

İzmir Körfezi'nde 2008-2010 Yılları Arasında Diyatom Tür Kompozisyonu ve Tür Çeşitliliğinin Mevsimsel Değişimi

*Fatma Çolak Sabancı, Tufan Koray

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, Bornova, 35100, İzmir, Türkiye
*E-mail: sabanci.fatma@gmail.com

Abstract: *The seasonal changes of diatom species composition and species diversity in Izmir Bay between 2008-2010.* In this study, the qualitative and quantitative changes in diatom species composition and species diversity (Shannon-Wiener) were examined seasonal (November 2008, February 2009, April 2009, July 2009, November 2009, February 2010, March 2010 and July 2010) at the 9 stations (0.5 m, 5.0 m, 10.0 m ve 15.0 m) located in the inner, middle and outer Izmir Bay between 2008-2010. A total of 29 species, 48 taxa, 1 variety and 3 forma belonging to the class Bacillariophyceae were determined. The differences in the density of diatom depending on the stations and sampling periods were defined. Excessive growth was observed especially in the the stations located in the inner bay during February 2009 and 2010 and the highest cell density has been identified in station 26, followed by stations 22 and 24. *Pseudo-nitzschia pungens*, *Rhizosolenia setigera* and *Skeletonema costatum* were the dominant species which provided the greatest contributions to the density of species of Bacillariophyceae. However, *Pleurosigma elongatum* was the species which has the highest relative abundance and frequency. The highest and the lowest diversity index values have been identified in February 2009 with 35 species as 4.778 bits cell⁻¹ and in July 2009 with 31 species as 0.963 bits cell⁻¹ respectively.

Key Words: Diatom species composition, Diversity index, Hierarchical clustering, MDS, İzmir Bay.

Özet: Bu çalışmada diyatom tür kompozisyonu ve tür çeşitliliği (Shannon-Wiener) değişimleri, iç, orta, dış körfezde yer alan 9 istasyonda (0.5 m, 5.0 m, 10.0 m ve 15.0 m) kalitatif ve kantitatif olarak 2008-2010 yılları arasında mevsimsel olarak (Kasım 2008, Şubat 2009, Nisan 2009, Temmuz 2009, Kasım 2009, Şubat 2010, Mart 2010 ve Temmuz 2010) incelendi. Yapılan çalışmalar sonucunda Bacillariophyceae sınıfına ait toplam 29 cins, 48 tür, 1 varyete ve 3 forma saptanmış, istasyonlara ve örnekleme periyoduna bağlı olarak diyatom yoğunluğunda farklar belirlenmiştir. Aşırı üremeler özellikle iç körfezde bulunan istasyonlarda Şubat 2009 ve 2010 dönemlerinde gözlenmiş ve en yüksek hücre yoğunluğu İstasyon 26'da saptanmıştır, istasyon 22 ve istasyon 24, istasyon 26'yı izlemektedir. Bacillariophyceae türleri hücre yoğunluklarındaki katkılar incelendiğinde *Pseudo-nitzschia pungens*, *Rhizosolenia setigera* ve *Skeletonema costatum* baskınlığı nedeniyle sorumlu türlerdir. Bununla birlikte, *Pleurosigma elongatum* nisbi bolluğu ve bulunma sıklığı en fazla olan türdür. En yüksek diversite indeksi değeri 35 tür ile Şubat 2009 döneminde 4.778 bits hücre⁻¹, en düşük diversite indeksi değeri ise 31 tür ile Temmuz 2009 döneminde 0.963 bits hücre⁻¹ olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Diyatom tür kompozisyonu, Diversite indeksi, Hiyerarşik kümeleme, MDS, İzmir Körfezi

