

PAPER DETAILS

TITLE: Yesilirmak Havzasinin Yüksek Rakimli, Küçük ve Derin Göllerinde Fitoplankton İndeksleri ve Trofik Durumun Değerlendirilmesi

AUTHORS: Tolga Çetin,Tolga Coskun,Nilsun Demir

PAGES: 298-311

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2908059>

Yeşilirmak Havzasının Yüksek Rakımlı, Küçük ve Derin Göllerinde Fitoplankton İndeksleri ve Trofik Durumun Değerlendirilmesi

Evaluation of Phytoplankton Indices and Trophic Status for Small, Deep and Highland Lakes of Yeşilirmak Basin

Tolga Çetin^{1,*}, Tolga Coşkun², Nilsun Demir²

¹T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

*Sorumlu yazar: tolga.cetin@tarimorman.gov.tr

Received: 20.01.2023

Accepted: 22.03.2023

Published: 01.12.2023

How to Cite: Çetin, T., Coşkun, T., & Demir, N. (2023). Yeşilirmak havzasının yüksek rakımlı, küçük ve derin göllerinde fitoplankton indeksleri ve trofik durumun değerlendirilmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 19(4), 298-311. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1240143>

Özet: Yeşilirmak havzası 36,114 km² yüzölçümü ile Türkiye'nin beşinci büyük yağış alanına sahip nehir havzasıdır. Nüfus artışı, plansız kentleşme, endüstriyel ve hayvansal atıklar, gübre ve zirai ilaç kullanımı havzada kirliliğe neden olan başlıca faktörlerdir. Bu çalışmada, Yeşilirmak Havzasında bulunan yüksek rakımlı, yüzey alanı küçük ve derin özellik gösteren beş göl (Boraboy, Büyük, Dipsiz, Düden ve Zinav Gölü) fitoplankton indeksleri (PTI ve Q) ve trofik durum indeksi (TSI) ile değerlendirilmiştir. Göllerden fitoplankton ve su örnekleri Mayıs, Temmuz ve Eylül 2018'de toplanmış ve fitoplanktondan 85 tür teşhis edilmiştir. Toplam fosfor, toplam azot, klorofil *a* ve Secchi derinliği parametreleri ile göllerin trofik durumu tahmin edilmiştir. PTI ve Q indeksleri ile göllerde sınırlayıcı element olan toplam fosfor arasında ayrı ayrı lineer regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, Q indeksi PTI indeksine göre toplam fosfor ile daha yüksek ($r^2=0,75$) ilişkili bulunmuştur ($p<0,05$). Q indeksine göre belirlenen kalite TSI indeksi ile benzer sonuçlar vermiştir. Sonuçlar fitoplankton kompozisyonu ve trofik durum açısından birlikte değerlendirildiğinde, Boraboy Gölü "iyi/oligotrofik", Büyük Göl "orta/oligotrofik", Düden ve Zinav Gölleri "orta/mezotrofik", Dipsiz Göl ise "orta/trofik" olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, Boraboy ve Büyük Gölün kalite durumlarının korunması gerekirken Dipsiz, Düden ve Zinav Göllerinde kalitenin iyileştirilmesi amacıyla tedbirler alınmalıdır.

Anahtar kelimeler

- Yeşilirmak Havzası
- Fitoplankton
- Göller
- Toplam fosfor
- Trofik durum

Abstract: The Yeşilirmak basin, with an area of 36.114 km², is Türkiye's fifth-greatest area for precipitation. The primary sources of pollution in the basin are population increase, unplanned urbanization, industrial and animal waste, usage of fertilizers and pesticides. In this study, five lakes with high altitude, small surface area, and deep characteristics in the Yeşilirmak Basin (Boraboy, Büyük, Dipsiz, Düden, and Zinav Lake) were assessed by using the phytoplankton indices (PTI and Q) and trophic status index (TSI). Phytoplankton and water samples were collected (April, July, and September 2018), and 85 species were identified. Total phosphorus, total nitrogen, chlorophyll *a*, and Secchi depth parameters were used to estimate the trophic status of the lakes. Linear regression analysis was performed separately for PTI and Q indices with total phosphorus, the limiting element in lakes. As a result, the Q index correlated with total phosphorus higher ($r^2=0.75$) than the PTI index ($p<0.05$). The ecological quality statuses produced by the Q index were comparable to the TSI index. Considering the results collectively, the status of Boraboy Lake was assessed as "good/oligotrophic", Büyük Lake as "moderate/oligotrophic", Düden and Zinav Lakes as "moderate/mesotrophic", and Dipsiz Lake as "moderate/eutrophic" in terms of phytoplankton composition and trophic status. As a result, while Boraboy and Büyük Lakes' quality should be maintained, steps should be taken to improve the quality of the Dipsiz, Düden, and Zinav Lakes.

Keywords

- Yeşilirmak Basin
- Phytoplankton
- Lakes
- Total phosphorus
- Trophic status

1. GİRİŞ

Su yönetimi faaliyetleri, iklim değişikliğinin de etkisiyle giderek önem kazanan bir konu haline



gelmiştir. Su kaynaklarının bütüncül bir şekilde havza bazında yönetim anlayışıyla korunması için gerekli tedbirlerin belirlenmesi nehir havzası yönetim planlarının hazırlanmasıyla artış göstermektedir (Anonim, 2014a). Türkiye hidrolojik olarak 25 nehir havzasına ayrılmaktadır (DSİ, 2023). Nehir havzalarında yer alan su kütlelerinin izlenmesi ve karakterizasyonu etkin bir su yönetiminin en önemli bileşenlerini oluşturmaktadır. Her bir havzanın yapısı birbirinden farklıdır ve suyun kalite ve miktar açısından yönetimi havza bazında değişiklik göstermektedir. Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik (Anonim, 2012) ile yüzeysel sular ve yeraltı sularında kalite ve miktarın korunması amacıyla havza yönetim planlarının hazırlanmasına ilişkin usul ve esaslar belirtilmektedir.

