



Marine and Life Sciences

E-ISSN: 2687-5802

Journal Homepage: <https://dergipark.org.tr/en/pub/marlife>

Evaluation of water quality by water quality index method using long time monitoring data in Göksu River

 Ece Kılıç*¹
*Corresponding author: ece.kilic@iste.edu.tr

Received: 23.02.2020

Accepted: 06.04.2020

Affiliations

¹ Department of Water Resources Management and Organization, Faculty of Marine Sciences and Technology, Iskenderun Technical University, 31200, Iskenderun/Hatay, TURKEY

Keywords

Water quality index
Environmental monitoring
Göksu River

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the time depended variation and status of water quality of Göksu River. Seasonal measurements which were conducted at the downstream of Göksu River between 1992-2017 by State of Hydraulic Works of Turkey (DSİ) were evaluated in terms of temperature (°C), nitrite (NO₂⁻), nitrate (NO₃⁻), ammonium (NH₄⁺), biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), dissolved oxygen (DO), pH, sulfate (SO₄²⁻), sodium (Na⁺) and total dissolved solids (TDS). When annual average concentrations of water quality parameters were compared with the water pollution control regulation, water quality was classified as class 1 in terms of pH, DO, COD, SO₄²⁻, Na⁺, TDS, NO₃⁻, varied between class 1 to class 2 in terms of BOD and varied between class 1 to class 4 in terms of NO₂⁻, NH₄⁺. Water quality index method was used to determine the time depended variation in the water quality in most accurate way. There was no significant variation observed in the water quality index until the beginning of 2010's. After that, water quality index value was peaked to 2873 on 2014 and tended to decrease afterwards. Also, seasonal variation in the water quality was observed. Results revealed that water quality in Göksu River tend to decrease during summer as a result of intense evaporation.

Göksu Nehri su kalitesinin su kalite endeksi yöntemi ile uzun süreli izleme verileri kullanılarak değerlendirilmesi

ÖZET

Bu çalışma Göksu Nehrinin Kuzeydoğu Akdeniz'e dökülen sularındaki su kalitesini tespit etmek ve yıllara bağlı olan değişimini incelemek için yapılmıştır. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından Göksu Nehrinin mansabında 1992-2017 yılları arasında mevsimlik olarak yapılan sıcaklık (°C), nitrit (NO₂⁻), nitrat (NO₃⁻), amonyum (NH₄⁺), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), çözülmüş oksijen (ÇO), pH, sülfat (SO₄²⁻), sodyum (Na⁺), toplam çözülmüş katı madde (TÇK) parametrelerine ait ölçüm sonuçları açısından değerlendirilmiştir. Parametrelere ait yıllık ortalama konsantrasyon değerleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile karşılaştırıldığında su kalitesinin pH, ÇO, KOİ, SO₄²⁻, Na⁺, TÇK, NO₃⁻ parametreleri bakımından 1. sınıf, BOİ parametresi bakımından 1.sınıf ile 2. sınıf arasında değişmekte ve NO₂⁻, NH₄⁺ parametreleri bakımından 1. sınıf ile 4. sınıf arası değişmekte olduğu tespit edilmiştir. Parametreler arası su kalitesinde gözlemlenen bu değişimleri en doğru şekilde değerlendirilebilmek için su kalite endeksi kullanılmıştır. 2010'lu yıllara kadar su kalite endeksinde önemli bir değişiklik gözlemlenmezken, 2014 yılında maksimum seviye olan 2873'e ulaşmış ve ardından tekrar azalmaya başlamıştır. Mevsimlere bağlı olarak da su kalitesinde değişimler olduğu, yaz aylarında artan buharlaşma sonucunda su kalitesinde önemli bir düşüş olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Su kalite endeksi
Çevresel izleme
Göksu Nehri

Cite this article as

Kılıç, E. (2020). Evaluation of water quality by water quality index method using long time monitoring data in Göksu River. *Marine and Life Sciences*, 2(1): 5-12. (In Turkish)

Giriş

Yüzeysel suları insanların tarımsal, endüstriyel ve evsel su ihtiyaçlarının karşılanmasında temel kaynaktır. Ancak kentleşme ve sanayileşmeye bağlı olarak arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler, yüzeysel akış ile taşınan su kompozisyonunun ve nehirlerdeki suyun kalitesinde değişime neden olmaktadır (Kılıç, 2017). Özellikle tarımsal faaliyetlerin fazla olduğu bölgelerde yüzeysel suya azot ve fosfor türevlerinin derişiminde meydana gelen artışlar, (Boyacıoğlu ve Boyacıoğlu, 2008; Kılıç ve Yücel, 2019) nehirlerin deşarj alanlarında birincil üretimin artmasına neden olmaktadır (Yücel, 2013). Ötrofikasyon adı verilen bu durum, fitoplankton kompozisyonunu patlama oluşturmaya meyilli toksik türlerle doğru kaydırmaktadır (Smith ve ark., 1999). Bütün bu nedenlerden dolayı yüzeysel sularının hem miktar hem de su kalitesi açısından izlenmesi ve korunması için gerekli önlemlerin alınması çok önem taşımaktadır.

