakis vd. 2016:1623).

1.2. Su Kalite İndeksi Hesaplama Metotları

Su kalite indeksi hesaplama yöntemleri 5 gruba ayrılmaktadır (Asadollahfardi, 2015: 21). Bunlar:

- Genel Su Kalite İndeksi: Bunlar genel su kalitesini belirlemek için uygulanmaktadır.
- Spesifik Su Kalite İndeksleri: Bu indeksler; içme, sulama, endüstriyel ve sucul yaşamın korunması gibi özel kullanım için su kalitesini tanımlamak için kullanılmaktadır.
- Dizayn İndeksleri: Yönetimde karar verme süreçlerinde kullanılmaktadır. Bu gibi durumlarda su kalitesi sınıflandırması dikkate alınmaz. Bu yöntemler, kararların etkisini değerlendirmek ve su yönetimi için gelecek önlemleri planlamak kullanılmaktadır.
- İstatistiksel İndeksler: İstatistiksel indeksler su kalitesi sınıflandırması için en objektif yöntemlerdir. İstatistiksel modelleri kullandıkları için, bireysel değerlendirme vardır.
- Biyolojik İndeksler: Bu sınıflandırmalar suyun kalitesini su hayatına etkilerine göre tanımlamaktadır.

Genel bir WQI yaklaşımı (Fernandez vd.2012:20) aşağıdaki üç adımda tarif edilen faktörlere dayanmaktadır.

- Parametre seçimi: Su kalitesi üzerinde önemli etkiye sahip olan oksijen sınıfı, ötrofikasyon, sağlık yönleri, fiziksel özellikler ve çözülmüş maddeler olmak üzere 5 sınıfta alınan değişkenlerin seçimi tavsiye edilir.

- Alt-İndeks olarak düşünölen her parametre için kalite fonksiyonunun (eğrisinin) belirlenmesi: Alt indeksler, farklı değişkenlerin birimlerini (ppm, doğunluk yüzdesi, sayım / hacim vb.) boyutsal olmayan ölçek değerlerine dönüştürmekte kullanılır.
- Alt İndeksler Matematiksel İfade ile Toplama. Bu sıklıkla aritmetik veya geometrik ortalamalar ile kullanılır.

Çeşitli araştırmacılar, WQI toplama fonksiyonlarının beş çeşidine dayalı olarak su kalitesi indeksi geliştirmeye çalışmışlardır (Shah ve Joshi, 2017: 1349) Bu fonksiyonlar aşağıdaki gibidir.

Aritmetik toplama fonksiyonu, (b) çarpımsal toplama fonksiyonu, (b) geometrik ortalama, (c) harmonik ortalama ve (d) diğer işlemler

1.3. Çok Kullanılan Su Kalite İndeksleri

1.3.1. Ağırlıklı Aritmetik Su Kalitesi İndeksi

Bu yöntem, çeşitli bilim adamları tarafından yaygın olarak kullanılmıştır. Yöntem, su kalitesini, yaygın olarak ölçölen su kalitesi değişkenlerini kullanarak saflık derecesine göre sınıflandırmıştır (Tablo 1) (Sanjeev ve Govind, 2016:1380). Hesaplama yöntemi aşağıdaki gibidir.

$$WQI = \frac{\sum W_i Q_i}{\sum W_i}$$

Her parametre için kalite derecesi (Q_i) bu denklem kullanılarak hesaplanır:

$$Q_i = 100 \left[\frac{V_e - V_i}{V_s - V_i} \right]$$

Burada; V_e= deneysel değer V_i= ideal değer (pH=7 ve Çözünmüş oksijen = 14.6 mg/l),

V_s= standart değerler,

$$W_i = K / V_s,$$

W_i= her parameter için birim ağırlık , K= orantısallık sabiti = 1/Σ(1/V_s)

Tablo 1. Ağırlıklı aritmetik su kalite indeksi kalite sınıflandırılması

Su kalite skoru	Su kalite sınıfı
0-25	Çok iyi
26-50	İyi
51-75	Orta
76-100	Kötü
>100	Çok kötü

Bu yöntemin avantajları, birden fazla su kalitesi parametresini bir matematiksel denkleme dahil eder. Belirli kullanım için tüm su kalitesi parametrelerine kıyasla daha az sayıda parametre gereklidir. Genel su kalitesi bilgilerinin ilgili vatandaşlara ve politika yapıcılara iletilmesi için kullanışlıdır (Shah ve Joshi, 2017: 1350).

