

Akarçay'ın (Afyonkarahisar, Türkiye) Su Kalitesini Değerlendirmek için Diyatome İndekslerinin Kullanılması

Ersin KIVRAK, Ayşe UYGUN, Hasan KALYONCU

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye.

e-posta:ekivrak@aku.edu.tr

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye.

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Isparta, Türkiye

Geliş Tarihi: 22 Mayıs 2012 ;Kabul Tarihi: 31 Aralık 2012

Özet

Akarçay'ın bentik diyatome ve bazı fiziko-kimyasal özellikleri Mart-Aralık 2008 tarihleri arasında dört istasyondan aylık olarak alınan örneklerde incelenmiştir. Çayın başlangıç kısmında *Cocconeis placentula*, *Cyclotella meneghiniana*, *Encyonema minutum*, *Sellaphora pupula*, *Nitzschia tubicola*, *Cymatopleura solea*, *Amphora veneta*, *Amphora pediculus*, *Ulnaria ulna*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema angustatum* ve *Navicula cryptocephala* bentik diyatome topluluğunda dominant diyatome türleri olmuştur. Çayın aşağı kısmında ise, *Nitzschia palea* bentik diyatome topluluğunda dominant olmuştur. Diyatome indeksleri ile TÇM, NH₄-N, NO₂-N, PO₄-P, BOİ₅ ve KOİ arasında kuvvetli pozitif ve çözülmüş oksijen ile kuvvetli negatif korelasyon göstermiştir. Diyatome indeksleri ve fiziko-kimyasal analiz sonuçları çayın başlangıç kısımlarının orta derecede kirlenmiş, çayın son kısımlarının ise aşırı derecede kirlenmiş olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler

Bentik diyatome;
Diyatome indeksleri;
Su kalitesi; Akarçay

Application of Diatom Indices to Assess Water Quality of the Akarçay Stream (Afyonkarahisar, Turkey)

Abstract

Epipellic diatoms and some physico-chemical features of Akarçay streams were studied in the samples collected monthly from four sampling-stations during March-December 2008. In the upstream *Cocconeis placentula*, *Cyclotella meneghiniana*, *Encyonema minutum*, *Sellaphora pupula*, *Nitzschia tubicola*, *Cymatopleura solea*, *Amphora veneta*, *Amphora pediculus*, *Ulnaria ulna*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema angustatum* and *Navicula cryptocephala* were dominant species in the benthic diatom communities. In downstream *Nitzschia palea* was dominant species in the benthic diatom communities. Diatom indices showed a significant positive correlation with TDS, NH₄-N, NO₂-N, PO₄-P, BOD₅, COD and, were correlated negatively with DO. The results of diatom indices and physico-chemical analysis indicated that the upstream was moderately polluted and the downstream was excessively polluted.

Key words

Benthic diatoms;
diatom indices; water
quality; Akarçay stream

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Su kalitesinin belirlenmesi, suyun fiziksel ve kimyasal verilerine göre yapılmakta iken, son yıllarda suda yaşayan canlı organizmalar da göz önüne alınmaya başlanmıştır (Lowe ve Pan 1996, Soininen 2004). Özellikle kimyasal maddelerin konsantrasyonlarının birkaç saatte dikkati çekecek şekilde değiştiği akarsularda; su kalitesinin izlenmesinde biyolojik indikatörlerin daha güvenilir olduğu birçok yazar tarafından ifade edilmiştir

(Prygiel ve Coste 1993, Whitton ve Rott 1996). Su kalitesinin hızlı değiştiği akarsularda, su kalitesinin tayininde akarsuyun doğal yapısına katılmasından dolayı biyolojik indikatörlerin kullanımının çok yararlı olduğu görülmüştür (Soininen 2002).

Su kalitesinin tayininde son yıllarda suyun fiziksel ve kimyasal analizlerinin yanında biyolojik yönden değerlendirilmesi de çok önem kazanmış ve bu yönde çalışmalar artmıştır. Bu çalışmalar 1900'lü yılların başında başlamış ve bazı araştırmacılar

biyoindeksör ve onların sınıflandırılmaları üzerine çalışmalar yapmışlardır (Barlas 1995, Kazancı ark. 1997). Bakteriler, protozoalar, taban büyük omurgasızları, makrofitler, balıklar ve bentik algler su kirliliğinin biyoindeksörü olarak kullanılmaktadır (Round 1991, Kelly ve Whitton 1998, Jarvie ve ark. 2002, Sojinen ve Könönen 2004). Diyatome çevresel şartlardaki değişimlere toplu tepki göstermesi ve çok sayıdaki türünün dar tolerans aralığına sahip olmasından dolayı su kalitesini değerlendirmek için öncelikle kullanılırlar (Descy 1979, Kelly ve Whitton 1995, Potapova ve ark. 2004).

Son yıllarda diyatome ve çevresel faktörler arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasından sonra, diyatome kullanılarak nehirlerin su kalitesinin belirlenmesi üzerine yapılan araştırmaların sayısı oldukça artmıştır (Prygiel ve Coste 1993, Kelly ve Whitton 1995, Whitton ve Rott 1996, Kelly 1998, Potapova ve ark.2004). Dünyanın çeşitli ülkelerinde ve özellikle Avrupa'da nehirlerin su kalitesi ve kirlenme durumunu belirlemek için birçok diyatome indeksi geliştirilmiştir. Bu indekslerden bazıları şunlardır: CEE (CEC): Descy ve Coste Diyatome İndeksi (Descy ve Coste 1991), GDI: Genetik Diyatome İndeksi (Coste ve Aypassorho 1991), L&M: Leclercq ve Maquet İndeksi (Leclercq ve Maquet 1987), SHE: Steinberg ve Schiefele İndeksi (Steinberg ve Schiefele 1988), TDI: Trofik Diyatome İndeksi (Kelly ve Whitton 1995, Kelly 1998).

Türkiye'de akarsuların biyolojik yöntemlerle su kalitesinin değerlendirilmesi üzerine ilk çalışmalar Girgin ve Kazancı (1994) tarafından yapılmıştır. Girgin ve Kazancı (1994) yaptıkları bu çalışmada, Ankara Çayı'nın su kalitesini fiziko-kimyasal parametrelerle belirlenmesinin yanında, taban büyük omurgasızlarına dayanan biyolojik indeksler kullanılarak da değerlendirilmiştir. Ülkemiz akarsularında diyatome indeksleri kullanılarak su kalitesi değerlendirmesi çalışmaları çok yenidir ve çalışma sayısı da oldukça azdır. Barlas ve ark. (2001) Sarıçay ve Akçapınar Deresi'nin su kalitesini epilitik diyatome kullanılarak Sládeček indeksi (SLA) indeksine göre değerlendirmişlerdir. Gürbüz ve Kıvrak (2002) Karasu Nehri'nin su kalitesini epilitik

diyatome temeli olarak Genetik İndeks (GI), Trofik Diyatome İndeksi (TDI), Sládeček İndeksi (SLA) ve Organik Kirlilik İçin Diyatome Birliği İndeksi (DAIpo) kullanarak değerlendirmişlerdir. Isparta çevresindeki çay ve derelerin su kalitesi (Isparta, Aksu, Darören) fiziko-kimyasal verilere ve diyatome indekslerinden Swiss Diyatome indeksi (DI-CH), Trofik İndeks (TI) Sabrobik İndeks (SI)'e göre değerlendirilmiştir (Kalyoncu ve Barlas 1997, Kalyoncu ve ark. 2004, 2008, 2009). Türkiye'nin batı bölgelerindeki çay ve derelerin su kalitesi fiziko-kimyasal verilere ve Omnidia yazılımı kullanılarak diyatome indekslerine göre değerlendirilmiştir (Solak ve ark. 2007, Solak ve ark. 2011).