25 nehir havzasından biri olan Yeşilırmak Havzasında evsel atık sular, endüstriyel faaliyetler, hayvancılık, tarım, katı atıklar, erozyon ve madencilik faaliyetleri önemli su yönetimi konuları arasında yer almaktadır (Anonim, 2010). Havzada yer alan mevcut baskıların ortaya konulabilmesi için öncelikli olarak ekolojik durum izleme çalışmalarının gerçekleştirilmesi gereklidir. İzleme çalışmaları kapsamında fizikokimyasal, kimyasal, biyolojik ve hidromorfolojik parametreler Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik (Anonim, 2014b) çerçevesinde izlenmektedir. Yönetmeliğin amacı ekosistem bütünlüğünü esas alan bir yaklaşımla su kütlelerinin mevcut durumunun ortaya konulmasıdır. Biyolojik izleme günümüzde su kütlelerinin izlenmesinde önem kazanmıştır ve Biyolojik İzleme Tebliği (Anonim, 2019) ile yerüstü sularında biyolojik kalite bileşenlerinin izlenmesine ilişkin usul ve esasları belirleyerek biyolojik izleme çalışmalarında standardizasyon sağlanmıştır. Tebliğ kapsamında izlenen biyolojik kalite bileşenlerinden biri olan fitoplankton, göllerde ekolojik kalitenin belirlenmesinde önemli bir bileşendir. Avrupa'da fitoplanktonun değerlendirilmesi için geliştirilen indeksler arasında Q indeksi (Padisak vd., 2006) ve PTI indeksi (Phillips vd., 2013) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Q indeksinde fitoplankton türleri fonksiyonel gruplara ayrılarak değerlendirilirken PTI indeksinde ise türlerin toplam fosfora karşı verdiği yanıtlar incelenmektedir. Fosfor, alg artışında birincil sınırlayıcı element olarak kabul edilmektedir (Schindler, 1977). Artan fosfor değerleriyle göllerin verimlilik düzeyi artmakta (Wetzel, 1983) ve aşırı alg artışları gözlemlenmektedir. Bu nedenle toplam fosfor fitoplankton kompozisyonuna bağlı kalite tahmininde yaygın olarak kullanılan bir indikatördür (Marchetto vd., 2009; Phillips vd., 2013).

Toplam fosfor dışında klorofil *a* miktarı ve Secchi derinliği göllerin trofik durumunun belirlenmesinde kullanılan parametrelerdir (Carlson, 1977). Toplam azot parametresi de trofik durum belirlenmesinde kullanılmaktadır (Kratzer & Brezonik, 1981). Türkiye'de göl ve göletlerde trofik durum değerlendirmeleri Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine göre TSI (Trokik Seviye İndeksi) hesaplanarak yapılmaktadır (Anonim, 2021).

Türkiye'de ekolojik kalitenin fitoplankton indeksleri ile değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yürütülmektedir (Demir vd., 2014; Sevindik vd., 2017; Çelekli vd., 2018; Çelekli vd., 2020). Bununla birlikte doğal göllerin çoğunda fitoplanktona yönelik sınırlı bilgi bulunmaktadır ve göllerin kirlenme ve iklim krizi gibi değişimlere yanıtlarının incelenmesi için düzenli izleme yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, Q ve PTI indeksleri Yeşilırmak Havzasında yer alan yüksek rakımlı, yüzey alanı küçük ve derin özellik gösteren beş gölün (Boraboy Gölü, Büyük Göl, Dipsiz Göl, Düden Gölü ve Zinav Gölü) fitoplankton kompozisyonuna uygulanmış ve göllerde sınırlayıcı element olan toplam fosfor seviyeleri ile arasındaki ilişki incelenmiştir. Ayrıca sonuçlar trofik durum indeksi ile karşılaştırılmış ve göllerin trofik durumunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

Yeşilırmak havzası Türkiye'nin toplam alanının %5'ini oluşturmaktadır. Sularını Karadeniz'e boşaltan Yeşilırmak Havzası, Kızılırmak, Fırat, Doğu Karadeniz ve Çoruh havzaları arasında yer almaktadır. Yeşilırmak Havzası; Kelkit, Yukarı Yeşilırmak, Çekerek, Tersakan ve Aşağı Yeşilırmak olmak üzere 5 alt havzaya ayrılmıştır (Anonim, 2022). Boraboy Gölü, Amasya il sınırları içinde yer almakta olup heyelan set gölüdür. Göl, tabiat parkıdır ve çevresinde turistik amaçlı tesisler bulunmaktadır. Ancak yoğun ziyaretçi trafiğinden kaynaklanan çevre sorunları ve su kirliliği olduğu bildirilmiştir (Şenol, 2018). Büyük Göl, Tokat il sınırlarında yer almaktadır. Tektonik oluşumlu olduğu, rekreasyonel değeri olduğu, sulama amaçlı yapılan müdahalelerin göl alanını daralttığı bildirilmiştir (Zeybek, 2004). Düden Gölü, Tokat il sınırlarında yer almaktadır. Göl ve çevresinin ekoturizm, kırsal turizm amaçlı değerlendirildiği, rekreasyonel açıdan önemli olduğu bildirilmiştir

(Kızıllarslan & Ünal, 2014). Dipsiz Gölü, Tokat ili Reşadiye ilçesinde bulunmaktadır. Zinav Gölü, Tokat ili sınırları içindedir, heyelan set gölüdür ve tabiatı koruma alanıdır. Rekreasyonel açıdan önemli bir göldür, ancak su kirliliği olduğu bildirilmiştir (Zeybek, 2002). Çalışma alanına ait harita Şekil 1’de verilmekte olup göllere ilişkin koordinat, rakım, yüzey alanı ve derinlik bilgileri Tablo 1’de yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı

Tablo 1. Yeşilirmak Havzasında çalışılan göllerin bazı özellikleri.

Göller	Enlem*	Boylam*	Rakım (m)	Yüzey Alanı (ha)	Derinlik (m)
Boraboy Gölü	40,80434	36,15012	1073	8,8	15
Büyük Göl	40,37697	37,46522	1046	11,6	8
Dipsiz Göl	40,45276	37,46251	1212	1,0	13
Düden Gölü	40,82831	36,60145	1190	4,4	8
Zinav Gölü	40,44594	37,27431	963	32,0	15

* Koordinatlar WGS1984 coğrafi koordinat sistemine göre verilmiştir.

5 doğal gölde örnekleme çalışması Mayıs, Temmuz ve Eylül 2018’de gerçekleştirilmiştir. Araştırmada örneklenen göllerin alanı 50 ha’dan küçük olduğu için her gölde pelajik bölgeden tek örnekleme noktası seçilmiş, göllerin orta kısmına doğru derinlik ölçülerek gidilmiş ve en derin noktanın koordinatları ölçülerek örnek noktası belirlenmiştir. Öncelikle Secchi derinliği ölçülmüş, Secchi derinliğinin 2,5 katı öfotik derinlik olarak belirlenmiş ve su örnek alıcı ile öfotik derinlikten alınan su örnekleri birleştirilerek kompoze örnek hazırlanmıştır. Fitoplankton ve klorofil *a* analizi için su örnekleri kompoze örnekten alınmıştır. Klorofil *a* analizi su örneklerinin süzülmesi ve filtre kâğıtlarının etanol ile ekstraksiyonu sonucunda spektrofotometrik metot ile yapılmıştır (APHA, 2012). Toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) analizi ise yüzey ve dipten alınan su örneklerinde yapılmış ve iki derinliğin ortalaması alınmıştır. Azot bileşikleri nitrata ve ardından nitrite indirgenerek spektrofotometrik ölçüm ile hesaplanmıştır (APHA, 2012). Fosfor bileşikleri parçalama ve oksitleme işleminin ardından spektrofotometrik olarak ölçülmüştür (APHA, 2012). Çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik ve pH arazide Hach HQ40 model prob ile ölçülmüştür.