Ölçülen fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin birbiri ile olan ilişkileri ve ortaya çıkan veri setinin büyüklüğü nedeni ile izleme çalışmalarının verilerinden su kalitesini yansıtan kapsayıcı bir sonuç çıkarmak çoğunlukla zor olmaktadır (Zhou ve ark., 2007; Ruždjak ve Ruždjak, 2015). Su kalite endeksindeki temel amaç karmaşık veri setlerini kapsamlı ve kullanışlı bilgi haline dönüştürmektir (Alam ve Pathak, 2010). Horton (1965) tarafından önerilen su kalite endeksinin (WQI) nehirlerdeki su kalitesini ortaya koymak, zamana ya da olaylara bağlı olarak değişimini incelemek ya da nehir yatağı boyunca nasıl değiştiğini gözlemlemek için tek başına (Liou ve ark., 2004; Akoteyon ve ark., 2011; Tyagi ve ark., 2013; Kılıç, 2018), istatistiksel yöntemler ile beraber (Kükrer ve Mutlu, 2019; Mutlu, 2019), coğrafi bilgi sistemleri ya da yapay sinir ağları ile kombine ederek (Icaga, 2007; Nasiri ve ark., 2007; Selvam ve ark., 2014; Sadat-Noori ve ark., 2014; Şener ve ark., 2017) farklı araştırmacılar tarafından kullanılmıştır.

Bu çalışmada Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından 1992-2017 yılları arasında Göksu Nehri mansabında bulunan izleme istasyonundan elde edilen veriler su kalite endeksi kullanılarak değerlendirilmiştir. Göksu Nehrindeki su kalitesi farklı yöntemler kullanılarak daha önce de değerlendirilmiştir (Akiner ve Akiner, 2010; Demirel ve ark., 2011; Akçay ve Tuğrul, 2018; Yıldırım ve ark., 2018). Bu çalışma uzun dönemli izleme sonuçlarının kullanılması ve zamana bağlı değişimin kümülatif bir şekilde ortaya konulması yönünden daha önceki çalışmalardan ayrılmaktadır. Bu çalışmada amaç, Göksu Nehrindeki su kalitesini tespit etmek

ve yıllara bağlı olarak değişimini su kalite endeksi kullanarak değerlendirmektir.

Materyal ve Yöntem

Doğu Akdeniz Havzasının en uzun nehri olan 250 km uzunluğundaki Göksu Nehri boyunca ve mansabın bulunduğu Silifke ilçesinde tarımsal alan oldukça fazladır. Tarımsal faaliyetlerin fazla olmasının bir sonucu olarak nehrin taşıdığı besin tuzu yükünde artış gözlemlenmektedir. Bundan dolayı, Göksu Nehri'nin mansabının çevresindeki kıyasal sular özellikle nitrit yönünden hassas alan olarak tanımlanmıştır (Ayaz ve ark., 2013). Akdeniz ikliminin bir sonucu olarak yazları artan buharlaşmadan dolayı suyun debisi azalırken, kışları yağışlarla beraber artış göstermektedir (DSİ, 2019).

DSİ tarafından düzenli izleme çalışmaları yürütülen ve Göksu Nehri'nin mansabında kalan 17-06-00-008 kodlu istasyona ait (36.348802 N, 34.018281 E) 1992-2017 yılları arasındaki izleme ölçüm sonuçları temin edilmiştir. Mevsimsel olarak ölçümü yapılan sıcaklık (°C), nitrit (NO₂⁻), nitrat (NO₃⁻), amonyum (NH₄⁺), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), çözünmüş oksijen (ÇO), pH, sülfat (SO₄²⁻), sodyum (Na⁺), toplam çözünmüş katı madde (TÇK) parametreleri kullanılarak su kalite endeksi hesaplanmıştır.

Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi

Devlet Su İşlerinin (DSİ) akredite laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. BOİ, KOİ ve TÇK ölçümleri sırasıyla standart metotlar (SM 5210, SM 5220 B, SM 2540C), ÇO elektrokimyasal prob yöntemi (TS EN ISO 5814), NO₂⁻, NO₃⁻ iyon kromatografisi (TS EN ISO 10304-1), NH₄⁺ ve Na⁺ iyon kromatografisi, SO₄²⁻ iyodometrik yöntem (SM 4500-S2-F) kullanılarak yapılmıştır.

Su kalite endeksi hesaplamasında ağırlıklı aritmetik metot kullanılmıştır (Yisa ve Jimoh, 2010). İlk olarak, her bir parametre için kalite derecelendirme ölçeği (q_i), her bir parametrenin yıllık ortalama konsantrasyonunun (C_i) kendi standardına (S_i) bölünmesi ve 100 ile çarpılmasıyla belirlenmiştir. İlgili standart, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Bülten No: 25687, 2004) sınıf-1 tipi iç suların kalite standartlarına göre belirlenmiştir (Tablo 1).

$$q_i = C_i / S_i \times 100$$

Ardından, nispi ağırlık (W_i), ilgili parametrenin önerilen standardının ters orantısı olacak şekilde hesaplanmıştır.