Bu çalışmada, Akarçay'ın bentik diyatome topluluğu ile çayın su kalitesi arasında ilişki incelenmiş ve çayın su kalitesi Ötrofikasyon Kirlilik İndeksi (EPI-D), Pampean Diyatome İndeksi (IDP), Rott Sabrobite İndeksi (SID) ve Trofik Diyatome İndeksi(TDI) indeksleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca diyatome indeksleri ve çay suyunun fiziko-kimyasal özellikleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

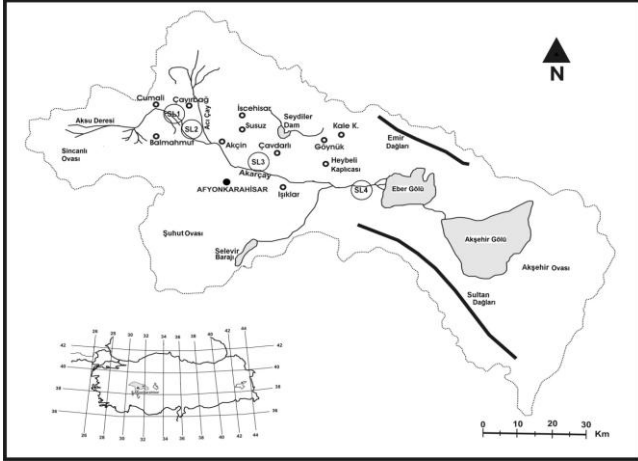
2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Akarçay Havzası, İç Ege ile Orta Anadolu'nun batısında, Afyonkarahisar-Akşehir arasında Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultusunda uzanan yaklaşık 130 km uzunluğunda, 20 km genişliğinde bir çöküntü havzasıdır. İç Batı Anadolu eşiği üzerinde yer alan güneydoğu-kuzeybatı doğrultulu dağ dizilerinden en doğuda olan Emir ve Türkmen Dağları, havzayı kuzeydoğudan İlbudak Dağı, kuzeybatıdan Sultan dağları, güneydoğudan Ahır Dağı ve güneybatıdan ise Kumalar Dağı sınırlandırmaktadır.

Araştırma alanımızı oluşturan Akarçay Afyonkarahisar'ın en önemli akarsuyudur. Akarçay'ı başlıca iki dere oluşturur. Bunlardan birisi Sincanlı Ovası'nın batısında çok sayıda gözden doğan Aksu Deresi' dir. Bu dere daha sonra Akdeğirmen, Ayvalı, Balmahmut ve Köprülü istikametinden geçer ve Afyonkarahisar Ovası'na ulaşır. Diğerisi ise İhsaniye Gazlıgöl tarafından doğup güneye doğru akan Acıçay'dır. İkisi

Afyonkarahisar'ın batısında birleşerek Akarçay'ı meydana getirir. Buradan doğuya doğru akan Akarçay, Şuhut Ovası'ndan gelen Şuhut (Kali) Çayı'nı da alarak, Afyonkarahisar'ın güneydoğusunda yer alan Eber Gölü'ne ulaşır. Yaklaşık 80 km uzunluğa sahiptir. Akarçay yavaş akan bir nehir sistemidir. Akarçay'dan su ve bentik (epipelik ve epifitik) diyatome örnekleri belirlenen dört istasyondan Mart-Aralık 2008 tarihleri arasında aylık olarak toplanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Akarçay Havzası haritası ve örnek alma istasyonlarının yerleşimi

I. istasyon: Balmahmut köprüsü, DSİ örnekleme istasyonunun hemen yanından seçilmiştir. Su derinliği 70-80 cm kadardır. Akarsuyun tabanı çok az çakıllı, çamur ve balçık yapısındadır. Etrafı tarım alanlarıyla çevrelenmiş durumdadır. Eysel atıklardan ve tarım alanlarından gelen atıklardan etkilenmektedir.

II. istasyon: Bu istasyon Ömer-Gecek jeotermal sahasının aşağısından seçilmiştir. Akarsuyun tabanı çok az çakıllı, çamur ve balçık yapısındadır. Etrafı tarım alanlarıyla çevrelenmiş durumdadır. Termal otellerin havuzlarının deşarjından ve tarım alanlarından gelen atıklardan etkilenmektedir.

III. istasyon: Afyonkarahisar'ın aşağı kısmından Gümüşkent villalarına yakın bir noktadan seçilmiştir. Akarsuyun yatağı geçirimsiz, kalın, killi-marnlı bir zona sahip olup bataklık konumundadır. Bu istasyon endüstriyel, evsel ve şehir atıklarından etkilenmektedir.

IV. istasyon: Bu istasyon Şeker Fabrikasının sonra Eber Gölü'ne yakın seçilmiştir.

Akarsuyun zemini çamur ve balçık yapısındadır. Bu

istasyon endüstriyel (Şeker Fabrikası, Bolvadin Alkoloid Fabrikası), evsel ve tarımsal atıklardan etkilenmektedir (Şekil 1).

2.2. Örneklerin Toplanması ve Analizi

Epipelik diyatome örnekleri toplamak için 8 mm çapında ve 80 cm boyundaki plastik boru kullanılmıştır. Plastik boru sediment yüzeyinde sifon yaptırılmak suretiyle, boru içine çamurlu suyun dolması sağlanmıştır (Round 1984). Bu şekilde alınan çamur su karışımı her örnek 250 ml kapasiteli kavanozlara boşaltılmıştır. Epifitik diyatome örnekleri toplamak için Akarçay'ın dere yatağında yetişen Lemna trisulca, Potamogeton nodosus ve Polygonum amphibium türlerine ait bitkiler toplanmıştır. Alınan örnek bitkiler musluk altında yıkanıp kazınmak suretiyle, üzerinde yaşayan organizmalar bir beher içerisinde toplanmıştır. Kavonoz ve beherler içerisinde bulunan örnekler santrifüjle çöktürülerek fazla su atılmıştır. Fazla suları uzaklaştırılan tüpler içindeki çökeltinin üzerine KMnO₄ ve HCl ilave edilip ısıtılarak diyatome örnekleri organik maddeden temizlenmiştir. Böylece organik maddeden kurtarılan ve sadece silisli hücre çeperi (valva) kalan diyatome türlerinin "Entellan" ortam maddesi ile daimi preparatları yapılmıştır (Hasle 1978). Preparatlar Olympus BX50 araştırma mikroskobu ile 1000x büyütmede incelenmiştir. İncelenen her bir preparatta 200 diyatome valvası sayılmış ve taksonların teşhisi yapılmıştır. Diyatome örneklerinin teşhisinde Krammer ve Lange-Bertalot (1986, 1991a, 1991b, 1999), Round ve ark. (1990) ve Hartley ve ark. (1996)'dan yararlanılmıştır.