Fitoplankton analizi için alınan su örnekleri 250-300 ml'lik şişelere aktarılmış ve Lugol çözeltisi ilave edilmiştir. Ayrıca kalitatif analiz amacıyla plankton kepçesi ile vertikal ve horizontal çekimler yapılmış ve kameralı trinoküler mikroskop yardımıyla ilgili literatüre göre tür teşhisleri gerçekleştirilmiştir. (Huber-Pestalozzi, 1942; Huber-Pestalozzi, 1950; Prescott, 1973; Lind & Brook, 1980; Komarek & Fott, 1983; Popovski & Pfiester, 1990; John vd., 2002). Fitoplankton türlerinin güncel adları Guiry ve Guiry (2022)'den kontrol edilmiştir. Alınan su örnekleri 5-10 ml'lik Hydrobios sayım hücrelerinde çöktürülmüş ve Leica DMIL inverted mikroskop kullanılarak sayılmıştır (Utermöhl, 1958; TS EN 15204, 2006). Fitoplankton hücrelerinin boyutları kamera ataçmanlı mikroskop ve Leica Application Suit programı yardımıyla ölçülmüş ve Hillebrand vd. (1999) ve Olelina vd. (2006)'ya göre hücre hacimleri hesaplanmıştır. Her bir türün hacmi türün sayısı ile çarpılarak toplam biyohacim tahmin edilmiştir.

Göllerin fitoplanktonun bulunuşu Reynolds vd. (2002) tarafından önerilen ve belirli habitatlarda bulunan fitoplankton topluluklarının harf ve sayısal kodlarla gösterildiği fonksiyonel grup yaklaşımına göre değerlendirilmiştir. Fonksiyonel gruplar belirlenmiş ve fitoplankton topluluk indeksi (Q) hesaplanmıştır (Padisak vd., 2006). Fitoplankton trofik indeksi (PTI) ise Phillips vd. (2013)'e göre hesaplanmıştır. Q indeksinin 0-1 arasındaki değerleri kötü, 1-2 arası zayıf, 2-3 arası orta, 3-4 arası iyi ve 4-5 arası çok iyi kalite durumunu ifade etmektedir. TSI indeksi Anonim (2021)'e göre hesaplanmıştır. Logaritmik toplam fosfor değerleri (log TP) ile Q ve PTI indeks sonuçları arasında lineer regresyon analizi XLSTAT (Addinsoft, 2014) ile gerçekleştirilmiştir. Göllerin kalite durumu renklere göre değerlendirilmiştir. Mavi renk çok iyi, yeşil renk iyi, sarı renk orta, turuncu renk zayıf ve kırmızı renk kötü durumu ifade etmektedir.

3. BULGULAR

Çalışma yürütülen göllerde üç dönem yapılan ölçümler sonucunda en düşük ortalama Secchi derinliği (0,30 m) ve en yüksek klorofil *a* (113,67 µg/l) miktarı Düden Gölü'nden elde edilmiştir. En yüksek ortalama toplam fosfora (73,83 µg/l) Dipsiz Göl'de rastlanırken en düşük toplam azot oranı (170,33 µg/l) Boraboy Gölü'nde ölçülmüştür. Çalışma sonucunda göllerin trofik durum parametrelerine ilişkin sonuçları Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2. Göllerdeki parametrelerin mevsimlere göre değişimi (ortalama ± standart hata).

Parametreler	Boraboy Gölü	Büyük Göl	Dipsiz Göl	Düden Gölü	Zinav Gölü
Secchi Derinliği (m)	2,00±0,58	3,33±0,66	3,67±0,17	0,30±0,00	1,20±0,47
Klorofil <i>a</i> (µg/l)	3,18±2,68	0,25±0,00	7,38±4,72	113,67±113,17	31,67±26,88
Toplam Fosfor (µg/l)	2,50±0,00	2,50±0,00	73,83±67,13	25,57±17,02	19,37±9,83
Toplam Azot (µg/l)	170,33±39,43	409,33±22,83	347,00±8,39	352,67±133,12	382,33±47,67
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	8,00±0,56	7,27±0,47	6,62±0,58	8,40±0,79	5,86±0,34
Elektriksel İletkenlik(µS/cm)	281,67±3,78	585,67±2,88	469,00±1,41	165,83±18,20	330,00±6,60
pH	7,75±0,14	8,04±0,11	8,03±0,17	8,23±0,24	7,84±0,17

Araştırmada göllerden Bacillariophyta, Bigyra, Chlorophyta, Charophyta, Cryptophyta, Cyanobacteria, Miozoa, Euglenozoa ve Ochrophyta filumlarına ait toplam 85 fitoplankton türü teşhis edilmiştir. Fitoplankton türlerinin aylara ve toplam biyohacime oranla bulunuşları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Boraboy, Büyük, Dipsiz, Düden ve Zinav Göllerinde teşhis edilen fitoplankton türleri ve göllere ve aylara göre biyohacim biyohacimde oranı *%20'den az, **%20-60 arasında, ***%60'dan fazla).

	Tür	Boraboy			Büyük			Dipsiz		
		May.	Tem.	Ey.	May.	Tem.	Ey.	May.	Tem.	Ey.
BAC	<i>Asterionella formosa</i> Hassall				*	*	*		*	*
	<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen									
	<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt									
	<i>Lindavia radiosa</i> (Grunow) De Toni & Forti						*			
	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith									
	<i>Pantocsekiella ocellata</i> (Pantocsek) K.T.Kiss & E.Ács	***	***	***	***	***	***	*	**	*
	<i>Stephanocyclus meneghinianus</i> (Kützing) Kulikovskiy, Genkal & Kociolek	*	*					*	*	*
	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) M. Aboal									
	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère		*	*		*	*	*	*	*
BIG	<i>Bicosoeca planctonica</i> Kisselev									
CHA	<i>Closterium aciculare</i> T. West									*
	<i>Closterium acutum</i> Brébisson									
	<i>Cosmarium reniforme</i> (Ralfs) W.Archer									
	<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille		*	*	*	*	*		*	*
CHL	<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim									
	<i>Botryococcus braunii</i> Kützing	*	*	*	*	*	*		*	*
	<i>Carteria pseudoglobosa</i> Ettl									
	<i>Closteriopsis acicularis</i> (Chodat) J.H.Belcher & Swale		*							
	<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris									
	<i>Crucigenia quadrata</i> Morren					*	*			
	<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchner) E.H.Hegewald									
	<i>Desmodesmus opoliensis</i> (P.G.Richter) E.Hegewald				*	*				
	<i>Desmodesmus subspicatus</i> (Chodat) E.Hegewald & A.W.F.Schmidt					*	*			
	<i>Diplochloris lunata</i> (Fott) Fott		*	*						
	<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg									
	<i>Kirchneriella irregularis</i> (G.M.Smith) Korshikov					*	*			
	<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius									
	<i>Lagerheimia ciliata</i> (Lagerheim) Chodat									
	<i>Lagerheimia genevensis</i> (Chodat) Chodat						*	*		