$$w_i = 1 / S_i$$

Parametre	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği					
			Sınıf 1	Sınıf 2	Sınıf 3	Sınıf 4
T (°C)	$\mu\pm s$	18,55+6,63				
	Min-Mak	6-32	25	25	30	>30
pH (-)	$\mu\pm s$	8,10+0,18	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında
	(-)	7,5-8,6				
ÇO (mg/L)	$\mu\pm s$	8,34+1,31	8	6	3	<3
	ÇO	4,2-11,6				
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	$\mu\pm s$	26,11+11,38	200	200	400	>400
	Min-Mak	5,76-81,12				
NH ₄ ⁺ (mg/L)	$\mu\pm s$	0,39+0,38	0,2	1	2	>2
	(mg/L)	0,01-2,8				
NO ₂ ⁻ (mg/L)	$\mu\pm s$	0,01+0,02	0,002	0,01	0,05	>0,05
	NH ₄ ⁺	0,001-0,11				
NO ₃ ⁻ (mg/L)	$\mu\pm s$	0,96+0,62	5	10	20	>20
	Min-Mak	0,28-4,8				
Na ⁺ (mg/L)	$\mu\pm s$	10+5,96	125	125	250	>250
	(mg/L)	2,53-35,19				
BOİ (mg/L)	$\mu\pm s$	1,53+1,90	4	8	20	>20
	NO ₃ ⁻	0,4-12				
Koi (mg/L)	$\mu\pm s$	7,14+5,02	25	50	70	>70
	Min-Mak	0,21-28,2				
TÇK (mg/L)	$\mu\pm s$	275,69+36,55	500	1500	5000	>5000
		132,5-392,3				

Tablo 1. Su kalitesi parametrelerine ait tanımsal istatistikler ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) standartları

Tabloda μ : ortalama, s: standart sapmayı ifade etmektedir.

Daha sonra, kalite derecelendirme ölçeği her parametre için nispi ağırlık ile çarpılmış ve sonuçlar ağırlıklı toplamı elde etmek için toplanmıştır. Son olarak, su kalite endeksi ağırlıklı toplamın, toplam nispi ağırlığa oranı ile hesaplanmıştır.

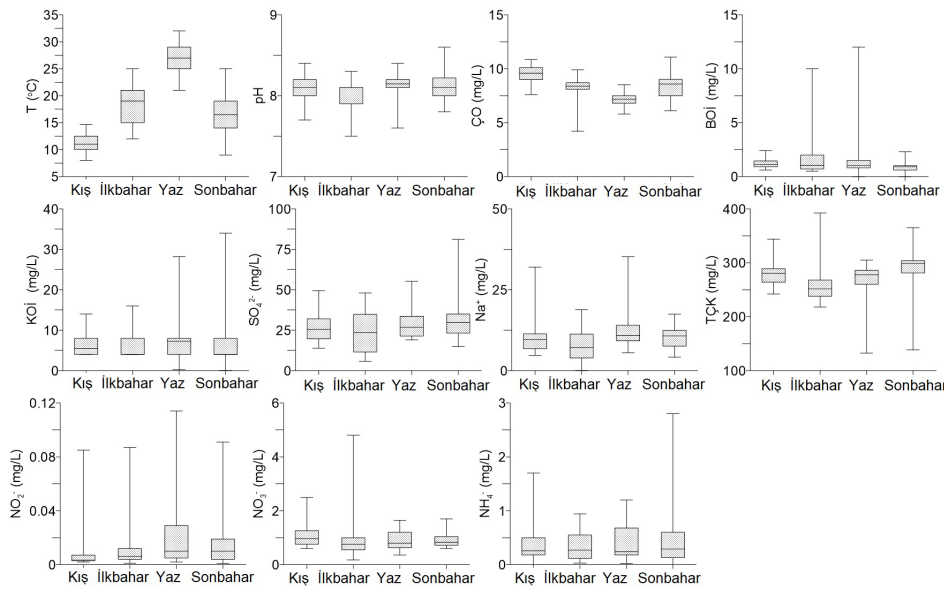
Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada Göksu Nehri mansabındaki su kalitesinin yıllara bağlı olan değişimini incelemek için DSİ tarafından mevsimlik olarak yürütülen izleme çalışmalarının sonuçları su kalite endeksi ile birleştirilerek değerlendirilmiştir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde neredeyse değerlendirilen bütün parametrelerin değerleri geniş bir değişim aralığına ve yüksek bir standart sapmaya sahip olduğu görülmektedir (Tablo 1). Bu durum doğal ya da insan kaynaklı nedenler sonucunda bölgedeki su kalitesinin mevsimlere ve yıllara bağlı olarak yüksek oranda değiştiğini göstermektedir (Gonzalez ve ark., 2014).

Sıcaklık ve pH su ekosistemi içerisindeki fiziksel ve biyolojik reaksiyonları etkilediğinden, su kalitesinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Kılıç ve

ark., 2018). Göksu Nehri'nin mansabındaki yüzey suyu sıcaklığı yaz aylarında en yüksek, kış aylarına en düşük olacak şekilde 6 ile 32°C arasında geniş bir değişim aralığı gösterirken; pH 7,5 ile 8,6 arasında dar bir aralıkta değişim göstermiştir (Tablo 1, Şekil 1). Ortalama sıcaklık ve pH sırasıyla 18,55°C ve 8,10 olarak bulunmuş olup, ortalama değerler baz alındığında Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre bu parametreler için su kalitesi 1. sınıftır. Bu çalışmadaki bulgulara benzer şekilde, Demirel ve ark. (2011) sıcaklık ve pH değerlerinin sırasıyla 11°C ile 34°C ve 7 ile 8,9 arasında, Yıldırım ve ark. (2018) ise 14 °C ile 24 °C ve 7,7-8,5 arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir.