Çay suyunun sıcaklığı, pH'sı, elektriksel iletkenliği ve çözülmüş oksijen miktarı Multi 340i (WTW) cihazı ile örnek alma anında ölçülmüştür. Su sıcaklığı, pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ₅), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam çözülmüş madde, orthofosfat (PO₄-P), amonyum azotu (NH₄-N), nitrit azotu (NO₂-N) ve nitrat azotu (NO₃-N) konsantrasyonunun ölçümleri APHA (1995) tarafından önerilen standart metotlara göre yapılmıştır.

Diyatome ötrofikasyon kirlilik indeksi (EPI-D) (Dell'Uomo (2004) , Pampean Diatom İndeksi (IDP) Gómez ve Licursi (2001), Rott Sabrobite İndeksi

(SID) Rott ve ark. (1997), Trofik Diyatome İndeksi (TDI) Kelly ve Whitton (1995) göre hesaplanmıştır.

Bary-Curtis benzerlik indeksi Past 1.95 (PAleontological STatistics)'da hesaplanmıştır. (Hammer 2009). Korelasyon analizleri ise SPSS 15'te yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Akarçay Suyunun Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri

En düşük su sıcaklık değeri I. istasyonda (3,6 °C) ve en yüksek sıcaklık değeri ise II. istasyonda (42,3 °C) ölçülmüştür. En düşük pH değerleri III. istasyonda 7,4 olarak, en yüksek pH değeri 8,7 ile II. istasyonda ölçülmüştür. Elektriksel iletkenliğin en düşük değeri I. istasyonda 430 µS/cm olarak, en yüksek değeri ise II. istasyonda 4698 µS/cm olarak ölçülmüştür. En yüksek çözünmüş oksijen değerleri I. istasyonda 12,6 mg/lit olarak ölçülmüştür. En düşük çözünmüş oksijen değerleri ise yaz aylarında III. istasyonda 1,1 mg/lit olarak ölçülmüştür. En düşük biyolojik oksijen ihtiyacı miktarı I. istasyonda 5,1 mg/lit olarak ölçülmüştür. En yüksek biyolojik

oksijen ihtiyacı miktarı ise III. istasyonda 198,2 mg/lit olarak ölçülmüştür. En düşük kimyasal oksijen ihtiyacı I. istasyonda 7,3 mg/lit ve en yüksek kimyasal oksijen ihtiyacı ise III. istasyonda 497,2 mg/lit olarak ölçülmüştür. En düşük toplam çözünmüş madde miktarı I. istasyonda 292 mg/lit olarak ölçülmüştür. En yüksek toplam çözünmüş madde miktarı 1680 mg/lit olarak III. istasyonda ölçülmüştür. En düşük amonyum azotu miktarı I. istasyonda 0,11 mg/lit olarak ölçülmüştür. En yüksek amonyum azotu miktarı ise III. istasyonda 20,04 mg/lit olarak ölçülmüştür. En düşük nitrit azotu miktarı I. istasyonda 0,012 mg/lit olarak ölçülmüştür. En yüksek nitrit azotu miktarı 2,78 mg/lit olarak III. istasyonda ölçülmüştür.

Çayın ortası ve sonlarında nitrit azotu miktarında artış olduğu saptanmıştır. En düşük nitrat azotu miktarı 0,9 mg/lit ile II. istasyonda, en yüksek nitrat azotu miktarı ise 3,21 mg/lit olarak I. istasyonda ölçülmüştür. En düşük orthofosfat miktarı I. istasyonda 0,11 mg/lit olarak ölçülmüştür. En yüksek orthofosfat miktarı ise 7,86 mg/lit olarak ölçülmüştür (Tablo 1).

Tablo 1. Akarçay'ın bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerinin ortalama, maksimum ve minimum değerleri

İstasyonlar	I		II		III		IV	
	Ortalama Değer, SS	Min. ve Mak. değer	Ortalama Değer, SS	Min. ve Mak. değer	Ortalama Değer, SS	Min. ve Mak. değer	Ortalama Değer, SS	Min. ve Mak. değer
T (°C)	13.10±7.89	3,6-23.3	22.5±19.19	5.7-42.4	16.7±7.48	6.3-23.3	17.8±7.26	7.6-24.6
pH	7.76±0.11	7.6-7.9	8.1±0.21	7.9-8.7	7.44±0.23	7.2-7.8	7.86±0.23	7,5-7,9
EC (µS/cm)	489.00±38.70	430-536	2402±1976	559-4698	1538±348	1114-1910	1590±385.2	968-1964
TÇM (mg/L)	342.00±36.26	292-364	601±374.7	362-1131	985±274.5	713-1680	875±326.2	425-1148
ÇO (mg/L)	8.92±2.88	6.2-12.6	5.66±1.93	1,2-8.4	3.7±2.83	1.1-6.3	4.26±1.8	2.6-6.3
BOI ₅ (mg/L)	7.44±2.71	5.1-11.8	24.4±6.15	17.01.1932	163±135.9	42-198,2	119±64	36.3-166
KOI (mg/L)	9.62±1.67	7.3-11.3	38.2±9.01	28-49	191±80.23	62.3-497	129±87.47	28.3-171
NH ₄ -N(mg/L)	0.40±0.29	0.11-0.88	0.89±0.65	0.14-1.64	10.4±8.5	1.53-20,04	5.2±1.76	3.06-7.16
NO ₂ -N(mg/L)	0.03±0.01	0.01-0.04	0.03±0.01	0.02-0.06	1.56±0.7	0.96-2.78	0.07±0.016	0.061-0.09
NO ₃ -N(mg/L)	2.02±0.71	1.32-3.21	1.25±0.27	0.9-1.57	0.65±0.43	0.2-1.22	1.33±0.54	0.68-1.91
PO ₄ -P (mg/L)	0.34±0.13	0.14-0.49	1.11±0.65	0.34-1.84	2.98±2.09	0.83-7.86	3.82±2.02	1.79-5.89

3.2. Bentik Diyatome ve Su Kalitesi Değerlendirmesi

Akarçay'ın bentik diyatome komunitesinde dominant türlerin hem epipelik, hem de epifitik toplulukta çayın başlangıç kısmı ile son kısmında farklı olduğu görülmüştür. Çayın başlangıç kısmında (I. ve II. istasyon) *Cocconeis placentula*, *Cyclotella*

meneghiniana, *Encyonema minutum*, *Navicula cryptocephala* ve *Ulnaria ulna* hem epipelik hem de epifitik diyatome topluluğunda dominant olmuşlardır. *Sellaphora pupula*, *Nitzschia tubicola*, *Cymatopleura solea*, *Amphora veneta* ve *Amphora pediculus* sadece epipelik diyatome topluluğunda, *Gomphonema parvulum* ve *Gomphonema*

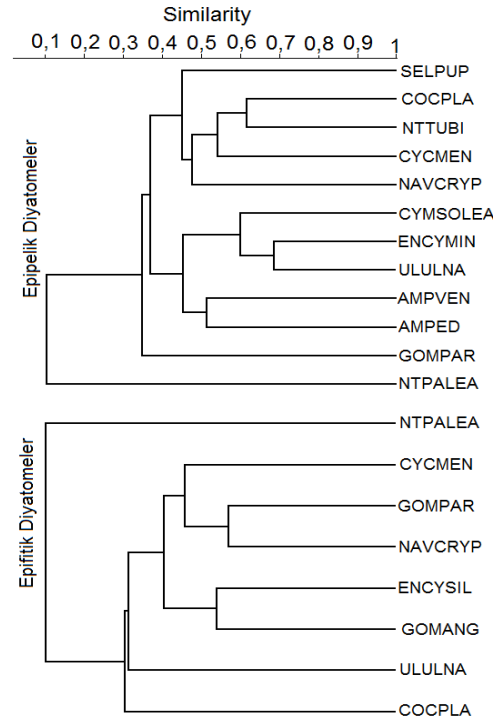
angustatum epifitik diyatome topluluğunda dominant diyatome türleri olmuşlardır. Çayın aşağı kısmında (III. ve IV. istasyon) *Nitzschia palea* hem epepelik hemde epifitik diyatome topluluğunda

dominant takson olurken, *Navicula cryptocephala* ve *Gomphonema parvulum* her iki toplulukta da subdominant taksonlar olmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. Akarçay'da dominant bentik diyatomelerinin ortalama nispi yüzde bolluk oranları