1.3.2. Kanada Su Kalitesi İndeksi (CCME WQI)

Su kalitesi indeksi, karmaşık su kalitesi verilerini özetlemek ve genel bir kitleye iletişimini kolaylaştırmak için uygun bir araç sağlar. Kanada su kalite indeksi üç unsuru içermektedir: kapsam (su kalitesi hedeflerini karşılamayan değişkenlerin sayısı), sıklık (bu hedeflerin karşılanma sayısı), ve genlik (hedeflerin karşılanmadığı değerler)'tir. İndeks 0 (en kötü su kalitesi) ve 100 (en iyi su kalitesi) arasında bir sayı üretir (Tablo 2). Bu sayılar sunumu basitleştirmek için 5 tanımlayıcı kategoriye ayrılmıştır. İndekste kullanılan spesifik değişkenler, amaçlar ve zaman periyodu belirtilmemiştir. Yerel koşullara ve konulara bağlı olarak bölgeden bölgeye değişebilir. İndeks değerlerinin hesaplanmasında asgari olarak en az dört kez örneklenen dört değişkenin kullanılması önerilir. Ayrıca, seçilen değişkenlerin ve hedeflerin belirli bir alan hakkında gerekli bilgileri sağlayacağı da beklenmektedir.

Kavramsal olarak CCME WQI üç faktör içermektedir (CCME 2001). Bunlar; faktör (F1) su kalitesi mevzuatlarında verilen hedef değeri aşan parametrelerin toplam parametrelere göre yüzdesini ifade eder. Faktör 2 (F2) frekans olarak adlandırılır. Test edilen veya gözlemlenen değer kaç defa kabul edilebilir sınırlar veya sınırlar dışında olduğunu gösterir. Faktör 3 (F3), sapma genişliği veya hedeflerin karşılanmadığı miktardır. Yönetmeliklerde verilen sınır değeri aşan başarısız test değerlerinin sayısını ifade eder. İndeksin hesaplama formülü aşağıdaki gibidir.

$$F_1 = \left(\frac{\text{Başarısız parametre sayısı}}{\text{Toplam parametre sayısı}} \right) \times 100$$

$$F_2 = \left(\frac{\text{Başarısız test sayısı}}{\text{Toplam test sayısı}} \right) \times 100$$

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

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n \text{sapma}}{\text{Test sayısı}}$$

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

$$CCME - WQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$$

Tablo 2. Kanada su kalite indeksi kalite sınıflandırılması

Su kalite skoru	Su kalite sınıfı
95-100	Çok iyi
80-94	İyi
60-79	Orta
45-59	Kötü
0-44	Çok kötü

Bu indeksin avantajları; tek bir sayı olarak çeşitli değişkenlerin ölçümlerini temsil eder. Farklı yasal gereksinimlere ve farklı su kullanımlarına uygundur. Giriş parametreleri ve hedeflerinin seçiminde esneklik, belirli bir yerde su kalitesi değerlendirmesi için uygun bir yöntem, yöneticiler ve halk için açık ve anlaşılır, karmaşık çok değişkenli verilerin istatistiksel basitleştirilmesi, eksik verilere tolerans, hesaplanması kolay, otomatik örneklemeden gelen verilerin analizi için uygun ve farklı ölçüm birimlerindeki çeşitli ölçümleri tek bir metrikte birleştirir. Bu yöntemin dezavantajları; her bir yere özgü hedefler ve belirli su kullanımı hakkında bilgi kaybı, su kalitesinin sadece kısmen teşhis edilmesi, sonuçların indeks formülasyonuna duyarlılığı, manipüle etmek kolay, indeksin farklı ekosistem tiplerine taşınabilirliği eksikliği, diğer göstergeler veya biyolojik verilerle uyum olmaması, tüm değişkenlere aynı önem verilmesi, değişkenler arasındaki etkileşimler hakkında bilgi eksikliğidir (Sanjeev ve Govind, 2016:1381).