ÇO, yüzey suyundaki çözülmüş oksijen miktarını ifade etmektedir ve su ekosisteminin dengeli ve sürdürülebilir bir biyolojik denge içinde varlık gösterebilme yeteneğini gösterir (Synder, 2007). Çözülmüş oksijen derişimi suda mikrobiyolojik faaliyetlere, sıcaklığa, basınca bağlı olarak değişim göstermektedir (Boskidis ve ark., 2010). Sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu ortalama 8,3 mg/L olup; 4,2 mg/L ile 11,6 mg/L arasında değişim göstermiştir.



Şekil 1. Su kalite parametrelerinin mevsimlere göre değişimi

Kış aylarında sudaki çözülmüş oksijen miktarının arttığı yaz aylarında ise azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 1). Sıcaklık ile ÇO derişimi arasındaki bu ters ilişki oksijenin sudaki çözünmesinin sıcaklık ile azalması ile ilişkilidir (Shresta ve Kazama, 2007) ve sudaki canlıların metabolik aktivitelerinin azalmasına neden olmaktadır (Ali ve Khairy, 2016). Ortalama konsantrasyon baz alındığında su kalitesi 1. sınıf olmakla beraber, 3. sınıfa kadar gerilediği de görülmüştür (Tablo 1). Daha önce yapılan çalışmalarda da sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun 3,6 mg/L ile 9,2 mg/L (Demirel ve ark., 2011), 4,57-9,06 mg/L (Akiner ve Akiner, 2010) arasında değiştiği bildirilmiştir.

BOİ ve KOİ sırasıyla yüzey suyundaki biyolojik ve toplam organik madde miktarının belirlenmesinde kullanılmaktadır ve özellikle endüstriyel ve evsel atık su deşarjlarının tespit edilmesinde kullanılan indikatör parametrelerdir (Kazi ve ark., 2009). Çalışma alanındaki BOİ konsantrasyonu 0,4-12 mg/L arasında ve KOİ konsantrasyonu 0,21-28,2 mg/L arasında değişim göstermiştir. Mevsimlere bağlı olarak ortalama BOİ ve KOİ konsantrasyonunda önemli ölçüde bir değişiklik olmazken, sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde yüksek derişimlere ulaştığı görülmüştür (Şekil 1). Bu durum yaz aylarında azalan ÇO derişimi ile uyum göstermektedir ve yüksek sıcaklıkta artan mikrobiyolojik aktivitenin sonucu olabilir (Mutlu, 2019). Daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen BOİ ve KOİ değerleri bu çalışmada elde edilenlerden çok daha yüksektir. Akiner ve Akiner (2010), Göksu Nehri'nin farklı noktalarından aldıkları örneklerin BOİ ve KOİ konsantrasyonunun sırasıyla 4-65 mg/L ve 5-105 mg/L arasında değiştiğini bildirmiştir. Demirel ve ark. (2011) ise KOİ konsantrasyonunun 0 mg/L ile 1050 mg/L

arasında değiştiğini bildirmiştir. SKKY'ye göre KOİ parametresi bakımından su kalitesi her zaman 1. sınıf iken BOİ konsantrasyonu bakımından 1. sınıf ile 2. sınıf arasında değişim göstermiştir.

Sülfat, sucul canlılar için gerekli bir mikroelement olmakla beraber; fazla miktarda bulunduğu toksik etki yaratabilmektedir (Orem ve ark., 2011). Sülfat konsantrasyonu 5,76 mg/L ile 81,12 mg/L arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Demirel ve ark. (2011), sülfat konsantrasyonunun 2915 mg/L'ye kadar çıkabildiğini bildirmiştir. Bu durum ölçüm yapılan istasyonların etrafındaki toprak yapısının tuz ve mineral bakımından daha zengin topraktan yıkanarak taşınmasının bir sonucu olabilir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre Göksu Nehri suları sülfat yönünden 1. sınıftır.

Sodyum, yüzey sularında en yaygın olarak bulunan alkali metaldir (Galezynska ve ark, 2013). Sülfata benzer şekilde, sodyum konsantrasyonu da SKKY kapsamında belirlenen limitlerin oldukça altındadır (Tablo 1). Mevsimlere bağlı olarak ortalama Na⁺ ve SO₄²⁻ derişiminde önemli bir farklılık olmamasına rağmen, standart sapma önemli ölçüde fazladır (Şekil 1). Bu parametrelerde gözlemlenen yüksek standart sapmanın nedeni, yağışın bol olduğu mevsimlerde kayalardan ve mineral içeriği yüksek olan topraktan çözülerek yüzey akışa karışan Na⁺ ve SO₄²⁻ tuzlarının miktarının artması olabilir (Kılıç, 2017).