Giriş

Deniz ekosistemleri hakkındaki biyolojik araştırmaların temelini planktonik araştırmalar oluşturmaktadır. Denizel ortamda meydana gelen fiziksel veya kimyasal değişimler ilk olarak fitoplanktonu kalitatif ve kantitatif olarak etkilemektedir. Bu nedenle, denizel ortamdaki değişimlerin saptanmasında mikrop planktonik organizmaların tür kompozisyonları ve dağılımları büyük önem taşımaktadır. Denizel fitoplankton içinde diyatomlar ve dinoflagellatlar yoğunluk ve çeşitlilik olarak oldukça önemli bir paya sahiptir. Çalışmalarda diyatom bazlı yaklaşımların kullanılması, diyatom ve çevresel değişiklikler arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için temel oluşturmaktadır (Prygiel ve Coste, 1993; Gomez, 1999, Jüttner vd., 2003). Akvatik çevre hakkındaki çevresel değişiklikler ve su kalitesinin geçmişi ve şu anının değerlendirilmesi için özellikle diyatomların kullanılabilirliği dünya çapında son 20-40 yıldır kabul görmektedir (Patrick, 1973; Van Dam, 1974; Chessman, 1986; Koray, 1987a; Whitmore, 1989).

Türkiye denizlerinde fitoplankton üzerine yapılan araştırmaların büyük çoğunluğu Ege Denizi'nde özellikle İzmir

Körfezi'nde gerçekleştirilmiştir. İzmir Körfezi'nin Akdeniz havzası içerisinde evsel ve endüstriyel atıkların etkisiyle ileri derecede kirletilmiş önemli bir odak noktası olduğu bilinen bir gerçektir (Koray ve Cihangir, 2002). Yıllardan beri hızlı nüfus artışı sonucunda meydana gelen plansız kentleşme, evsel ve endüstriyel atıklar ve bu atıkların arıtma işlemine tabi tutulmadan denizel ortama bırakılması, zirai bölgelerden gelen akarsuların getirdiği tarımsal atıklar, deniz trafiği ve tanker taşımacılığı İzmir Körfezi'ndeki kirliliği maksimum seviyeye çıkarmıştır.

Özellikle İç Körfez'de karasal kökenli girişlerin olması ve su sirkülasyonunun körfezin diğer bölgelerinden daha düşük olması sebebiyle bu kesimde mikrop plankton topluluk yapısını etkileyen hiperötrofikasyon düzeyine ulaşmıştır (Çolak Sabancı ve Koray, 2001). Bu amaçla İzmir Merkez Atık Su Arıtma Tesisi, İzmir Körfezi'nin atık su kirliliğinden kurtarılması amacı ile Büyük Kanal Projesi kapsamında inşa edilmiştir. Projenin 3 etap halinde ve 2015-2020 yılları arasında tamamlanması planlanmaktadır. Çolak Sabancı ve Koray (2005) tarafından yapılan çalışmada, Çiğli Atık su Arıtma

ünitesinin 2000 yılında devreye girmesiyle tür çeşitliliğinde istatistiksel olarak pozitif artışın meydana geldiği rapor edilmiş ve sonuçlar student-t testleri ve diskriminant analizleri ile desteklenmiştir.

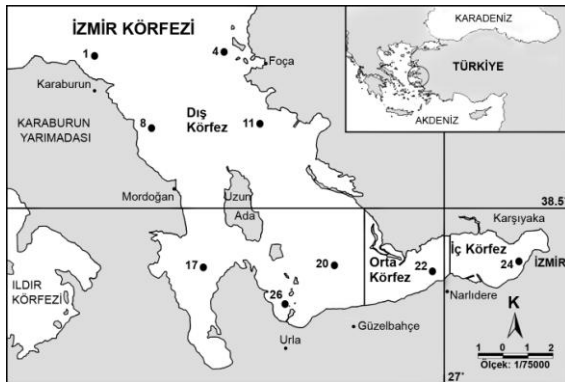
Bu çalışmada özellikle diyatomların tercih edilmesi kirliliğe karşı daha hassas tepki vermelerinden kaynaklanmaktadır. Bu yüzden diyatomlar yaygın bir şekilde su kalitesinde indikatör olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla İzmir Körfezi'nde yürütülen bu çalışmada, mevsimsel olarak yapılan örneklemeler sonucunda diyatom tür kompozisyonu ve tür çeşitliliği değişimlerinin zaman içerisindeki değişimleri incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Türkiye'nin en büyük doğal körfezi olan İzmir Körfezi (enlem 38° 20' N, boylam 26° 30' E ve enlem 38° 40' N boylam 27° 10' E) Ege Denizi'ne açılan kapalı bir körfezdır ve körfezin yüzey alanı 500 km², su kapasitesi 11.5 milyon m³ ve toplam 64 km uzunluğa sahiptir. Topografik olarak İzmir Körfezi 3 bölüm altında incelenir; İç Körfez, Orta Körfez ve Dış Körfezdir. Karaburun Yarımadası ile Gediz Deltası arasında kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan daha geniş ve daha derin kesimi dış körfez olarak adlandırılır. Uzunluğu 45 km olan dış körfezin genişliği ağız kesiminde 24 km'yi bulur. Dış Körfezin derinliği 45 ile 70 m arasında değişir. En derin yeri ağız kesiminde (Foça-Karaburun arası) 71 m'ye ulaşır. İç ve Orta Körfezde derinlik doğudan batıya doğru giderek artar. İç Körfezin en derin yeri orta kesimlerde yer alır ve 21 m civarındadır (Kontaş vd., 2004).