TAKSONLAR	İstasyonlar							
	I		II		III		IV	
	Epipelik	Epifitik	Epipelik	Epifitik	Epipelik	Epifitik	Epipelik	Epifitik
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow ex A. Schmidt	1,85	-	5,5	-	-	-	-	-
<i>Amphora veneta</i> Kützing	3	-	7,6	-	0,1	-	0,1	-
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	12,6	26,45	16,55	23,95	0,4	0,5	0,35	1,1
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	10,1	8,85	3,95	6,75	3,6	1,75	4,75	1,7
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith	5,40	-	4,36	-	0,25	-	0,2	-
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G. Mann	0,2	-	7,05	-	-	-	-	-
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G. Mann	-	3,3	-	7,45	-	0,6	-	1,5
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	1,6	2,75	1,95	6,75	2,05	7,95	2,25	12,05
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	-	0,9	-	3,45	-	-	-	-
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	2,15	2,85	2,25	10,2	9,9	3,8	7,5	2,45
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	-	2,8	9,4	6	55,85	64,6	64,55	63,3
<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow	10,3	-	0,2	-	0,8	-	0,6	-
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky	10,6	-	3,2	-	0,9	-	1,75	-
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère	4,1	18,25	3,75	2,9	3,85	-	1	1,65

Dominant bentik diyatome taksonlarının benzerlik durumlarını değerlendirmek için kümeleme analizi sonucunda çizilen Bary-Curtis dendogramına göre hem epipelik hemde epifitik diyatome topluluğunda iki küme oluşturdukları görülmüştür. Hem epipelik hemde epifitik diyatome topluluğunda I. grup %30-35 benzerlik seviyesinde küme oluşturmuş olan ve genellikle nehrin başlangıç kısmında bulunan I. ve II. istasyonda dominant olan taksonlardan oluşmakla beraber nehrin son kısımlarında da düşük bolluk oranlarında bulunmaktadır. II. grup ise diğerlerinden %10-15 benzerlik seviyesinde ayrılan *Nitzschia palea*'nın tek başına küme oluşturmasıyla meydana gelmiştir. *Nitzschia palea* nehrin son kısımlarındaki III. ve IV. istasyonda bentik diyatome topluluğunda araştırma süresince %50'in üzerinde bolluk oranında bulunarak dominant olmuştur (Şekil 2).

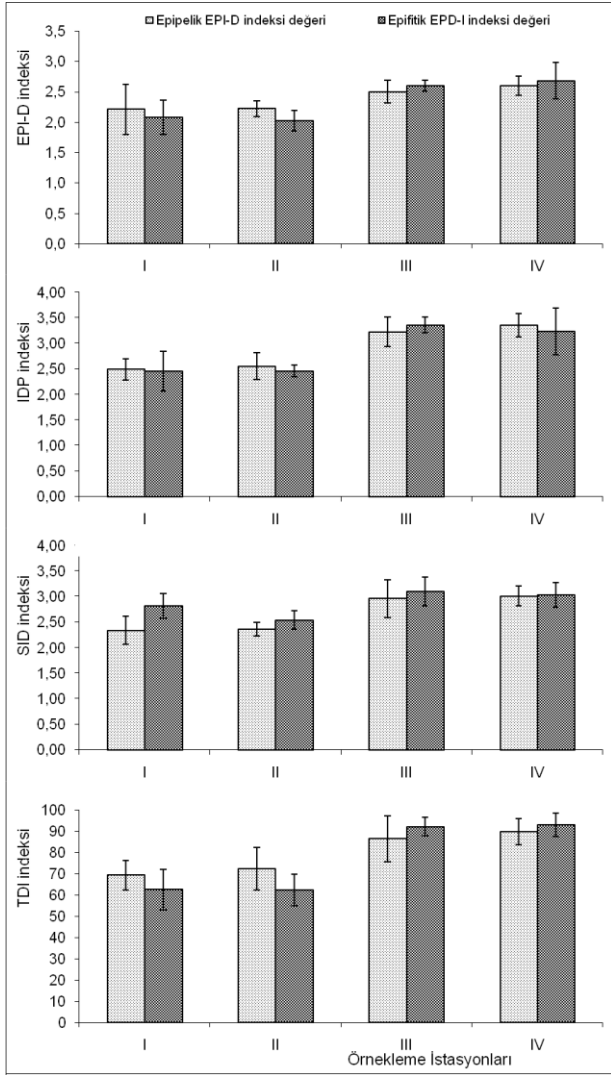


Şekil 2. Dominant bentik diyatome taksonlarının Bary-Curtis benzerlik dendogramı

Epipelik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan EPI-D indeks değeri I. istasyon için ortalama 2,21 ve II.

istasyon için 2, 24'tür. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise I. istasyon için 2,08 ve II. istasyon için 2,02 olarak hesaplanmıştır. Hem epipelik hem de epifitik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan EPI-D indeks değerleri her iki istasyonda da ilkbahar aylarında 2'nin altında hesaplanmıştır. Yaz ve sonbahar aylarında ise genellikle 2 ile 2,4 arasında hesaplanmıştır. Hesaplanan bu EPI-D indeks değerleri Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin ilkbahar aylarında III. kalite (orta), yaz aylarında ise III-IV. kalite (kötü) olduğunu göstermektedir. Epipelik diyatomelere bağlı olarak EPI-D indeks değeri III. istasyon için ortalama 2,5 ve IV. istasyon için ise 2,6 olarak hesaplanmıştır. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise III. istasyon için 2,6 ve IV. istasyon için 2,6 olarak hesaplanmıştır. Her iki istasyonda da EPI-D indeks değerleri 2,3-2,76 arasında değişmiştir. Bu EPI-D indeks değerleri çayın son kısımlarının su kalitesinin IV-V (kötü, çok kötü) olduğunu göstermektedir. EPI-D indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi Şekil 4.22'de verilmiştir. Epipelik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan IDP indeks değeri I. istasyon için ortalama 2,49 ve II. istasyon için 2,55 olarak bulunmuştur. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise I. istasyon için 2,45 ve II. istasyon için 2,46 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu IDP indeks değerleri Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin III. kalite (kötü) olduğunu göstermektedir. Bu IDP su kalitesi değeri de çayın başlangıç kısmının organik maddelerle kirlendiğini ve ötrofikasyon olduğunu göstermektedir. Kısmi şekilde organik madde degradasyonu, nitrit, amonyum ve aminoasit mevcudiyetine işaret etmektedir. Epipelik diyatomelere bağlı olarak IDP indeks değeri III. istasyon için ortalama 3,22 ve IV. istasyon için ise 3,35 olarak hesaplanmıştır. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise III. istasyon için 3,36 ve IV. istasyon için 3,23 olarak hesaplanmıştır. Bu IDP indeks değerleri çayın son kısımlarının su kalitesinin IV (çok kötü) olduğunu göstermektedir. Bu indeks su kalitesi değeri nehrin son kısmının endüstriyel ve evsel kaynaklı organik maddelerle kuvvetli bir şekilde kirlendiğine işaret etmektedir. IDP indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Epipelik diyatomelere bağlı