Toplam çözülmüş katı miktarı yağmurlar sırasında oluşan toprak erozyonunun direkt göstergesidir (Kowalkouskia ve ark., 2006). Göksu Nehri mansabındaki TÇK konsantrasyonu 132,5 mg/L ile 392,3 mg/L arasında değişim göstermiş ve SKKY tarafından belirlenen standartların altında

kalmıştır (Tablo 1). Daha önce Göksu Nehri'ndeki akış hattında yapılan çalışmalarda çok daha yüksek olduğu, TÇK miktarının 180 mg/L ile 2.525 mg/L arasında (Akiner ve Akiner, 2010) ve 294 mg/L ile 16.751 mg/L arasında (Yıldırım ve ark., 2018) değiştiği bildirilmiştir. Bu değerler, SKKY standartlarının oldukça üstünde olup, su kalitesini 4. sınıfa kadar düşürmektedir.

Yüzeysel sularındaki azot türevlerinin konsantrasyonunun yüksek olması genel olarak tarımsal faaliyetlerde aşırı gübre kullanımına bağlanmaktadır (Ogwueleka, 2015). NH_4^+ organik azotun sudaki degradasyonu sonucu oluşan ve biyolojik olarak aktif olan bir bileşiktir (Belal ve ark., 2016). Yüzeysel sularında yüksek miktarda bulunması çoğu zaman su kirliliğinin belirtisi olarak düşünülmektedir (Nassar ve ark., 2016). Göksu Nehri'ndeki NH_4^+ konsantrasyonu 0,01-2,8 mg/L arasında değişim göstermiştir. Akiner ve Akiner (2010), Göksu Nehri'ndeki NH_4^+ konsantrasyonunun daha düşük bir aralıkta 0,04 mg/L ile 0,25 mg/L arasında değiştiğini bildirmiştir. Bu çalışmanın sonuçları SKKY ile kıyaslandığında su kalitesinin 1. sınıf ile 4. sınıf arasında değişim gösterdiği ve NO_3^- bakımından birinci sınıf olduğu tespit edilmiştir. Bu durum dönemsel olarak su kalitesinin ekolojik hayati tehlikeye atabilecek kadar kötüleştiğini göstermektedir.

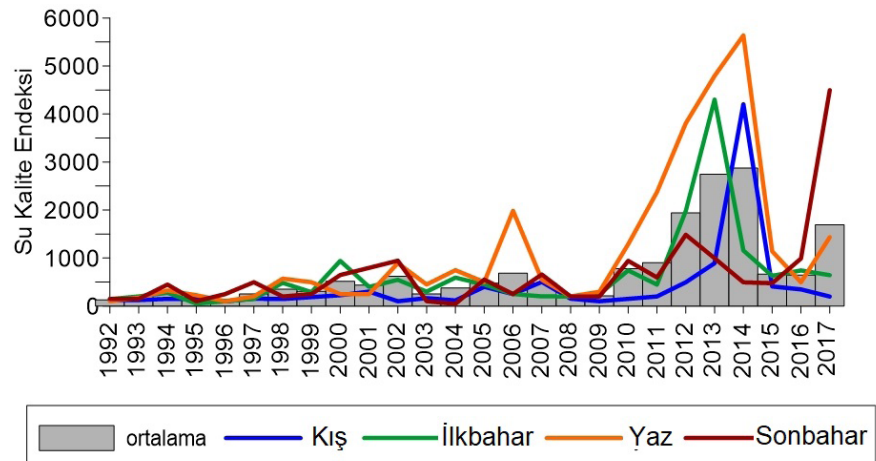
Nitrit, nitrat ile amonyak arasında ara oksidasyon seviyesi olup, insan sağlığı açısından en yüksek toksisite riskini sahip olan bileşiktir (Nassar ve Hamed, 2003). Bu çalışmada NO_2^- konsantrasyonu 0,001-0,11 mg/L arasında değişmiştir. SKKY açısından değerlendirildiğinde, ortalama NO_2^- konsantrasyonu açısından 2. seviye olmasına rağmen, özellikle yaz aylarında su kalitesinin 4. seviyeye kadar gerilediği görülmüştür (Şekil 1).

Azot türevlerinin sudaki derişimlerinin sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde artması buharlaşmaya bağlı olarak artan birikim ile açıklanmaktadır (Rasoloariniaina, 2017). Akiner ve Akiner (2010), NO_2^- konsantrasyonunun bu çalışmaya benzer şekilde 0,01 ile 0,09 mg/L arasında değiştiğini bildirirken; Demirel ve ark. (2011) 0,03-1,31 mg/L arasında ve Yıldırım ve ark. (2018) 0,01 ile 1,5 mg/L arasında değişen daha yüksek değerler bildirmişlerdir.

Nitrat deniz suyunda en yoğun olarak bulunan ve en kararlı olan inorganik azot formudur (Al-Qutob ve ark., 2002). NO_3^- konsantrasyonu görece daha az değişim göstermiş ve 0,28-4,8 mg/L arasında değişmiştir. NO_3^- konsantrasyonu daha önce yapılan çalışmalarda 1,6-41,2 mg/L (Demirel ve ark., 2011), 0,34-0,81 mg/L (Akiner ve Akiner, 2010), 1,77-38,57 mg/L (Yıldırım ve ark., 2018) arasında değişen daha yüksek değerler rapor edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler ile SKKY kıyaslandığında su kalitesinin NO_3^- bakımından birinci sınıf olduğu tespit edilmiştir.