Bu çalışmada İzmir Körfezi'nin Bacillariophyceae sınıfı topluluk yapısı seçilen 9 istasyonda (İst. 1, İst. 4, İst. 8, İst. 11, İst. 17, İst. 20, İst. 22, İst. 24 ve İst. 26) 0.5 m, 5.0 m, 10.0 m ve 15.0 m derinliklerden olmak üzere 2008-2010 yılları arasında (Kasım 2008, Şubat 2009, Nisan 2009, Temmuz 2009, Kasım 2009, Şubat 2010, Mart 2010 ve Temmuz 2010) mevsimsel olarak incelenmiştir (Şekil 1).

Diyatom örnekleme için her bir istasyonda belirlenen derinliklerden 2 litrelik nansen şişesi ile 5 litrelik su örneği alınmış ve bu materyal lugol ile fikse edilmiştir. Laboratuvara getirilen örnekler organizmaların çökmesi için 1 hafta süresince bekletilmiş ve üsteki sıvı kısmın sifonlanmasıyla örnekler 250 cc'lik mezürlere aktarılmıştır.



Şekil 1. İzmir Körfezi'nde çalışılan istasyonlar

Bunu takiben mezürlerde çökelen örnekler 10 cc'lik cam tüplere alınmıştır ve bu materyalin üzerine sonuç konsantrasyon %4 olacak şekilde formaldehit eklenmiştir. Tüpler örneklerin yoğunluğuna göre 1-5 cc'ye kadar tekrar konsantre edilmiş ve homojenizasyon sağlandıktan sonra sayıma başlanmıştır. Sayım işleminde tek damla yöntemi (=single drop technique) kullanılmış olup, sayım işlemi tamamlandıktan sonra başlangıç hacimleri bilinen örneklerden elde edilen fitoplankton sayım sonuçları geri hesaplama yoluyla hücre 5lt-1 şekline dönüştürülmüştür (Venrick, 1978; Semina, 1978). Diyatom türleri Nikon Labophot-2 araştırma mikroskoplarında yapılan incelemelerle tayin edilmiş ve tür tayinlerinde Cupp (1977), Hartley (1996), Tregouboff ve Rose (1957) ve Witkowski vd. (2000)'den yararlanılmıştır.