1.3.3. British Columbia İndeksi (BCWQI)

British Columbia su kalite indeksi, Kanada Çevre Bakanlığı tarafından 1995 yılında geliştirilmiştir. Bu indeks, su kalitesi parametrelerinin ölçüldüğü CCME-WQI'ye benzer ve uygun olmayan ölçümler önceden belirlenen bir sınırla karşılaştırılarak belirlenir. Mevcut tüm ölçüm parametrelerinin temelinde bir sınıflandırma yapma olanağı sağlar. İndeks değerini hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılır:

$$BCWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + (F_3/3)^2}}{1.453} \right)$$

Ölçeğin indeks numarasına sıfırdan 100'e kadar güvence vermek için 1.453 sayısı seçilmiştir. Tekrarlanan örneklemler ve artan istasyonlar British Columbia indeksinin doğruluğunu arttırmaktadır. Bu yöntemin dezavantajları, bu indeksin, standart limitinden sapana kadar su kalitesi eğilimini göstermemesidir (Suryawnsi vd. 2018:16639).

1.3.4. Oregon Su Kalitesi İndeksi (QWQI)

OWQI, 1970'lerde Oregon Çevre Departmanı tarafından yasal olarak zorunlu su kalitesi durum değerlendirme raporları için su kalitesi durumunu ve eğilimleri özetlemek ve değerlendirmek amacıyla geliştirildi (Cude 2001:125). Ancak, orijinal OWQI, sonuçları hesaplamak ve raporlamak için çok kaynak ihtiyacı olması nedeniyle 1983 yılında bu indeksin kullanımı durdurulmuştur. Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler, gelişmiş veri görüntüleme ve görselleştirme araçları ve su kalitesinin daha iyi anlaşılmasıyla OWQI, orijinal alt indeksi rafine ederek, sıcaklık ve toplam fosfor alt indeksini ekleyerek ve kümelenmeyi geliştirerek 1995 yılında hesaplama güncellenmiştir. Orijinal OWQI, değişken seçim için Delphi

yönteminin kullanıldığı NSFQI'den sonra modellenmiştir. Delphi metot rekreasyonel su kalitesi indeksini geliştirmek için kullanıldı. Her iki indeks de su kalitesi değişken sonuçlarını alt indeks değerlerine dönüştürmek için logaritmik dönüşümler kullanmıştır (Poonom vd. 2015:17).

Bu indeks yaklaşımında; toplam su kalitesi, sıcaklık, çözülmüş oksijen, BOİ, pH, amonyak, nitrat azotu, toplam fosfor, toplam katı madde ve fekal koliform olmak üzere sekiz farklı su kalitesi değişkeninin ölçümlerini birleştirerek tek bir rakam olarak ifade edilir.

Oregon Çevresel Kalite Bölümü (ODEQ) 1980 yılında orijinal Oregon Su Kalitesi İndeksi'ni (OWQI) geliştirdi. OWQI iki adımda hesaplandı. Her bir değişken için farklı ölçüm birimlerine sahip olan ham analitik sonuçlar, birimsiz alt indeks değerlerine dönüştürülür. Bu değerler 10 (en kötü durum) ile 100 (ideal) arasındadır (Tablo 3). Bu alt sınıflar daha sonra 10 ila 100 arasında değişen tek bir WQI değeri vermek üzere birleştirilir. OWQI, sekiz su kalitesi değişkeninin (sıcaklık, ÇO, BOİ, pH, amonyum ve nitrat azotu, toplam fosfatlar, toplam katılar ve fekal koliform) ölçümlerini birleştirir. (Cude 2001:126).

Oregon Su Kalitesi İndeksinin (OWQI) amacı su kalitesi konularının anlaşılması ve su kalitesi durumunu tanımlayan ve su kalitesi değişimini değerlendiren bir puan oluşturarak su kalitesinin durumunun anlaşılmasını sağlamaktır. Oregon su kalitesi indeksi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$QWQI = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{SI_i^2}}}$$

Burada, Sli = Her parametrenin alt indeksi, n = Alt indeks sayısı.