Özetle, nehirdeki su kalitesi ele alınan parametreye ve döneme bağlı olarak 1. sınıftan 4. sınıfa kadar yüksek bir oranda değişim göstermektedir. Su kalitesi parametrelerinde gözlemlenen bu birbirinden farklı değişimlerin su kalitesine olan etkisini toptan gözlemleyebilmek için su kalite endeksi hesaplanmıştır (Tablo 2). Yıllık ortalamalar üzerinden hesaplanan su kalite endeksi değeri 2010'ların başına kadar en fazla 800 değerine ulaşmışken, 2010-2014 yılları arası hızla yükselmiş ve 2014 yılında tepe noktasına ulaşarak 2873'e ulaşmıştır. 2015 ve 2016 yıllarındaki ortalamalar ise daha önceki ortalama değerlere benzer şekilde 600 civarında seyretmiştir (Şekil 2, Tablo 2).

Şekil 2. Su kalite endeksinin 1992-2017 yılları arasında mevsimsel ve yıllık değişimi

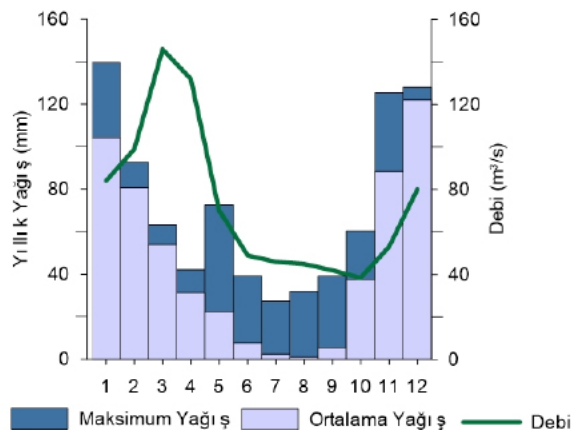


Yıl	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Ortalama
1992	125	144	102	149	130
1993	125	200	174	149	162
1994	149	276	323	446	299
1995	151	51	225	101	132
1996	100	100	100	248	137
1997	154	149	198	496	249
1998	146	483	570	198	349
1999	185	289	495	248	304
2000	225	941	249	646	515
2001	300	398	248	795	435
2002	100	546	893	945	621
2003	166	301	449	100	254
2004	117	591	746	44	375
2005	400	450	499	551	475
2006	250	249	1983	249	683
2007	503	201	548	656	477
2008	153	199	199	198	187
2009	99	248	297	198	211
2010	149	742	1287	942	780
2011	199	446	2375	595	904
2012	496	1981	3807	1485	1942
2013	892	4302	4795	995	2746
2014	4204	1157	5636	494	2873
2015	408	628	1139	475	663
2016	346	742	495	989	643
2017	198	643	1434	4498	1693

Tablo 2. Su kalite endeksinin 1992-2017 yılları arasında mevsimsel ve yıllık ortalama değerleri

Sonbahar mevsiminin ortalamalarına bağlı olarak elde edilen su kalite endeksi değeri çoğunlukla yıllık ortalamalardan düşük iken; ilkbahar, kış ve yaz aylarındaki değerler ortalama endeks değerinden yüksektir (Şekil 2). Göksu Nehrinin mansabının yer aldığı Silifke ilçesinde 1970-2010 yılları arasındaki ortalama aylık yağış grafiği ile DSİ Kargacık gözlem istasyonunun 2003-2008 yılları arasındaki aylık ortalama debi verileri kıyaslanarak Şekil 3 oluşturulmuştur (Ayaz ve ark., 2013; DSİ, 2019). Sonbahar aylarında artmaya başlayan yağışların

etkisi ile kış sonu, ilkbahar başında Göksu nehrinde su debisinin artmaya başladığı gözlemlenmiştir (Şekil 3). Doğu Akdeniz İklim Merkezinden alınan verilere göre 2010-2013 yılı Şubat ve Mayıs aylarında alınan yağış, 1970-2010 yılları arasındaki ortalamanın çok üstündedir (EMCC, 2020). Bu dönemde özellikle sonbahar ve kış aylarında artan yüzey akış, suyun kalitesinde meydana gelen azalma ile ilişkili olabilir. Bu çalışmada yaz aylarında su kalitesinde gözlemlenen düşüş literatürdeki farklı çalışmalarla da benzerlik göstermektedir. Bu



Şekil 3. Yağış ile Göksu Nehri debisi arasındaki ilişki

düşüşün sıcaklığın ve buharlaşmanın artmasına bağlı olarak suda artan organik madde miktarı nedeniyle olduğu düşünülmektedir (Boskidis ve ark., 2010; Singh ve ark., 2017; Mutlu, 2019)