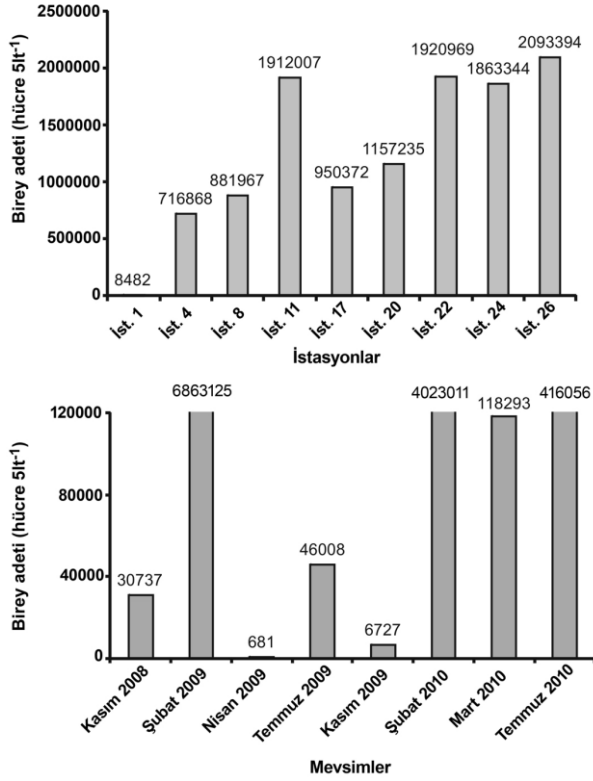
Çalışmada saptanan her tür için, bulunma sıklığı (FO) ve nisbi bolluk (RA) hesaplandı. Türlerin frekansı için, kantitatif örnekleme periyoduna ait tür listeleri mevsimsel olarak her istasyon için 0-1 matrisi şeklinde hazırlandı ve bu matrislerin yardımı ile her türün frekans katsayıları (%FO) hesaplandı. Elde edilen sonuçlar, çok yaygın türler (FO≥%50), yaygın türler (%24<FO<%49) ve nadir türler (0<FO<%24) olmak üzere 3 grupta incelendi. Elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde, Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi (H'), Pielou'nun düzenlilik indeksi (J') ve Bray-Curtis'in benzerlik indeksi kullanılmıştır. Ayrıca benzerlik indeksi kullanılarak oluşturulan matrisin yardımıyla parametrik olmayan MDS analizi yapılmıştır. İstatistiksel analizler Primer 5.0 ve Statgraphics Plus 5.1 kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular

2008-2010 yıllarında İzmir Körfezi'nde yürütülen bu çalışmada, Bacillariophyceae sınıfına ait toplam 29 cins, 48 tür, 1 varyete ve 3 forma saptanmıştır. Diyatomlardan *Rhizosolenia* spp. 6 tür ile *Bacteriastrum* spp. ve *Chaetoceros* spp. 3 tür ile temsil edilmiştir. Yapılan kantitatif değerlendirmeler sonucunda istasyonlara ve örnekleme periyoduna bağlı olarak diyatom yoğunluğunda farklar açıkça belirlenmiştir (Şekil 2).

Bacillariophyceae sınıfının istasyonlara göre dağılımları incelendiğinde, özellikle iç körfezde bulunan istasyonlarda yüksek hücre yoğunlukları saptanmış ve en yüksek hücre yoğunluğu İstasyon 26'da saptanmıştır, daha sonra bunu İstasyon 22 ve 24 izlemektedir. Bacillariophyceae sınıfındaki en yüksek hücre yoğunluğu Şubat 2009 döneminde gözlenmiştir. Bacillariophyceae yoğunluklarındaki katkılar incelendiğinde *Rhizosolenia setigera* Brightwell ve *Pseudonitzschia pungens* (Grunow ex. P.T. Cleve) Hasle baskınlığı nedeniyle sorumlu türlerdir. *R. setigera* ve *P. pungens* istasyon 1 dışında diğer istasyonların tüm derinliklerinde aşırı üreme göstermiştir. *R. setigera* en yüksek hücre yoğunluğuna istasyon 26'nın 10.0 m'sinde ulaşmış (36x10³ hücre 5 lt-1) ve diğer derinliklerde de benzer dağılım göstermiştir. *P. pungens* de aynı şekilde istasyon 26'nın 10.0 m'sinde en yüksek hücre yoğunluğuna ulaşmıştır (180x10³ hücre 5 lt-1). Bacillariophyceae sınıfındaki bir sonraki en yüksek hücre yoğunluğu Şubat 2010 döneminde gözlenmiştir. Bu

dönemdeki aşırı üreme gösteren tür *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve'dur.



Şekil 2. 2008-2010 yılları arasında diyatom hücre sayısının istasyonlara ve mevsimlere göre dağılımları

Bu tür aynı şekilde istasyon 1 dışındaki istasyonların tüm derinliklerinde aşırı üreme göstermiş ve 430x103 hücre 5 lt-1 birey sayısı ile istasyon 11'in 0.5 m'sinde en yüksek yoğunluğa ulaşmıştır. Aşırı üremeler bir sonraki mevsimde devam etmiştir. Bu dönemde *Proboscia alata f. alata*, *Proboscia alata f. gracillima* (Cleve) Gran ve *Rhizosolenia fragilissima* Bergon aşırı üremeleri gözlenmiştir. *R. fragilissima* aşırı üremeleri dikkati çeker düzeyde gerçekleşmiş ve en yüksek hücre yoğunluğu 122x103 hücre 5 lt-1 birey sayısı ile istasyon 4'ün 0.5 m'sinde gözlenmiştir. *P. alata f. alata* ve *P. alata f. gracillima* aşırı üremeleri istasyon 22 ve istasyon 24 dışında yeknesak bir dağılım sergilemişlerdir.