olarak hesaplanan SID indeks değeri I. istasyon için ortalama 2,34 ve II. istasyon için 2,36 bulunmuştur. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise I. istasyon için 2,82 ve II. istasyon için 2,54 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu SID indeks değerleri Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin ilkbahar aylarında II. kalite (Kısmen kirli, Beta-mesosaprob), yaz aylarında ise II-III. kalite (Kuvvetli kısmen kirli, Beta-alfa-mesosaprob) olduğunu göstermektedir. Epipelik diyatomelere bağlı olarak SID indeks değeri III. istasyon için ortalama 2,96 ve IV. istasyon için ise 3,01 olarak hesaplanmıştır. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise III. istasyon için 3,1 ve IV. istasyon için 3,03 olarak hesaplanmıştır. Bu SID indeks değerleri çayın son kısımlarının su kalitesinin IV-V (Aşırıya yakın kirli, Alfa-meso-bis polisaprob) olduğunu göstermektedir. Epipelik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan TDI indeks değeri I. istasyon için ortalama 69,26 ve II. istasyon için 72,3 olarak bulunmuştur. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise I. istasyon için 62,55 ve II. istasyon için 62,26 olarak hesaplanmıştır. Epipelik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan TDI indeks değerleri I. ve II. istasyonlarda genellikle 60'ın üzerinde bulunurken, epifitik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan TDI indeks değerleri 50'nin üzerinde bulunmuştur. TDI indeks değerleri, Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin III. ve IV. kalite (orta ve nispeten kötü) olduğunu göstermektedir. Akarçay'ın başlangıç kısmının trofik seviyesinin ise mesotrofik/ötrofik olduğu görülmektedir. Epipelik diyatomelere bağlı olarak TDI indeks değeri III. istasyon için ortalama 86,37 ve IV. istasyon için ise 89,57 olarak hesaplanmıştır. Epifitik diyatomelere bağlı olarak ise III. istasyon için 92,08 ve IV. istasyon için 92,85 olarak hesaplanmıştır. Bu TDI indeks değerleri çayın son kısımlarının su kalitesinin V (kötü) ve trofik seviyesinin ise hipertrofik olduğunu göstermektedir. TDI indeks değerleri, çayın fosfat kaynağı bakımından zengin organik maddelerle kirlendiğini göstermektedir. %PT değerleri epipelik ve epifitik diyatomelere dayanılarak hesaplanmış ve çayın başlangıç kısımlarında ortalama %51 bulunurken; çayın son kısımlarında ortalama %93'ün üzerinde bulunmuştur. % PT değerleri epipelik ve epifitik diyatomelere dayanılarak



Şekil 3. Diyatome indeksinin örnekleme istasyonlara göre değişimi

hesaplanmış ve çayın başlangıç kısımlarında ortalama %51 bulunurken; çayın son kısımlarında ortalama %93'ün üzerinde bulunmuştur. Bu %PT değerleri çayın başlangıç kısımlarında ötrofikasyona

Tablo 3. Akarçay'da hesaplanan diyatome indeksleri arasındaki pearson korelasyon katsayıları

	Epipelik Diyatomelere Bağlı Diyatome İndeksleri				Epifitik Diyatomelere Bağlı Diyatome İndeksleri			
	EPI-D	IDP	TDI	SID	EPI-D	IDP	TDI	SID
EPI-D	1				1			
IDP	0,807**	1			0,732**	1		
TDI	0,731**	0,871**	1		0,855**	0,860**	1	
SID	0,821**	0,843**	0,755**	1	0,763**	0,730**	0,767**	1

** Korelasyon 0,01 seviyesinde önemli

neden olan önemli bir organik kirlenmeyi gösterirken, çayın son kısımlarında ağır şekilde bir organik kirlenmeyi ortaya koymaktadır. Diyatome indekslerinin örnekleme istasyonlara göre değişimi Şekil 3'te verilmiştir.

Akarçay'da hesaplanan diyatome indeksleri arasındaki ilişkileri incelemek için Pearson korelasyon katsayıları elde edilmiş ve arasında çok kuvvetli ilişkiler olduğu görülmüştür. Hem epipelik diyatomelere hem de epifitik diyatome bağlı olarak hesaplanan diyatome indeksleri arasındaki ilişkiler Tablo 3'de verilmiştir. Bu korelasyon katsayıları hesaplanan diyatome indekslerinin birbirine benzer sonuçlar ortaya koyduğunu ifade etmektedir.

Diyatome indeksleri ile fiziko-kimyasal parametreler arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ve diyatome indeksleri ile ölçülen fiziko-kimyasal parametreler arasında çok kuvvetli ilişkiler olduğu görülmüştür. Hesaplanan diyatome indeksleri TÇM, NH₄-N, NO₂-N, PO₄-P, BOI₅ ve KOİ ile kuvvetli pozitif ve çözünmüş oksijen ile kuvvetli negatif korelasyon göstermiştir. Diyatome indeksleri ile elektriksel iletkenlik ve NO₃-N arasında önemli bir ilişki tespit edilememiştir. Hem epipelik diyatomelere bağlı, hem de epifitik diyatomelere bağlı olarak hesaplanan diyatome indeksleri ile ölçülen fiziko-kimyasal parametreler arasındaki pearson korelasyon katsayıları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Akarçay'da hesaplanan diyatome indeksleri ve fiziko-kimyasal özellikler arasındaki pearson korelasyon katsayıları (': Epifitik diyatomelere bağlı hesaplanan diyatome indeksleri)

	EC	TÇM	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	ÇO	BOİ ₅	KOİ
EPI-D	0,196	0,569**	0,543**	0,399*	-0,073	0,649**	-0,663**	0,612**	0,627**
IDP	0,179	0,687**	0,638**	0,493**	-0,004	0,815**	-0,573**	0,715**	0,759**
TDI	0,172	0,709**	0,640**	0,481**	0,174	0,783**	-0,507**	0,725**	0,722**
SID	0,096	0,540**	0,521**	0,349*	0,016	0,687**	-0,546**	0,667**	0,630**
EPI-D'	0,165	0,655**	0,648**	0,557**	-0,178	0,704**	-0,642**	0,717**	0,739**
IDP'	0,008	0,487**	0,616**	0,492**	-0,069	0,643**	-0,481**	0,709**	0,600**
TDI'	0,138	0,668**	0,708**	0,567**	-0,079	0,777**	-0,624**	0,802**	0,760**
SID'	-0,073	0,412**	0,521**	0,484**	-0,166	0,558**	-0,363*	0,608**	0,589**