Sonuç

Bu çalışma Göksu Nehri'ndeki su kalitesinin yıllara bağlı olarak değişimini su kalite endeksi kullanarak değerlendirmek ve durum tespiti yapmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. 1992-2017 yılları arasındaki yıllık ortalama konsantrasyonlar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki standartlar baz alınarak değerlendirilmiştir; su kalitesi pH, ÇO, KOİ, SO_4^{2-} , Na^+ , TÇK, NO_3^- parametreleri bakımından 1. sınıf, BOİ parametresi bakımından

1.sınıf ile 2. sınıf arasında değişmekte ve NO_2 , NH_4^+ parametreleri bakımından 1. sınıf ile 4. sınıf arası değişmektedir. Parametreler arasındaki bu değişimin su kalitesine olan etkisini anlamak için hesaplanan su kalite endeksi değeri yıllara bağlı olarak minimum 130 ile maksimum 1693 arasında değişiklik göstermiştir. 2010-2014 yılları arasında su kalite endeksinde önemli oranda bir artış gözlemlenmiştir. Su kalitesinde görülen azalma ile bu dönemde gözlemlenen aşırı yağış olayları arasında bağlantı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, yaz aylarında su kalitesi endeksi değerinin yıllık ortalama değerlerden önemli ölçüde fazla iken, sonbahar aylarında daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- Akçay, İ. & Tuğrul, S. (2018). Riverine nutrient inputs to the Mersin Bay, northeastern Mediterranean. *International Marine & Freshwater Sciences Symposium, Antalya, Turkey. Proceedings Book*, 56-61.
- Akiner, I. & Akiner, E. (2010). Sustainable urban development: a case study on Goksu Delta. *Conference on Water Observation and Information System for Decision Support, Balvois. Ohrid, Republic of Macedonia. Proceedings Book*, 1-14.
- Akoteyon, I. S., Omotayo, A. O., Soladoye, O. & Olaoye, H. O. (2011). Determination of water quality index and suitability of urban river for municipal water supply in Lagos-Nigeria. *European Journal of Scientific Research*, 54(2): 263-271.
- Alam, M. & Pathak, J. K. (2010). Rapid assessment of water quality index of Ramganga river, Western Uttar Pradesh (India) using a computer programme. *Nature and Science*, 8(11): 1-8.
- Ali, E. M., & Khairy, H. M. (2016). Environmental assessment of drainage water impacts on water quality and eutrophication level of Lake Idku, Egypt. *Environmental Pollution*, 216: 437-449.
- Al-Qutob, M., Hase, C., Tilzer, M. M. & Lazar, B. (2002). Phytoplankton drives nitrite dynamics in the Gulf of Aqaba, Red Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 239: 233-239.
- Ayaz S., Koyunluoğlu A. Ş., Atasoy A. E., Erdoğan N., Metin E., Doğan Ö., Uyuşur B., Haksevenler B. H. G., Dilaver M., Beşiktaş M., Kalay B., Aydoğan C., Sarıkaya Ö. & Akyol O. (2013). *Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi. Doğu Akdeniz Havzası Nihai Raporu*. TUBİTAK MAM. Gebze, Kocaeli.
- Belal, A. A. M., El-Sawy, M. A. & Dar, M. A. (2016). The effect of water quality on the distribution of macro-benthic fauna in Western Lagoon and Timsah Lake, Egypt. I. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 42(4): 437-448.
- Boskidis, I., Gikas, G. D., Pisinaras, V. & Tsihrintzis, V. A. (2010). Spatial and temporal changes of water quality, and SWAT modeling of Vosvozis river basin, North Greece. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 45(11): 1421-1440.
- Boyacıoğlu, H. & Boyacıoğlu, H. (2008). Water pollution sources assessment by multivariate statistical methods in the Tahtali Basin, Turkey. *Environmental Geology*, 54(2): 275-282.
- Demirel, Z., Özer, Z. & Özer, O. (2011). Investigation and modeling of water quality of Göksu River (Cleados) in an international protected area by using GIS. *Journal of Geographical Sciences*, 21(3): 429-440.
- DSİ, (2019). Rasatlar Bilgi Sistemi. Retrieved on December 10, 2019 from: <http://svtbilgi.dsi.gov.tr/Bilgi.aspx?istasyon=D17A053%20KARGICAK%20G%C3%96KSU%20N>.
- EMCC, (2020). Eastern Mediterranean climate center. Retrieved on January 08, 2020 from: <http://www.emcc.mgm.gov.tr/archive-view.aspx?y=2014&m=02>
- Galczyńska M., Gamrat R., Burczyk P., Horak A. & Kot M. (2013). The influence of human impact and water surface stability on the concentration of selected mineral macroelements in mid-field ponds. *Water-Environment-Rural Areas*, 3(3/43): 41-54.
- Gonzalez, S. O., Almeida, C. A., Calderón, M., Mallea, M. A. & González, P. (2014). Assessment of the water self-purification capacity on a river affected by organic pollution: application of chemometrics in spatial and temporal variations. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(18): 10583-10593.
- Horton, R. K. (1965). An index number system for rating water quality. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 37(3): 300-306.
- Icaga, Y. (2007). Fuzzy evaluation of water quality classification. *Ecological Indicators*, 7: 710-718.
- Kazi, T. G., Arain, M. B., Jamali, M. K., Jalbani, N., Afridi, H. I., Sarfraz, R. A., Baig, J. A. & Shah, A. Q. (2009). Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: a case study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(2): 301-309.
- Kılıç E. (2017). Asi Havzasındaki Su Kalitesinin Çok Değişkeli İstatistiksel Yöntemler Kullanılarak Değerlendirilmesi. Yüksekisans Tezi. İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, Türkiye, 77 s.