Tablo 3. Oregon su kalite indeksi kalite sınıflandırılması

Su kalite skoru	Su kalite sınıfı
90-100	Çok iyi
85-89	İyi
80-84	Orta
60-79	Kötü
0-59	Çok kötü

Yöntem, su kalitesi üzerinde farklı su kalitesi parametrelerinin farklı zamanlarda ve yerlerde farklı bir önem taşıyacağını kabul etmektedir. Formül, su kalitesi üzerinde değişen koşullara ve önemli etkilere karşı hassastır. Yöntemin dezavantaları; toksik konsantrasyonları, habitat veya biyolojideki değişiklikleri dikkate almaz. Belirli kullanımlar için su kalitesini belirlenemez veya su kalitesi hakkında, fiziksel, kimyasal ve biyolojik verileri dikkate alınmadan kesin bilgi sağlamak için kullanılamaz. Sağlık risklerini değerlendiremez (toksikler, bakteriler, metaller vb.) (Sanjeev ve Govind, 2016:1382).

1.3.5. National Sanitation Foundation (NSF-WQI)

Brown ve diğ. (1970) tarafından Horton'un indeksine benzer bir yapıya benzer bir su kalitesi indeksi geliştirmiş, ancak parametrelerin seçiminde daha büyük bir titizlik sağlamış, ortak bir ölçek geliştirmiştir. Bu çaba National Sanitation Foundation (NSF) tarafından desteklendi ve bu yüzden NSF-WQI olarak da adlandırılmıştır (Abbasi et al. 2012:28). Çeşitli su kaynaklarının su kalitesini karşılaştırmak için önerilen bu yöntem, sıcaklık, pH, bulanıklık, fekal koliform, çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, toplam fosfat, nitrat ve toplam katı madde gibi dokuz su kalitesi parametresine dayanmaktadır (Kumar ve Alappat 2009:76). Su kalite sınıflandırılması Tablo 4.'de verilmektedir. İndeksin hesaplama formülü aşağıdaki gibidir;

$$NSF - WQI = \sum P_i C_i$$

Burada; C normalleştirilmiş alt indeks değerlerini temsil eder; P, 0 ile 1 arasında değişen ağırlık faktörüdür; i, parametreyi temsil ediyor; n, süreçte göz önüne alınan toplam parametre sayısıdır.

Tablo 4. NSF su kalite indeksi kalite sınıflandırılması

Su kalite skoru	Su kalite sınıfı
91-100	Çok iyi
71-90	İyi
51-70	Orta
26-50	Kötü
0-25	Çok kötü

Bu yöntemde; hesaplanan değerler suyun potansiyel kullanımı ile ilgilidir. Bu metodun dezavantajı; hesaplama sırasında veri kaybı meydana gelir, genel su kalitesini temsil eder, suyun özel kullanımını temsil etmez, karmaşık çevresel konularda belirsizlik vardır (Sanjeev ve Govind, 2016:1381).

2. Sonuç

Bu çalışma ile su kalitesi değerlendirmede en çok kullanılan indeksler konusunda bilgi verilmektedir. Su kalitesi kullanım amacına göre değişir. Ayrıca, "kabul edilebilir bir su kalitesi" kriteri, bölgeden bölgeye ve zaman zaman geçerli koşullara bağlı olarak değişmektedir. Su kalitesini değerlendirmek için pek çok hesaplama yöntemleri, modeller ve programlar kullanılmaktadır. Fakat çok fazla sayıda gözlem noktası ve örnek noktasının olduğu göl, nehir gibi kaynaklarda su kalitesini değerlendirmek zor bir konu olarak yöneticilerin karşısına çıkmaktadır. Bu nedenle son yıllarda pek çok hesaplama yöntemleri geliştirilmiştir. Bu hesaplama noktalarından biride su kalite indekslerini kullanmaktır. Su kalitesi indeksleri, uzun, çok parametrelili, su analiz raporlarını tek haneli skorlara dönüştürmek için gereklidir. Bu durum, farklı kaynakların su kalitesinin karşılaştırılması ve belirli bir kaynağın su kalitesindeki değişikliklerin zaman ve diğer etkileyen faktörlerin bir fonksiyonu olarak izlenmesi için gereklidir. Numune alma zamanı da su kalitesi parametrelerini ve dolayısıyla indeks değerini etkiler. Ancak, evrensel olarak kabul edilebilir genel su kalitesi indeksini geliştirmek son derece zordur. Bu nedenle araştırmacılar farklı su kalite indeksleri geliştirmişlerdir. Bu amaçla belirli bir nehre, bölgeye uygun indeksler geliştirilmiştir. Fakat bu indekslerin kullanımı her bir parametre için uygun olmamaktadır.