* Korelasyon 0,05 seviyesinde önemli

** Korelasyon 0,01 seviyesinde önemli

4. Tartışma ve Sonuç

Nehirlerin su kalitesi genellikle fiziko-kimyasal parametrelere göre belirlenmektedir. Son yıllarda ise; biyolojik sistemler kullanılmak suretiyle de nehirlerin su kalitesinin belirlenmesi çalışmaları yapılmaktadır. Çayın pH değerleri 7,4 ile 8,7 arasında bulunmuştur. pH değerlerindeki dalgalanma jeolojik yapısından ziyade, kirliliğin etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri genellikle yaz aylarında bütün istasyonlarda yüksek olarak kaydedilmiştir. Özellikle elektriksel iletkenlik ve su sıcaklığı II. istasyonda rekor düzeyde kaydedilmiştir. Bu istasyonda, termal tesislerin atık sularını Akarçay'a vermeleri, çay suyunun elektriksel iletkenliğinin ve sıcaklığının bu istasyonda artmasında önemli bir etki yapmaktadır. Diğer istasyonlarda da EC değerlerinin yüksek bulunmasının, çayın evsel, sanayi atıkları ile kirlenmesi ile yakından ilişkili olduğu görülmektedir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun mevsimlere ve örnekleme istasyonlarına göre değişimi, yaz aylarında su sıcaklığının artması, organik maddelerin biyokimyasal oksidasyonu ve mikroorganizmaların çoğalmalarıyla açıklanabilmektedir. (Soyupak ve ark. 1993, Akbay ve ark. 1999). LAWA (1980)'nin akarsuların su kalitesi sınıflandırmasına göre; çözünmüş oksijen değerlerinin ölçümü sonucu çayın başlangıç kısımlarının su kalitesi II-III. sınıf olarak değerlendirilirken, çayın son kısımları IV-V. sınıf su kalitesini göstermektedir.

Akarçay'ın başlangıç kısımlarında BOİ₅

konsantrasyonu nispeten düşük ölçülürken, çayın aşağı kısımlarına ilerledikçe aşırı artış kaydedilmiştir. Çayın başlangıç kısımlarının su kalitesi II.-III. kalite sınıfı olarak değerlendirilebilir (LAWA 1980, Klee 1991). Akarçay bu sınıflandırmaya göre alfa-beta mesosaprob ve alfa mesosaprob sabrofitik seviyeyi işaret etmektedir (LAWA 1980). Çayın son kısımlarının su kalitesi IV. sınıf olarak (polisaprob) değerlendirilebilir (LAWA 1980, Klee 1991). Akarçay bu sınıflandırmaya göre şiddetli kirlenmiş ve alfa-beta polisaprob seviyeyi işaret etmektedir (LAWA 1980). KOİ ve TÇM konsantrasyonu da BOİ₅ konsantrasyonu gibi benzer bir değişim göstermiştir. Çok yüksek BOİ₅, KOİ ve TÇM konsantrasyonu tarımsal, evsel ve endüstriyel olarak aşırı şekilde kirlenen Nilüfer Çayı (Bursa)'nda kaydedilmiştir. Akarçay ve Nilüfer Çayı'nın BOİ₅, KOİ ve TÇM konsantrasyonlarının birbirine yakın olduğu gözlenmiştir (Dere ve ark. 2006).

Akarçay'ın yukarı kısmında *Cocconeis placentula*, *Cyclotella meneghiniana*, *Encyonema minutum*, *Navicula cryptocephala*, *Ulnaria ulna* *Sellaphora pupula*, *Nitzschia tubicola*, *Cymatopleura solea*, *Amphora veneta*, *Amphora pediculus*, *Gomphonema parvulum* ve *Gomphonema angustatum* dominant bulunmuştur. *C. placentula*'nın nispeten organik olarak az kirlenmiş sularda yaygın olduğu ve yüksek elektriksel iletkenliğe toleranslı olduğu bulunmuştur (Tuchman ve Blinn 1979). Ayrıca *C. placentula*'nın ileri derecede ötrofik sularda iyi geliştiği belirlenmiştir (Kelly ve Whitton 1995, Kwandras ve ark. 1998, Soininen 2002). Bununla beraber Lange-

Bertalot (1979) ve Szczepocka ve Szulc (2009) *C. placentula*'yı organik kirliliğe hassas olarak sınıflandırmıştır. *C. placentula* ülkemizdeki akarsuların nispeten kirlenmemiş ve ötrofik sularında yaygın olarak bulunmuştur (Gürbüz ve Kıvrak 2002, Kıvrak ve Gürbüz 2010). Nilüfer Çayı'nda ise *C. placentula*'nın BOİ₅ ile pozitif ilişki gösterdiği bulunmuştur (Dere ve ark. 2006). *Cyclotella meneghiniana*'nın organik kirliliğe toleranslı ve ileri derecede ötrofik sularda yaygın olduğu rapor edilmiştir (Kwandras ve ark.1998, Dere ve ark. 2006, Szczepocka ve Szulc 2009). *Amphora* ve *Encyonema* ötrofikasyona toleranslı olarak kabul edilmektedir (Bellinger ve ark. 2006). *Sellophra pupula* ve *Ulnaria ulna*'nın organik kirliliğe toleranslı olduğu kabul edilir (Szczepocka ve Szulc 2009). Çayın aşağı kısmında ise *Nitzschia palea* % 50'nin üzerinde bolluk oranıyla hem epipelik hem de epifitik diyatome topluluğunda dominant olmuştur. *Gomphonema parvulum*'un bolluk oranı IV. istasyonda %10'un üzerinde bulunmuştur. *Gomphonema parvulum* ve *Nitzschia* türlerinin organik kirliliğe toleranslı olduğu birçok yazar tarafından rapor edilmektedir (Kwandras ve ark. 1998, Soininen 2002, Dere ve ark. 2006, Szczepocka ve Szulc 2009). Soininen (2002) *Navicula cryptocephala*'nın ötrofik ve kirlenmiş sularda yaygın olarak bulunduğunu ortaya koymuştur. Nather Khan (1990) *Navicula* türlerinin hem organik madde bakımından zengin hem de organik madde bakımından fakir ortamlarda yaygın ve bol olarak bulunabileceğini açıklamıştır. *Nitzschia palea* ise bütün dünyada organik kirliliğe en toleranslı tür olarak rapor edilmiştir (Gómez 1998, Gómez ve Licursi 2001, Soininen 2002, Gürbüz ve Kıvrak 2002, Soylu ve Gönüloğlu 2005, Dere ve ark. 2006, Kalyoncu ve ark. 2009, Szczepocka ve Szulc 2009). Akarçay'da dominant olan diyatome türleri de fiziko-kimyasal parametreler gibi, çayın başlangıç kısmının düşük ve orta düzeyde, aşağı kısmının şiddetli bir şekilde kirlendiğine işaret etmiştir. Özellikle *Nitzschia palea*'nın aşırı kirlenmeye tolerans gösterdiği saptanmıştır. Benzerlik analizleri de *Nitzschia palea*'nın diğer türlerden ayrı bir grupta yer aldığını göstermiştir. Çok yüksek BOİ₅, KOİ ve TÇM

konsantrasyonlarına sahip olan Nilüfer Çayı'nda da *Nitzschia palea* dominant olarak rapor edilmiştir (Dere ve ark. 2006).