Ülkemizde rapor edilen fitoplankton türlerinin yaklaşık yüzde %10 zehirli-zararlı aşırı üreme oluşturdukları ve bunlardan sadece %5'inin bilinen fitoplanktonik toksinleri sentezleyerek balık ölümleri ile birlikte ekosistem düzeyinde katastrofi oluşturabildikleri bilinmektedir (Koray ve Çolak Sabancı, 2001; Bargu vd., 2002; Koray ve Çolak Sabancı, 2004). Örnekleme periyodu süresince zararlı-zehirli algler saptanmış olup, toksik mikro-alglerden *Pseudo-nitzschia* türleri ASP açısından riskli türlerdir. Diğer taraftan toksik olmamakla birlikte zararlı mikro-alg aşırı üremelerine neden olan *R. setigera* türüne de rastlanılmıştır. Ancak bu iki türün

hücre konsantrasyonu herhangi bir zarara ya da toksisiteye neden olacak düzeyde değildir.

Araştırma dönemi boyunca saptanan tüm türler Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre türlerin nisbi bollukları (RA) açısından, RA<10'dan az olanlar toplam tür listesinin %16.7'sini (8 tür), RA<%1'den az olanlar toplam tür listesinin %72.9'unu (35 tür) oluşturmaktadır. RA>10'dan fazla olan 5 tür (toplam tür listesinin %10.4) saptanmıştır. Bunlar *Pleurosigma elongatum* W. Smith, *R. fragilissima*, *R. setigera*, *S. costatum* ve *Thalassiosira rotula* Meunier'dir. Bu türler arasında bulunma sıklığı bakımından en fazla gözlenen tür %60 ile *P. elongatum*'dur. Daha sonra bu türü %35 frekansla *S. costatum*, %29 frekansla *R. fragilissima* ve *R. setigera*, %16 frekansla *T. rotula* izlemektedir. Türlerin bulunma sıklığı (FO) açısından, %24'den daha az olan türler toplam tür sayısının %64.6 (31 tür), 25<FO<49 arası olan türler toplam tür sayısının %33 (16 tür)'ünü oluşturmaktadır.

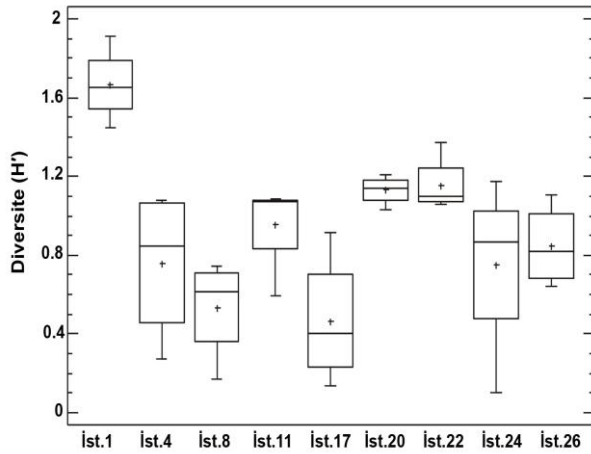
Tablo 1. 2008-2010 yılları arasında İzmir Körfezi'nde yapılan örneklemler sonucunda saptanan diyatom türleri ve bu türlerin bulunma sıklıkları (FO) ve nisbi bolluk aralıkları (RA)