Kaynakça

- Abbasi, Tasneem ve Abbasi, S.A. (2012). Water quality indices. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Alexakis, Dimitris.- Tsihrintzis, Vassilios A.- Tsakiris, George.-Gikas, Georgios D. (2016). "Suitability of water quality indices for application in lakes in the Mediterranean". Water Resource Management, Vol.30 No 5, pp. 1621-1633.
- Asadollahfardi, Gholamreza (2015) "Water Quality Indices (WQI)", Water Quality Management Assessment and Interpretation.
- Carpenter, Stephen.-, Caraco, Nina F.-Correll, David L.- Howarth Robert W.- Sharpley, Andrew N.-Smith Val H. (1998) "Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen", Ecological Applications, Vol. 8, No 3, August, pp. 559-568.
- CCME. (2001) Canadian Environmental Quality Guidelines Canadian Council of Ministers of the Environment.
- Cude, Curtis G. (2001) "Oregon Water Quality Index:A tool for evaluating water quality management effectiveness", J. American Water Resour. Assess.Vol.37, pp.125-137.
- Fernandez, Nelson.-Ramirez, Alberto.-Solano, Fredy. (2004) "Physico-chemical water quality indices - a comparative review", Revista Bistua, pp.19-30.

- Kumar, D. ve Alappat, B. (2009) "NSF-Water Quality Index: Does It Represent the Experts' Opinion?", *Pract. Period. Hazard. Toxic Radioact. Waste Manage.*, Vol. 13, No 1, pp. 75-79.
- Kumar, Sanjeev.- Pandey, Govind. (2016) "Water Quality Index for Water Bodies: A Review", *International Journal for Scientific Research & Development*, Vol. 4, Issue 02, pp. 2321-0613
- Ladson, Anthony R.-White, Lindsay J.- Doolan, Jane A.- Finlayson, Brian L.- Hart, Barry T.- Lake Sam P- Tilleard John W. (1999) "Development and testing of an Index of Stream Condition for waterway management in Australia", *Freshwater Biology*, Vol. 41, No 2, pp. 453-469.
- Lenat, David R.-Crawford, Kent J. (1994) "Effects of landuse on water quality and aquatic biota of three North Carolina Piedmont streams", *Hydrobiologia*, Vol. 294, No 3, pp.185-199.
- Ouyang, Ying. (2005) "Evaluation of river water quality monitoringstations by principal component analysis", *Water Research*, Vol. 39, No 12, pp. 2621-2635.
- Poonam, Tirkey. Tanushree, Bhattacharya,- Sukalyan, Chakraborty. (2015) "Water Quality Indices- Important Toolsfor Water Quality Assessment: A Review". *International Journal of Advances in Chemistry*. 1(1), 15-29.
- Qadir, Abdul.- Malik, Riffat N.- Husain, Syed Z. (2008) "Spatio-temporal variations in water quality of Nullah Aik-tributary of the river Chenab, Pakistan", *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 140, No (1-3), pp. 43-49.
- Shah, Kosha A.- Joshi, Geeta S. (2017) "Evaluation of water quality index for River Sabarmati, Gujarat, India", *Appl Water Sci*, 7, pp. 1349-1358.
- Sim, Siong F.- Tai, Szewei E. (2018) "Assessment of a Physicochemical Indexing Method for Evaluation of Tropical River Water Quality", *Hindavi Journal of Chemistry*, January, pp. 1-12.
- Suryawnshi, Sagar.G.-Kamble, Sanket.S.-Bhandare, Aniket.N.-Tamboli, Sadikali A.- Pawar, Chetan.R.-Potdar, R.D.- Tamboli, A.E. (2018) " Water Quality Index of Ground Water", *International Journal of Engineering Science and Computing*, Vol. 8, No 4, pp. 16636-16643.



Strategic Research Academy ©

© Copyright of Journal of Current Researches on Engineering, Science and Technology (JoCREST) is the property of Strategic Research Academy and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.