	<i>Lemmermannia komarekii</i> (Hindák) C.Bock & Krienitz								*	*
	<i>Lemmermannia tetrapedia</i> (Kirchner) Lemmermann			*	*	*				
	<i>Lemmermannia triangularis</i> (Chodat) C.Bock & Krienitz		*	*		*	*			
	<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda									
	<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová							*	*	*
	<i>Monoraphidium irregulare</i> (G.M.Smith) Komárková-Legnerová						*			
	<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nygaard					*	*			*
	<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová	*	*	*	*	*				
	<i>Monoraphidium tortile</i> (West & G.S.West) Komárková-Legnerová							*	*	*
	<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz					*	*			
	<i>Oocystis borgei</i> J.W.Snow									
	<i>Oocystis lacustris</i> Chodat		*	*	*	*	*		*	*
	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen									*
	<i>Phacotus lenticularis</i> (Ehrenberg) Diesing									
	<i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory									
	<i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (Korshikov) E.Hegewald & Deason							*	*	*
	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E.Hegewald									
	<i>Raphidocelis danubiana</i> (Hindák) Marvan, Komárek & Comas									
	<i>Scenedesmus ellipticus</i> Corda									
	<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen									
	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson									
	<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann									
	<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat								*	*
	<i>Tetradesmus lagerheimii</i> M.J.Wynne & Guiry									
	<i>Tetraëdron caudatum</i> (Corda) Hansgirg					*	*			
	<i>Tetraëdron minimum</i> (A.Braun) Hansgirg		*	*	*	*	*			
	<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair							*		
CRY	<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja					*	*	*	*	**

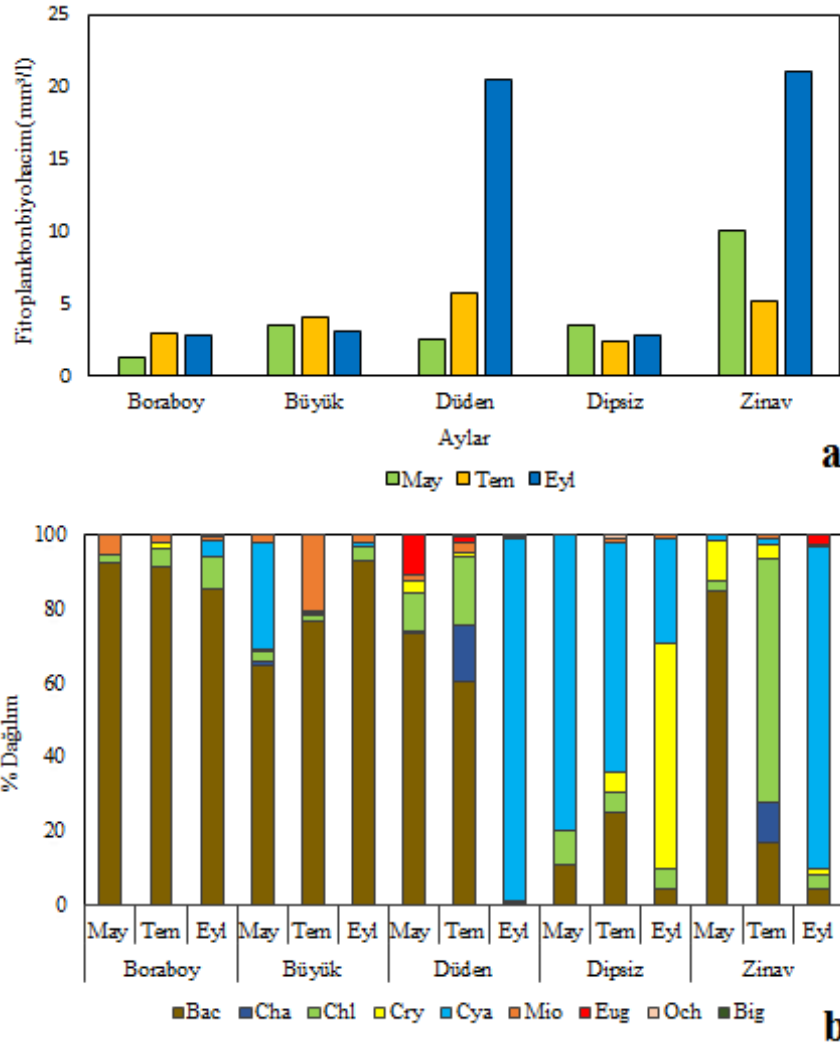
	<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg		*	*					*	*
	<i>Plagioselmis nannoplantica</i> (H.Skuja) G.Novarino, I.A.N.Lucas & S.Morrall	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CYA	<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmermann			*			*			
	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & G.S.West		*				*	***	*	**
	<i>Dolichospermum flos-aquae</i> (Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & Komárek							*		
	<i>Dolichospermum lemmermannii</i> (Richter) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek								***	
	<i>Dolichospermum planctonicum</i> (Brunnthal) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek									
	<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann							*	*	*
	<i>Microcystis smithii</i> Komárek & Anagnostidis				**					
	<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg									
	<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek & Hindák					*	*			
	<i>Sphaerospermopsis aphanizomenoides</i> (Forti) Zapomelová, Jezberová, Hrouzek, Hisem, Reháková & Komárková									
	<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau					*	*			
	<i>Woronichinia naegelianiana</i> (Unger) Elenkin						*			
MIO	<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans									
	<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.Müller) Dujardin	*	*	*	*	**	*		*	*
	<i>Gyrodinium helveticum</i> (Penard) Y.Takano & T.Horiguchi	*	*							
	<i>Peridiniopsis cunningtonii</i> Lemmermann					*	*			
	<i>Peridinium cinctum</i> (O.F.Müller) Ehrenberg	*	*		*	*	*			
EUG	<i>Euglenaformis proxima</i> (P.A.Dangeard) M.S.Bennett & Triemer					*	*			
	<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) F.Stein									
	<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemmermann									
	<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg									
OCH	<i>Bitrichia chodatii</i> (Reverdin) Chodat						*			
	<i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof									
	<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg		*	*		*	*			
	<i>Pseudokephyrion entzii</i> W.Conrad								*	*
	<i>Pseudokephyrion ovum</i> (Pascher & Ruttner) Conrad									

BAC; Bacillariophyta, BIG; Bigyra, CHL; Chlorophyta, CHA; Charophyta, CRY; Cryptophyta, CYA; Cyanobacteria, MIO; Miozoa, EUG; Euglenozoa, OCH; Och