	50<FO Çok Yaygın	25<FO<49 Yaygın	0<FO<24 Nadir
RA>10	<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith	<i>Rhizosolenia fragilissima</i> Bergon <i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell <i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve <i>Thalassiosira rotula</i> Meunier	
5<RA<10		<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex. PT. Cleve) Hasle	
1<RA<5		<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve; <i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey; <i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin; <i>Proboscia alata f. alata</i> ; <i>Proboscia alata f. gracillima</i> (Cleve) Gran; <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> Schultze; <i>Thalassiothrix mediterranea</i> Pavillard	
RA<1	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H. Peragallo; <i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow in Van Heurck; <i>Rhizosolenia imbricata</i> var. <i>shrubsolei</i> (Cleve) Schröder; <i>Rhizosolenia stouterfothii</i> H. Peragallo	<i>Asterolampra marylindae</i> ; <i>Bacteriastrum elegans</i> Pavillard; <i>Bacteriastrum lhalinum</i> Lauder; <i>Chaetoceros affinis</i> Lauder; <i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve; <i>Chaetoceros didymus</i> ; <i>Chaetoceros sp.</i> ; <i>Climacophora moniliger</i> Ehrenberg; <i>Coscinodiscus granii</i> Gough; <i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow in Van Heurck; <i>Eucampia cormata</i> (Cleve) Grunow; <i>Eucampia zooidiacus</i> Ehrenberg; <i>Gyrosigma spenceri</i> (Quekett) Griffith & Henfrey; <i>Hemiaulus sinensis</i> Greville; <i>Lauderia annulata</i> Cleve; <i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve; <i>Leptocylindrus minimus</i> Gran; <i>Licmophora abbreviata</i> Agardh; <i>Licmophora ehrenbergii</i> (Kützting) Grunow; <i>Nitzschia longissima</i> (Bebbison in Kützting) Ralfs in Pritchard; <i>Nitzschia sigma</i> (Kützting) W. Smith; <i>Odontella mobilensis</i> (J. W. Bailey) Grunow; <i>Proboscia alata f. indica</i> (H. Peragallo) Gran; <i>Proocentrum micans</i> Ehrenberg; <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> PT. Cleve Heiden in Heiden & Kolbe; <i>Rhizosolenia delicatula</i> Cleve; <i>Rhizosolenia robusta</i> Norman in Pritchard; <i>Scroderella delicatula</i> ; <i>Striatella unipunctata</i> (Lyngby) Agardh; <i>Thalassionema nitzschoides</i> (Grunow) Mereschkowsky; <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> Grunow	

Bulunma sıklığı %50 den fazla olan tek tür *P. elongatum*'dur. *Bacteriastrum delicatulum* Cleve, *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey, *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & Lewin, *Guinardia flaccida* (Castracane) H. Peragallo, *Hemiaulus hauckii* Grunow in Van Heurck, *P. alata f. alata*, *P. alata f. gracillima*, *P. pungens*, *Pseudosolenia calcar-avis* Schultze, *Rhizosolenia imbricata* var. *shrubsolei* (Cleve) Schröder, *Rhizosolenia stouterfothii* H. Peragallo ve *Thalassiothrix mediterranea* Pavillard yüksek bulunma sıklığına sahip olmasına karşılık, nisbi bollukları yüksek değildir. Bu türler içinde en yüksek frekansa sahip olan tür *P. pungens* (%47.22)'dir fakat ortalama nisbi bolluğu toplam abundansın %9'unu oluşturmaktadır.

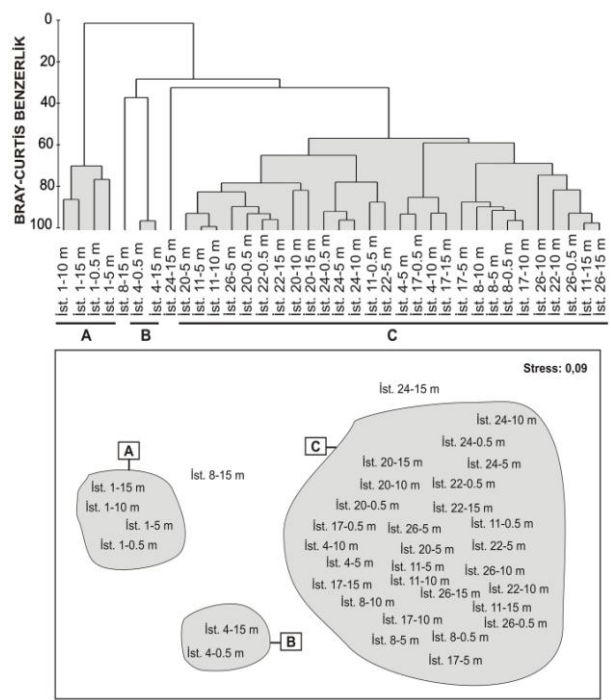
Bu araştırmanın sonucuna göre Shannon- Wiener diversite indeksi değeri 0.098-1.909 bits hücre-1 arasında