- Kılıç, E. & Yücel, N. (2019). Determination of spatial and temporal changes in water quality at Asi River using multivariate statistical techniques. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(9): 727-737.
- Kılıç, E., Akpınar, A. & Yücel, N. (2018). The Asi River's estimated nutrient load and effects on the eastern Mediterranean. *Aquatic Sciences and Engineering*, 33(2): 61-66.
- Kowalkowski, T., Zbytniewski, R., Szpejna, J. & Buszewski, B. (2006). Application of chemometrics in river water classification. *Water Research*, 40(4): 744-752.
- Kükreç, S. & Mutlu, E. (2019). Assessment of surface water quality using water quality index and multivariate statistical analyses in Saraydüzü Dam Lake, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(2): 71.
- Liou, S. M., Lo, S. L. & Wang, S. H. (2004). A generalized water quality index for Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96(1): 35-52.
- Mutlu, E. (2019). Evaluation of spatio-temporal variations in water quality of Zerveli stream (northern Turkey) based on water quality index and multivariate statistical analyses. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(6): 335.
- Nasiri, F., Maqsood, I., Huang, G. & Fuller, N. (2007). Water Quality Index: a fuzzy river pollution decision support expert system. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 133(2): 95-105.
- Nassar, M. Z. & Hamed, M. A. (2003). Phytoplankton standing crop and species diversity in relation to some water characteristics of Suez Lagoon (Red Sea). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 7(3): 25-48.
- Nassar, M. Z., Ismail L. M. & El Sawy M. A. (2016). Seasonal variations of phytoplankton and nutrients in the Egyptian harbors of the Northern Red Sea. *International Journal of Marine Science*, 6(9): 1-17.
- Ogwueleka, T. C. (2015). Use of multivariate statistical techniques for the evaluation of temporal and spatial variations in water quality of the Kaduna River, Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187: 135.
- Orem, W. H., Gilmour, C. C., Krabbenhoft, D. P. & Aiken, G. A. (2011). Sulfate as a contaminant in freshwater ecosystems: Sources, impacts and mitigation. US Geological Survey. Retrieved on February 23, 2020 from http://conference.ifas.ufl.edu/ncr2011/Presentations/Wednesday/Waterview%20C-D/am/0850_Orem.pdf.
- Rasoloariniaina, J. R. (2017). Physico-chemical water characteristics and aquatic macroinvertebrate rates of Lake Tsimanampetsotse, south-western Madagascar. *African Journal of Aquatic Science*, 42(2): 191-199.
- Ružđjak, A. M. & Ružđjak, D. (2015). Evaluation of river water quality variations using multivariate statistical techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(4): 1-14.
- Sadat-Noori, S. M., Ebrahimi, K. & Liaghat, A. M. (2014). Groundwater quality assessment using the Water Quality Index and GIS in Saveh-Nobaran aquifer, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 71(9): 3827-3843.
- Selvam, S., Manimaran, G., Sivasubramanian, P., Balasubramanian, N. & Seshunarayana, T. (2014). GIS-based evaluation of water quality index of groundwater resources around Tuticorin coastal city, South India. *Environmental Earth Sciences*, 71(6): 2847-2867.
- Singh, H., Singh, D., Singh, S. K. & Shukla, D. N. (2017). Assessment of river water quality and ecological diversity through multivariate statistical techniques, and earth observation dataset of rivers Ghaghara and Gandak, India. *International Journal of River Basin Management*, 15(3): 347-360.
- Smith, V. H., Tilman, G. D. & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs of freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100: 179-196.
- Snyder, J. (2007). Dissolved Oxygen. Retrieved on February 23, 2020 from <http://www.seagrant.sunysb.edu/oli/Water%20Quality/DissolvedOxygen.html2013>.
- Şener, Ş., Şener, E. & Davraz, A. (2017). Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). *Science of the Total Environment*, 584-585: 131-144.
- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P. & Dobhal, R. (2013). Water quality assessment in terms of water quality index. *American Journal of Water Resources*, 1(3): 34-38.
- Yıldırım, Ü., Güler, C., Kurt, M. A. & Geçgel, C. (2018). Göksu Nehri akış yolu boyunca ana element değişimlerinin incelenmesi. *HİDRO'2018: Ulusal Hidrojeoloji ve Su Kaynakları Sempozyumu, Ankara, Turkey. Proceedings Book*, 206-213.
- Yisa, J. & Jimoh, T. (2010). Analytical studies on water quality index of river Landzu. *American Journal of Applied Sciences*, 7(4): 453-458.
- Yücel, N. (2013). Monthly changes in primary and bacterial productivity in the North – Eastern Mediterranean shelf waters. PhD Thesis. Middle East Technical University Institute of Marine Science, Mersin, 179 pp.
- Zhou, F., Guo, H., Liu, Y. & Jiang, Y. (2007). Chemometrics data analysis of marine water quality and source identification in Southern Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, 54(6), 745-756.