Fitoplankton türleri içerisinde sentrik diyatomelerden (Bacillariophyta) *Pantocsekiella ocellata* türünün Boraboy ve Büyük Göllerinde her örnekleme döneminde biyohacim oranı %60'ın üzerinde olmuştur. Düden ve Zinav Göllerinde de Mayıs ayında yüksek oranda bulunmuştur. Fitoplanktonda hâkim olan türlerin bulunuşu Reynolds vd. (2002)'nin belirttiği şekilde fonksiyonel grup yaklaşımı ile değerlendirilmiştir. Küçük/orta büyüklükteki göllerde bulunan *P. ocellata* türü **B** fonksiyonel grubundadır. Siyanobakteri (Cyanobacteria) türlerinden *Aphanizomenon gracile* türüne Düden ve Zinav Göllerinde Eylül döneminde yüksek oranda rastlanılmıştır. *A. gracile* türü fonksiyonel gruplardan **H1** (azot bağlayan Nostocales) grubunda yer almaktadır. Aynı şekilde siyanobakterilerden (Cyanobacteria) *Aphanocapsa delicatissima* Dipsiz Gölünde Mayıs örnekleme döneminde yüksek oranda bulunmuştur. *A. delicatissima* küçük hücreli, koloniyel, gaz vakuolsüz siyanobakterilerin (Cyanobacteria) olduğu **K** fonksiyonel grubundadır. Temmuz döneminde artan *Dolichospermum lemmermannii* ise **H2** fonksiyonel grubundadır. Göllerde artış gösteren *Cryptomonas* türleri **Y**, *Plagioselmis nannoplanctica* **X2**, Chlorophyta'dan koloni oluşturan *Botryococcus braunii* ve *Oocystis lacustris* gibi türler ise **F** fonksiyonel grubunda yer almaktadır.

Göllerin aylara göre fitoplankton biyohacim miktarları ile aylara göre filumların biyohacim bazında yüzde dağılım oranları Şekil 2'de verilmiştir. Fitoplankton biyohacmi Boraboy, Büyük ve Dipsiz Göllerinde düşükken, Düden ve Zinav Göllerinde yüksek olduğu belirlenmiştir. Dipsiz Gölünde fitoplankton biyohacmi yüksek olmamakla birlikte kompozisyonda Mayıs ve Temmuz aylarında siyanobakterilerin (Cyanobacteria) oransal artışları dikkat çekmektedir.

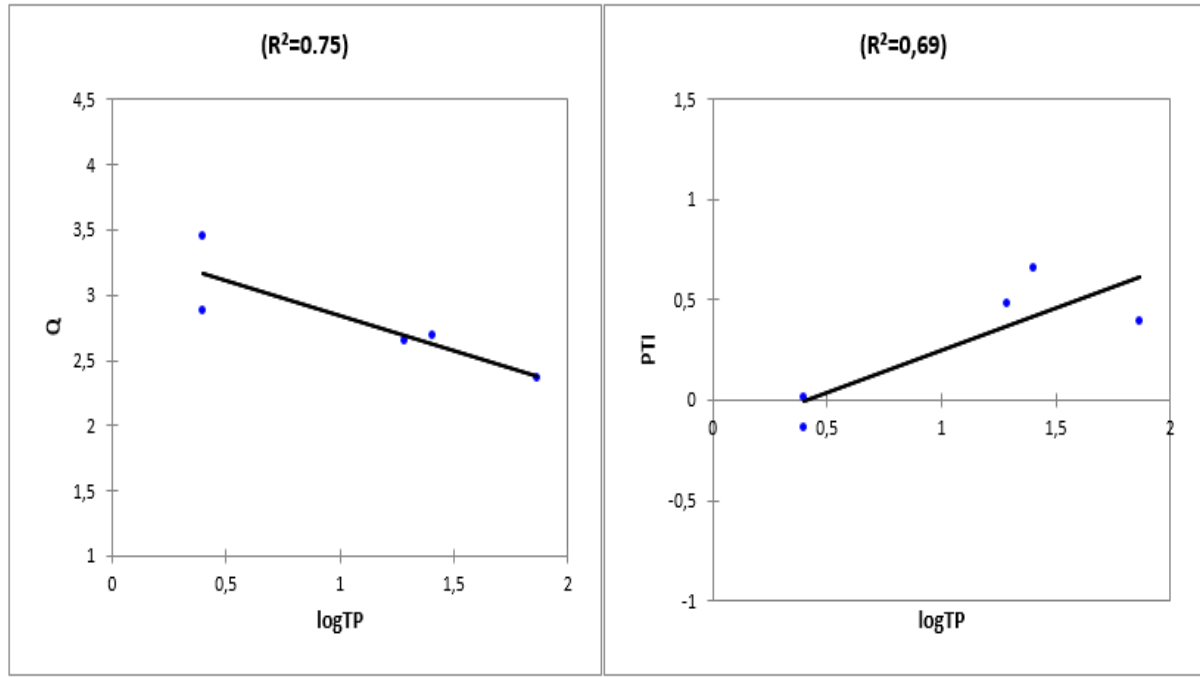
Göllerdeki fitoplankton topluluklarına ilişkin hesaplanan ortalama Q ve PTI indeksi sonuçları ile trofik durum parametreleri ile hesaplanan TSI indeksine ilişkin sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir. Her indeks açısından Boraboy Gölü en iyi sonuçları verirken, diğer göller Q indeksi açısından orta durumu göstermektedir. Q indeksi ve PTI indeksinin logaritmik toplam fosfor değerleri ile lineer regresyon sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. Q indeksi ve toplam fosfor arasındaki r^2 oranı 0,75 çıkarken bu oran PTI indeksi için 0,69 olarak sonuçlanmıştır. Q indeksi ile ötrofikasyon parametresi olarak değerlendirilen toplam fosfor derişimi arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ($p<0,05$). PTI ile toplam fosfor arasında ise pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ($p<0,05$). Nihai değerlendirmede r^2 değeri daha yüksek olan Q indeksi dikkate alınmıştır.



Şekil 2. a. Göllerde aylara göre toplam fitoplankton biyohacmi (mm^3/l) b. Göllerde fitoplanktonun ait olduğu filumların toplam fitoplankton biyohacminde aylara göre oransal dağılımı (%).

Tablo 4. Göllerdeki ortalama indeks sonuçları ve kalite değerlendirmesi (koyu: iyi, italik: orta durum).

Göller	Q	PTI	TSI
Boraboy Gölü	3,44	-0,14	34 (oligotrofik)
Büyük Göl	2,88	0,01	30 (oligotrofik)
Dipsiz Göl	2,69	0,66	61 (ötrofik)
Düden Gölü	2,64	0,48	52 (mezotrofik)
Zinav Gölü	2,36	0,39	49 (mezotrofik)



Şekil 3. Q indeksi ve PTI indeksinin toplam fosfor derişimi (log TP) ile ilişkisi.