Akarçay'ın suyunun kalite tayini EPI-D, SID, TDI ve IDP indeksi kullanılarak yapılmıştır. Hesaplanan EPI-D indeks değerleri Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin ilkbahar aylarında III. kalite (orta), yaz aylarında ise III-IV. kalite (kötü) olduğunu göstermektedir. IDP su kalitesi değeri de çayın başlangıç kısmının organik maddelerle kirlendiğini ve ötrofikasyon olduğunu göstermektedir. SID indeks değerleri Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin ilkbahar aylarında II. kalite (Kısmen orta derecede kirli, β - mesosaprob), yaz aylarında ise II-III. kalite (Kuvvetli kısmen kritik derecede kirli, β -α-mesosaprob) olduğunu göstermektedir. TDI indeks değerleri, Akarçay'ın başlangıç kısımlarındaki su kalitesinin III. ve IV. kalite (orta ve nispeten kötü) olduğunu göstermektedir. Akarçay'ın başlangıç kısmının trofik seviyesinin ise mesotrofik/ötrofik olduğu görülmektedir. Hesaplanan bütün indeksler Akarçay'ın başlangıç kısımlarının tarımsal kaynaklı kirlendiğini göstermektedir. II. istasyon hem tarımsal hem de termal tesislerden gelen atık sularla kirlenmektedir. Bu kirlenici unsurlar su kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. EPI-D indeks değerleri çayın son kısımlarının su kalitesinin IV. sınıf (çok kötü) olduğunu göstermektedir. Bu indeks değerleri, çayın son kısmının endüstriyel ve evsel kaynaklı organik maddelerle kuvvetli bir şekilde kirlendiğine işaret etmektedir. SID sonuçları, çayın son kısımlarının su kalitesinin IV-V. sınıf (Aşırıya yakın kirli, α-meso/polisaprob) olduğunu göstermektedir. TDI indeks değerleri ise, çayın son kısımlarının su kalitesinin V. sınıf (kötü) ve trofik seviyesinin ise hipertrofik olduğunu göstermektedir. TDI indeks değerleri, çayın fosfat kaynağı bakımından zengin organik maddelerle kirlendiğini göstermektedir. %PT değerleri de çayın başlangıç kısımlarında ötrofikasyona neden olan önemli bir organik kirlenmeyi gösterirken, çayın son kısımlarında ağır şekilde bir organik kirlenmeyi ortaya koymaktadır. Akarçay'ın tarımsal, evsel ve endüstriyel atıklardan ileri gelen, özellikle organik olarak kirlenmeye

maruz kaldığı görülmektedir. EPI-D indeksinin; akarsuların ötrofikasyon ve organik kirlenmesine duyarlı bir indeks olduğu rapor edilmektedir (Dell'Uomo 2004). TDI indeks ise, suların besin tuzu konsantrasyonlarına diyatome türlerinin hassasiyetine dayanılarak geliştirilmiştir (Kelly ve Whitton 1995, Kelly 1998). IDP indeksi suların organik olarak kirlenmesi ve ötrofikasyon etkilerini ortaya koymak ve bu iki olayı birbirinden ayırmak için hazırlanmıştır (Gómez ve Licursi 2001). Rott ve ark. (1997), Zelinka – Marvan (1961)'in formülüne bağlı kalarak bir saprobi indeksi geliştirmiştir ve akarsuların su kalitesini sabrobik sisteme göre değerlendirmiştir. Akarçay'ın su kalitesini hesaplamak için kullanılan dört indeks arasında çok kuvvetli olarak pozitif ilişki olduğu görülmüştür. Diyatome indeksleri suyun fiziko-kimyasal özellikleri ile de (çözünmüş oksijen hariç, besin tuzları, KOİ, BOİ₅ ve toplam çözünmüş madde) kuvvetli pozitif ilişki göstermiştir. Türkiye'nin değişik bölgelerinde akarsularda yapılan çalışmalarda da kullanılan diyatome indekslerinin çoğunun akarsudaki su kalite değişimini iyi yansıttığı rapor edilmiştir (Gürbüz ve Kıvrak 2002, Kalyoncu ve ark. 2009, Kalyoncu ve Barlas 1997, Kalyoncu ve ark. 2004, 2008, 2009, 2009b, Solak 2011) Bu sonuçlar Türkiye'deki akarsuların su kalitesinin değerlendirilmesinde diyatomeler ve diyatome indekslerinden faydalanılabileceğini göstermiştir.

Kaynaklar

- Akbay, N., Anul, N., Yerli, S., Soyupak, S. ve Yurteri C. 1999. Seasonal distribution large phytoplankton in the Keban Dam Reservoir. *Journal of Plankton Research*, 4, 771-787.
- APHA, Awwa, Wef., 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed., APHA, AWWA, WEF, Washington, 1-1215.
- Barlas, M. 1995. Akarsu kirlenmesinin biyolojik ve kimyasal yönden değerlendirilmesi ve kriterleri. Doğu Anadolu Bölgesi II. Su Ürünleri Sempozyumu, 14-16 Haziran 1995, Erzurum, 465-479.
- Barlas, M., Mumcu, M.F., Dirican, S. ve Solak, C.N. 2001. Sarıçay (Milas)'da yaşayan epilithic diyatomelerin su kalitesine bağlı olarak incelenmesi. IV. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, 5-8 Ekim 2001, Bodrum, 313-322.
- Bellinger, B.J., Cocquyt, C.O. ve Reilly, C.M. 2006.

- Benthic diatoms as indicators of eutrophication in tropical streams. *Hydrobiologia*, 573,75–87.
- Coste, M. ve Ayphassorho, H. 1991. Étude de la qualité des eaux du Bassin Artois-Picardie à l'aide des communautés de diatomées benthiques (Application des indices diatomiques). Raport Cemagref, Bordeaux – Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, 1-277.
- Dell'Uomo, A. 2004. L'indice diatomico di eutrofizzazione/polluzione (EPI-D) nel monitoraggio delle acque correnti. *Linee guida*, Roma, 1- 101.
- Dere, Ş., Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Elmacı, A., Dülger, B. ve Şentürk, E. 2006. Relationships among epipelic diatom taxa, bacterial abundances and water quality in a highly polluted stream catchment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 112, 1-3, 1-22.
- Descy, J.P. 1979. A new approach to water quality estimation using Diatoms. *Nova Hedwigia*, 64, 305-323.
- Descy, J.P., Coste, M. 1991. A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 24, 2112–2116.
- Girgin, S. ve Kazancı, N. 1994. Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi: I, Ankara Çayı'nda Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik Yöntemlerle Belirlenmesi. Özyurt Matbaası, Ankara,1-184.
- Gómez, N. 1998. Use of epipelic diatoms for evaluation of water quality in the Matanza-Riachuelo (Argentina), a pampean plain river. *Water Research* 32,7, 2029–2034.
- Gómez, N. ve Licursi, M. 2001. The Pampean Diatom Index (IDP) for assessment of rivers and streams in Argentina. *Aquatic Ecology* 35,2, 173–181.
- Gürbüz, H. ve Kıvrak, E. 2002. Use of Epilithic Diatom to Evaluate Water Quality in the Karasu River of Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 23,3, 239–246.
- Hammer, Ø. 2009. PAST (ver. 1.95) - Palaeontological STatistics, Reference manual. Natural History Museum, University of Oslo, Oslo, 1-195.
- Hartley, B., Barber, H.G., Carter, J.R. ve Sims, P.A. 1996. An Atlas of British diatoms. Biopress Ltd., Bristol, 1-601.
- Hasle, G.R. 1978. Some specific preparations, Phytoplankton manual. Printed by Page Brothers (Norwich) Ltd., Paris, 136–142.
- Jarvie, H.P., Lycett, E., Neal, C. ve Love, A. 2002. Patterns in nutrient concentrations and biological quality indices across the upper Thames river basin, UK. *The Science of the Total Environment*, 282–283, 263–