4. TARTIŞMA

Türkiye’de göl su kütlelerinin belirlenmesinde 50 ha sınır olarak kabul edilmiş ve 652 adet doğal ve baraj gölü kütlesi belirlenmiştir (Anonim, 2015). Ancak 50 ha yüzey alanından küçük ve limnolojik özellikleri açısından hiçbir kayıt bulunmayan çok sayıda göl bulunmaktadır. Özellikle yüksek rakımlı ve yerleşim yerinden uzak küçük yüzey alanına sahip göller limnolojik özellikleri açısından referans özellikler taşıyabilmektedir. Bu araştırmada incelenen göllerde sınırlı sayıda limnolojik araştırma bulunmaktadır. Boraboy Gölü, zirai ve turistik aktiviteler açısından önemli olup, doğal radyoaktivite ve ağır metallerin incelendiği bir araştırmada verilerin sağlık açısından belirtilen limitler içinde kaldığı bildirilmiştir (Çetin vd., 2022). Zinav Gölünün formasyonu, turistik açısından önemi ve kirlenme durumu bildirilmiştir (Zeybek, 2002). 2013 yılında yapılan araştırmalarda dimiktik olan Zinav Gölünde ötrofikasyon ve alg artışlarının görüldüğü, besin maddeleri, klorofil *a* ve Secchi derinliği açısından gölün ötrofik/hipertrofik olduğu bildirilmiştir (Buhan vd., 2015; Buhan vd., 2018). Bu durum Zinav Gölünde siyanobakteri (Cyanobacteria) artışlarına ilişkin bulgularla benzerlik göstermekte olup, gölde ötrofikasyonun devam ettiğine işaret etmektedir.

Göllerde trofik durumu gösteren parametrelerin farklı sonuçlar belirtmesi nedeniyle Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde (Anonim, 2021) göl, gölet, baraj göllerinin ötrofikasyon kriterleri TSI’ya göre tanımlanmıştır. Bu araştırma sonuçlarına göre Yeşilırmak Havzası göllerinde trofik durum Boraboy ve Büyük Gölde oligotrofik, Dipsiz Gölde ötrofik, Düden ve Zinav Göllerinde mezotrofik olarak belirlenmiştir.

Yeşilırmak Havzası derin göllerinde üç örnekleme döneminde de (Düden Gölü Eylül dönemi dışında) sürekli olarak bulunan fitoplankton, sentrik diyatomelerden (Bacillariophyta) *Pantocsekiella ocellata* türü olarak belirlenmiştir. Udovic vd. (2017)’ye göre doğal ve oligo-mezotrofik karstik derin göl sistemlerini tanımlamaktadır. Reynolds vd. (2002), *P. ocellata* türünü küçük-orta büyüklükteki göllerde tabakalaşmaya karşı hassas ışık azlığına karşı toleranslı sentrik diatomların olduğu **B** grubuna dâhil etmiştir. Çalışma alanında yer alan yüksek rakımlı ve derin göller bu durum ile benzerlik göstermektedir. Toplam fosfor derişiminin tür dağılımını etkilediği baraj göllerinde *P. ocellata* türünün trofik düzeyi düşük göllerde yaygın olduğu belirtilmiştir (Marchetto vd., 2009). Özellikle Boraboy ve Büyük Göllerinde tüm dönemlerde toplam biyohacimde yüksek oranda bulunan *P. ocellata* göllerin oligotrofik yapısıyla uyumlu sonuçlar sergilemiştir. Bu tür Dipsiz Gölünde daha düşük oranda bulunurken Düden ve Zinav Göllerinde Mayıs ayında artış göstermiştir.

Düden ve Zinav göllerinde Eylül ayında siyanobakterilerden (Cyanobacteria) *Aphazinomenon gracile* artışı gerçekleşmiş, bu tür Düden Gölünde toplam biyohacimde %98, Zinav Gölünde ise %87

oranına ulaşmıştır. *Aphanizomenon* cinsine ait türlerin fonksiyonel gruplardan **H1** (azot bağlayan Nostocales) grubunda yer aldığı ve habitat olarak ötrofik, düşük azot içeren sığ veya derin göllerde bulunduğu belirtilmiştir (Reynolds vd., 2002; Padisak vd., 2009). Besin kaynaklarının sınırlanması fitoplankton topluluğunda kompozisyonel değişimlere yol açmaktadır. Eğer azot kaynağı sınırlanırsa fitoplanktonda azot-bağlayan *Anabaena* veya *Aphanizomenon* gibi siyanobakteriler (Cyanobacteria) hâkim olmaya başlamaktadır (Padisak & Reynolds, 1998). Düden ve Zinav Göllerinin derin göl olması nedeniyle Eylül ayında tabakalaşma sonucunda besin sınırlamasının heterosistli *Aphanizomenon gracile* türünün aşırı artış göstermesine neden olduğu düşünülmektedir. Düden ve Zinav Göllerinde Eylül ayında siyanobakteri (Cyanobacteria) artışları ile birlikte toplam fitoplankton biyohacmi de en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Siyanobakterilerden (Cyanobacteria) artış gösteren bir diğer tür *Aphanocapsa delicatissima* türüdür. Dipsiz Gölünde Mayıs ayında artış gösteren bu tür besince zengin su sütunlarında yer alan küçük hücreli, koloni oluşturan ve gaz vakuölü olmayan siyanobakterilerin (Cyanobacteria) olduğu **K** fonksiyonel gurubunda yer almaktadır. Dipsiz Gölünde *A. delicatissima* Temmuz ayında yerini *Dolichospermum lemmermannii* türüne bırakmıştır. Siyanobakterilerden (Cyanobacteria) *D. lemmermannii* **H2** grubunda yer almaktadır ve tipik olarak daha az ötrofik (daha temiz) göllerin temsilcilerinden biri olarak bildirilmiştir (Reynolds vd., 2002). Bu türün habitatı olarak oligo-mesotrofik, derin göller tanımlanmıştır (Padisak vd., 2009). *D. lemmermannii* Eylül ayında oransal olarak azalmış ve fitoplanktonda *Cryptomonas* türleri hâkim olmuştur. *Cryptomonas* türleri genellikle küçük ve zenginleşmiş göllerde **Y** fonksiyonel gurubunda yer almaktadır (Reynolds vd., 2002). Bu grup Büyük Göl dışında tüm göllerde hâkim durumda olmasa da bulunmuştur. Ayrıca *Cryptophyta* filumundan *Plagioselmis nannoplanctica* türü de sürekli bulunmuş ancak düşük sayılarda yer almıştır (Eylül ayında Düden Gölü dışında). Bu tür Reynolds vd. (2002)'ye göre mezo-ötrofik göllerin temiz-karışan tabakalarında yer alan **X2** grubunda tanımlanmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre *Plagioselmis nannoplanctica* türünün bahar ve yaz aylarında oligotrofik/mezotrofik küçük ve derin göllerin fitoplanktonunun daimi bir temsilcisi olduğu söylenebilir. Yeşilirmak Havzası göllerinde tür çeşitliliği en fazla olan ve fitoplanktonda hâkim olmasa da bulunan fonksiyonel gruplardan biri de **F** grubudur (Reynolds vd., 2002). Bu grubun tipik temsilcileri *Botryococcus braunii* ve *Oocystis lacustris* gibi koloni oluşturan yeşil alglerdir. *Botryococcus* ve *Oocystis* cinslerine ait türlerin kirlenmeye karşı hassas türler oldukları belirtilmiştir (WISER, 2023). Sonuç olarak, Yeşilirmak havzasında çalışılan yüksek rakımlı, derin ve küçük göllerin fitoplankton topluluklarının genel olarak göllerin trofik durumu ile örtüştüğü söylenebilir.

Bu araştırmada fitoplankton kompozisyonuna dayalı Q ve PTI indekslerinin su kalitesi parametrelerinden toplam fosfor ile ilişkisi incelenmiştir. Fitoplankton göllerin ekolojik durumlarının incelenmesinde kullanılan bir anahtar topluluktur. Özellikle göllerdeki su kalite değişimlerinin izlenmesi ve yorumlanmasında bir erken-uyarı indikatörü olarak kullanılabilir. Yeşilirmak havzasında incelenen göllerde Q ve PTI indeksleri toplam fosfor ile ilişkili bulunmuştur. Fitoplanktonun incelenmesinde kullanılan 7 indeks Avrupa'da 32 gölde incelenmiş ve bu indekslerin çevresel değişkenlerle ve ötrofikasyonun göstergesi olan toplam fosfor derişimi ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Thackeray vd., 2013). Akdeniz'de baraj göllerinde tür kompozisyonunu kontrol eden temel faktörün toplam fosfor olduğu belirtilmiştir (Marchetto vd., 2009). Derinlik, rakım ve yüzey alanı göllerin tipolojisinin belirlenmesinde kullanılan kriterlerdendir (Solheim vd., 2009). Yeşilirmak Havzasının küçük, derin ve yüksek rakımlı göllerinin fitoplankton çeşitliliği, kompozisyonu ve trofik durumunun tanımlanması, göllerde ileride oluşabilecek değişimlerin yorumlanmasına ve aynı tipolojideki göllerle karşılaştırma yapılmasına katkı sağlayacaktır.

5. SONUÇ

Yeşilirmak havzasının yüksek rakımlı, derin, tabakalaşma görülen ve küçük (50 ha'dan küçük) göllerinin fitoplanktonuna ilişkin değerler Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifine göre tipe özgü referans değerlerin, biyolojik kalitenin ve ekolojik kalite oranının belirlenmesinde değerlendirilebilir. Bu çalışma ile aynı havza içerisinde tipolojisi aynı olan göllerde (yüksek rakımlı, küçük ve derin) fitoplanktonun kompozisyonuna dayalı indekslerle ilişkin bilgiler elde edilmiştir.

Göller çok çeşitli baskılar altında değişmektedir. Bu nedenle düzenli izlemelerin yapılması ve sürdürülebilirliği sağlamak üzere önlemler alınması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü uhdesinde yürütülen “Türkiye’de Referans İzleme Ağının Kurulması Projesi” kapsamında elde edilen veriler kullanılarak hazırlanmıştır.

FİNANS

Bu çalışma T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2011K050400).

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, bu çalışmayı etkileyebilecek finansal çıkarlar veya kişisel ilişkiler olmadığını beyan etmektedir.

YAZAR KATKILARI

Çalışma kurgusu, veri analizi: TÇ, ND; makale yazımı: TÇ, ND, TC; örneklerin alınması, laboratuvar çalışması: TC, ND; Metodoloji: TÇ, ND; Denetleme: TÇ. Tüm yazarlar nihai taslağı onaylamıştır.

ETİK ONAY BEYANI

Bu çalışmada deney hayvanları kullanılmaması nedeniyle Yerel Etik Kurul Onayı alınmamıştır.

VERİ KULLANILABİLİRLİK BEYANI

Araştırma verileri paylaşılmaz.

KAYNAKLAR

- Addinsoft. (2014). XLSTAT 5.03. Addinsoft, USA.
- Anonim. (2022). Yeşilirmak havzası kuraklık yönetim planı stratejik çevresel değerlendirme kapsam belirleme raporu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim. (2021). Yerüstü su kalitesi yönetmeliği. 16.06.2021 tarih ve 31513 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim. (2019). Biyolojik izleme tebliği. 21.06.2019 tarih ve 30808 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim. (2015). Türkiye’de havza bazında hassas alanların ve su kalitesi hedeflerinin belirlenmesi projesi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Anonim. (2014a). Ulusal havza yönetim stratejisi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Anonim. (2014b). Yüzeysel sular ve yeraltı sularının izlenmesine dair yönetmelik. 11.02.2014 tarih ve 28910 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim. (2012). Su havzalarının korunması ve yönetim planlarının hazırlanması hakkında yönetmelik. 17.10.2012 tarih ve 28444 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim. (2010). Yeşilirmak havza koruma eylem planı. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- APHA. (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association. American Water Works Association, Water Environment Federation, 22nd Edition.
- Buhan, E., Kaymak, N., Akın, Ş., & Turan, H. (2018). Trophic pathways from pelagic and littoral sources supports food web in an eutrophic natural lake (Lake Zinav, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(2), 99-107. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_2_02
- Buhan, S. D., Bektaş, N., Koçer, M. A. T., Doğan, H. M., Buhan, E., & Polat, F. (2015). Trophic status and threats in Zinav Lake (Tokat/Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(1a), 203-207.
- Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22(2), 361-369. <https://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0361>
- Çelekli, A., Kayhan, S., & Çetin, T. (2020). First assessment of lakes’ water quality in Aras River catchment (Turkey); Application of phytoplankton metrics and multivariate approach. *Ecological Indicators*, 117, 106706. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106706>
- Çelekli, A., Toudjani, A. A., Lekesiz, H. Ö., Kayhan, S., & Çetin, T. (2018). Bioassessment of ecological status of three Aegean reservoirs based on phytoplankton metrics. *Turkish Journal of*