- 294.
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, O.Ö. ve Gülboy, H. 2004. Ağlasun Deresi'nin su kalitesinin fiziko-kimyasal parametrelere ve epilitik alglere göre belirlenmesi. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 2,12, 7–14.
- Kalyoncu, H., Barlas, M. ve Yorulmaz, B. 2008. Aksu Çayı'nda (Isparta-Antalya) epilitik alg çeşitliliği ve akarsuyun fiziko-kimyasal yapısı arasındaki ilişki. *Ekoloji*, 17,66: 15–22.
- Kalyoncu, H., Çiçek, N.L., Akköz, C., Özçelik, R. 2009. Epilithic diatoms from the Darıören Stream (Isparta/Turkey): Biotic indices and multivariate analysis. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18,7, 1236–1242.
- Kalyoncu, H., Çiçek, N.L., Akköz, C. ve Yorulmaz, B. 2009b. Comparative performance of diatom indices in aquatic pollution assessment. *African Journal of Agricultural Research*, 4,10,1032–1040.
- Kalyoncu, H. ve Barlas, M. 1997. Isparta Deresi'nde yoğun olarak belirlenen epilitik diatomların su kalitesine bağlı olarak mevsimsel değişimleri. *Uluslararası IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*, 17–19 Eylül 1997, Eğirdir/Isparta, 310–324.
- Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M. ve Oğuzkurt, D. 1997. Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi: II, Akarsuların Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesinde ve İzlenmesinde Biyotik İndeks Yöntemi. *Form Ofset*, Ankara, 1-100.
- Kelly, M.G. ve Whitton, B.A. 1995. The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 7, 433-444.
- Kelly, M.G. ve Whitton, B.A. 1998. Biological monitoring of eutrophication in rivers. *Hydrobiologia*, 384: 55–67.
- Kelly, M.G. 1998. Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. *Water Research*, 32, 236–242.
- Kıvrak, E. ve Gürbüz, H. 2010. Tortum Çayı'nın (Erzurum) Epipelik Diyatome ve Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri ile İlişkisi. *Ekoloji*, 19, 74, 102–109.
- Klee, O. 1991. *Angewandte Hydrobiologie- G. Theieme Verlag*, 2. Neubearbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart-New York,
- Krammer, K. ve Lange-Bertalot, H. 1986. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae, Band 2/1, 1. Teil: Naviculaceae. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, 1-875.
- Krammer, K. ve Lange-Bertalot, H. 1991a. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae, Band 2/3, 3. Teil: Centrales, Fragillariaceae, Eunotiaceae. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, 1-599.
- Krammer, K. ve Lange-Bertalot, H. 1991b. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae, Band 2/4, 4. Teil: Achnanthaceae, Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1-437.
- Krammer, K. ve Lange-Bertalot, H. 1999. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae, Band 2/2, 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, 1-437.
- Kwandrans, J., Eloranta, P., Kawecka, B. ve Wojtan K. 1998. Use of benthic diatom communities to evaluate water quality in rivers of southern Poland. *Journal of Applied Phycology*, 10, 193–201.
- Lange-Bertalot, H. 1979. Pollution and tolerance of diatoms as criterion of water quality estimation. *Nova Hedwigia*, 64, 285–304.
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 1980. Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland. Esslingen/Neckar, Bechtle-Druck.
- Leclercq, L. ve Maquet, B. 1987. Deux Nouveaux Indices Chimiques et Diatomiques de Qualité d'eau Courante, Application au Samson et ses affluents (Bassin de la Meuse Belge), Comparaison avec d'autres indices chimiques biocénotiques et diatomiques. *Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Document de Travail*, 38, 1-113.
- Lowe, R.L. ve Pan, Y. 1996. Benthic Algal Communities as Biological Monitors. In: *Algal Ecology Freshwaters Benthic Ecosystems*. Academic Press, San Diego, 705-739.
- Nather Khan, I.S.A. 1990. Assessment of water pollution using diatom community structure and species distribution - A case study in a tropical river basin. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 75, 317–338.
- Potapova, M.G., Charles, D.F., Ponader, K.C. ve Winter, D.M. 2004. Quantifying species indicator values for trophic diatom indices: comparison of approaches. *Hydrobiologia*, 517, 25–41.
- Prygiel, J., Coste, M. 1993. The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. *Hydrobiologia*, 269/270, 343–349.
- Rott, E., Hofmann, G., Pall, K., Pfister, P. ve Pipp, E. 1997. Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fließgewässern. Teil 1: Saprobielle Indikation, Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Stubenring, 1-248.
- Round, F.E. 1984. *The Ecology of Algae*. Cambridge

- University Press., Cambridge, 1-653.
- Round, F.E. 1991. Diatoms in river water-monitoring studies. *Journal of Applied Phycology*, 3, 129–145.
- Round, F.E., Crawford, R.M. ve Mann, D.G. 1990. *The Diatoms, Biology & Morphology of The Genera*, Cambridge University, Cambridge, 1-733.
- Soininen, J. 2002. Responses of epilithic diatom communities to environmental gradients in some Finnish Rivers. *International Review of Hydrobiology*, 87, 11–24.
- Soininen, J. 2004. Benthic diatom community structure in boreal streams. PhD Thesis, University of Helsinki, Helsinki, 1-46.
- Soininen, J. ve Könönen, K. 2004. Comparative study of monitoring South-Finnish rivers and streams using macroinvertebrate and benthic diatom community structure. *Aquatic Ecology*, 38, 63–75.
- Solak, C.N., Fehér, G., Barlas, M. ve Pabuçcu, K. 2007. Use of epilithic diatoms to evaluate water quality of Akçay Stream (Büyük Menderes River) in Muğla/Turkey. *Archiv Fur Hydrobiologie Supplement Large Rivers*, 17, 3,4, 327–338.
- Solak, C.N. 2011. The application of diatom indices in the upper Porsuk creek Kütahya Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, 31–36.
- Soylu, E.N. ve Gönüloğlu, A. 2005. Epilithic algal flora and seasonal variations of the river Yeşilirmak, Amasya, Turkey. *Cryptogamie Algologie*, 26, 4, 373–385.
- Soyupak, S., Çilesiz, A.F., Yücel, N., Torunoğlu, T., Şentürk, E. ve Kaya, J. 1993. Keban Baraj Gölünde (Palu-Elazığ Arası) su kirlenmesi problemi. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 17, 301–304.
- Steinberg, C., Schiefele, S. 1988. Biological indication of trophy and pollution of running waters. *Z.Wasser-Abwasser-Forsch*, 21, 227–234.
- Szczepocka, E. ve Szulc, B. 2009. The use of benthic diatoms in estimating water quality of variously polluted rivers. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 38,1, 17–26.
- Tuchman, M. ve Blinn, D.W. 1979. Comparison of attached algal communities on natural and artificial substrata along a thermal gradient. *British Phycology Journal*, 14, 243–254.
- Whitton, B.A. Rott, E. 1996. Use of algae for monitoring rivers II. *Proc. International Symposium*, 17–19 September 1995, Innsbruck, Austria, 1- 196.
- Zelinka, M. ve Marvan, P. 1961. Zur Prazisierungder biologischen, Klassifikation der Reinheit fliessender Gewasser. *Archiv Fur Hydrobiologie*, 57, 3, 389–407.