- Water Science and Management*, 2(1), 76-99. <https://doi.org/10.31807/tjwsm.363608>
- Çetin, B., Canımıkbey, B., & Gül, M. (2022). Boraboy Lake from Amasya Turkey: natural radioactivity and heavy metal content in water, sediment, and soil. *Arabian Journal of Geosciences*, 15, 513. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-09732-w>
- Demir, A. N., Fakıoğlu, Ö., & Dural, B. (2014). Phytoplankton functional groups provide a quality assessment method by the Q assemblage index in Lake Mogan (Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 38, 169-179. <https://doi.org/10.3906/bot-1301-60>
- DSİ. (2023). *Toprak su kaynakları*. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>.
- Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (2021). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication. Galway: National University of Ireland.
- Hillebrand, H., Dürselen, C. D., Kirschtel, D., Pollinger, U., & Zohary, T. (1999). Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology*, 35, 403-424. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1999.3520403.x>
- Huber-Pestalozzi, G. (1950). *Das phytoplankton des süßwassers*, 3 Teil. Cryoptophyceen,, Chloromonadien, Peridineen. In: A. Thienemann (Ed), *Die Binnengewasser*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhhandlung, Stuttgart.
- Huber-Pestalozzi, G. (1942). *Das phytoplankton des süßwassers*, 2 Teil. Diatomeen. In: A. Thienemann (Ed), *Die Binnengewasser*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhhandlung, Stuttgart.
- John, D. M., Whitton, B. A., & Brook, A. J. (2002). *The freshwater algal flora of the British Isles*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kızılarıslan, N., & Ünal, T. (2014). Tokat ilinin ekoturizm/kırsal turizm potansiyeli ve Swot analizi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 9, 45-61
- Komarek, J., & Fott, B. (1983). *Chlorococcales*, 7. Teil. 1Halfte. In: J. Elster and W. Ohle (Eds). *Das Phytoplankton des Süßwassers*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhhandlung, Stuttgart.
- Kratzer, C. R., & Brezonik, P. L. (1981). A Carlson-type trophic state index for nitrogen in Florida lakes. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 17, 713-715. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1981.tb01282.x>
- Lind, M. E., & Brook, A. J. (1980). *A key to the commoner desmids of the English Lake District*. Freshwater Biological Association Scientific Publications, 123.
- Marchetto, A., Padedda, B. M., Mariani, M. A., Luglie, A., & Sechi, N. (2009). A numerical index for evaluating phytoplankton response to changes in nutrient levels in deep Mediterranean reservoirs. *Journal of Limnology*, 68(1), 106-121. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2009.106>
- Olenina, I., Hajdu, S., Edler, L., Andersson, A., Wasmund, N., Busch, S., Göbel, J., Gromisz, S., Huseby, S., Huttunen, M., Jaanus, A., Kokkonen, P., Ledaine, I., & Niemkiewicz, E. (2006). *Biovolumes and Size-Classes of Phytoplankton in the Baltic Sea*. Helsinki: HELCOM Baltic Sea Environment Proceedings, 106.
- Padisak, J., Crossetti, L. O., & Naselli-Flores, L. (2009). Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia*, 612, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9645-0>
- Padisak, J., Borics, G., Grigorszky, I., & Soroczki-Pinter, E. (2006). Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia*, 553, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1393-9>
- Padisak, J., & Reynolds, C. S. (1998). Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to cyanoprokaryotes. *Hydrobiologia*, 384, 41-53. <https://doi.org/10.1023/A:1003255529403>
- Phillips, G., Lyche-Solheim, A., Skjelbred, B., Mischke, U., Drakare, S., Free, G., Jarvinen, M., Hoyos, C., Morabito, G., Poikane, S., & Carvalho, L. (2013). A phytoplankton trophic index to assess the status of lakes for the Water Framework Directive. *Hydrobiologia*, 704, 75-95. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1390-8>
- Popovski, J., & Pfiester, L. A. (1990). *Dinophyceae (Dinoflagellida)*, Band 6. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, & D. Mollenhauer (Eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fisher Verlag, Jena.
- Prescott, G. W. (1973). *Algae of the Western Great Lakes Area, 5th edition*. Wm C Brown Company Publishers, Dubuque.

- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, K., Naselli-Flores, L., & Melo, S. (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 24, 417–428. <https://doi.org/10.1093/plankt/24.5.417>
- Schindler, D. W. (1977). Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science*, 195, 260-262.
- Sevindik, T. O., Tunca, H., Gönülol, A., Gürsoy, N., Küçükkaya, Ş. N., & Kınalı, Z. (2017). Phytoplankton dynamics and structure, and ecological status estimation by the Q assemblage index: a comparative analysis in two shallow Mediterranean lakes. *Turkish Journal of Botany*, 41, 25-36. <https://doi.org/10.3906/bot-1510-22>
- Solheim, A. L., Globevnik, L., Austnes, K., Kristensen, P., Moe, S. J., Persson, J., Phillips, G., Poikane, S., van de Bund, W., & Birk, S. (2019). A new broad typology for rivers and lakes in Europe: development and application for large-scale environmental assessments. *Science of the Total Environment*, 697, 134043. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134043>
- Şenol, E. (2018). Boraboy Gölü (Amasya) ve çevresinin, rekreasyonel amaçlı kullanımından kaynaklanan başlıca sorunları. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 23, 95-112. <https://doi.org/10.17295/ataunidcd.412503>
- Thackeray, S. J., Noges, P., Dunbar, M. J., Dudley, B. J., Skjelbred, B., Morabito, G., Carvalho, L., Phillips, G., Mischke, U., Catalan, J., de Hoyos, C., Laplace, C., Austoni, M., Padedda, B. M., Maileht, K., Pasztaleniec, A., Jarvinen, M., Solheim, A. L., & Clarke, R. T. (2013). Quantifying uncertainties in biologically-based water quality assessment: A pan-European analysis of lake phytoplankton community metrics. *Ecological Indicators*, 29, 34-47. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.12.010>
- TS EN 15204. (2006). Su kalitesi - değiştirilmiş mikroskopi yöntemi (Utermöhl technique) kullanılarak fitoplanktonların sayılmasına dair standart kılavuz.
- Udovic, M. G., Cvetkoska, A., Zutinic, P., Bosak, S., Stankovic, I., Spoljaric, I., Masic, G., Borojevic, K. K., Cukurin, A., & Plenkovic-Moraj, A. (2017). Defining centric diatoms of most relevant phytoplankton functional groups in deep karst lakes. *Hydrobiologia*, 788, 169–191. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2996-z>
- Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitteilungen der Internationale Vereinigung der theoretische und Angewandte Limnologie*, 5, 567–596
- Wetzel, R. G. (1983). *Limnology*. W. B. Saunders Co., Philadelphia.
- WISER. (2023). *Appendix 1*. http://wiser.eu/download/D3.1-1_annex_draft.pdf.
- Zeybek, H. İ. (2002). Sinan (Zinav) Gölü (Reşadiye-Tokat). *Türk Coğrafya Dergisi*, 38, 105-120.
- Zeybek, H. İ. (2004). Büyük Göl (Reşadiye-Tokat). *Doğu Coğrafya Dergisi*, 12, 293-308.