değişmekte, en yüksek diversite indeks değeri 1 nolu istasyonun 0.5 m'sinde, en düşük diversite indeks değeri ise 24 nolu istasyonun 15.0 m'sinde saptanmıştır (Şekil 3). Düzenlilik indeks değişimleri incelendiğinde en yüksek ve en düşük indeks değerleri 0.042-0.680 arasında değişmekte ve istasyon ve derinlik açısından diversite indeks değerleri ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 3. 2008-2010 yılları arasında istasyonlara göre diversite indeks değişimleri

Bacillariophyceae sınıfı kümeleme analizi sonuçlarına göre 3 grup saptanmıştır. A. grubunda istasyon 1'in tüm derinlikleri (0.5 m, 5.0 m, 10.0 m ve 15.0 m) kendi aralarında küme oluşturma eğilimi gösterirken, B grubunda istasyon 4'ün 0.5 m ve 15.0 m derinlikleri kendi aralarında küme oluşturmuştur. C grubu ise kendi içinde 2 gruba ayrılmıştır. 1. grupta istasyon 11 (0.5 m, 5.0 m ve 10.0 m), istasyon 20 (0.5 m, 5.0 m, 10.0 m ve 15.0 m), istasyon 22 (0.5, 5.0 ve 15.0), istasyon 24 (0.5, 5.0 ve 10.0) ve istasyon 26'nın 5.0 m'si kendi içinde küme oluşturmuş, diğer grupta ise istasyon 4 (5.0 ve 10.0), istasyon 8 (0.5, 5.0 ve 10.0), istasyon 11'in sadece 15.0 m'si, istasyon 17'nin tüm derinlikleri, istasyon 22'nin sadece 10.0 m'si ve istasyon 26 (0.5, 10.0 ve 15.0) kendi içinde küme oluşturmuşlardır. Sadece İst. 8'in 15.0 m'si ve İst. 24'ün 15.0 m'si diğer istasyonlardan farklı bir yapı sergilemektedir (Şekil 4).



Şekil 4. 2008-2010 yılları arasında Bacillariophyceae sınıfı hiyerarşik kümeleme ve MDS analizi sonuçları

Tartışma ve Sonuç

Yapılan çalışmada Bacillariophyceae sınıfına ait toplam 48 tür saptanmış olup, tür zenginliği, Kasım 2008 döneminde 39 tür ile maksimum, 5 tür ile Nisan döneminde minimum olduğu saptanmıştır. Yapılan kantitatif değerlendirmeler sonucunda mevsimlere bağlı olarak farklar açıkça belirlenmiş, en düşük hücre yoğunluğu Nisan 2009 döneminde 681 hücre 5 lt-1 olarak belirlenmiştir. Şubat 2009 (6.863x10³ hücre 5 lt-1) ve Şubat 2010 (4.023x10³ hücre 5 lt-1) dönemlerinde birey sayısı en yüksek hücre yoğunluğa ulaşmıştır. *R. setigera*, *P. pungens* ve *S. costatum* baskınlığı nedeniyle sorumlu türlerdir. 2009 döneminde, *R. setigera* (36x10³ hücre 5 lt-1) ve *P. pungens* (180x10³ hücre 5 lt-1) en yüksek hücre yoğunluğuna istasyon 26'nın 10.0 m'sinde ulaşmışlardır.

Bir sonraki en yüksek hücre yoğunluğu Şubat 2010 döneminde gözlenmiştir, bu dönemdeki aşırı üreme gösteren tür *S. costatum*'dur. Bu tür 430x10³ hücre 5 lt-1 birey sayısı ile istasyon 11'in 0.5 m'sinde en yüksek hücre yoğunluğuna ulaşmıştır. İzmir Körfezi'nde gerçekleştirilen çalışmalarda, körfez genelinde diatomlardan *C. closterium*, *P. elongatum*, *P. pungens*, *R. setigera*, *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky ve *T. rotula* aşırı üreme gösteren türlerdir ve bu aşırı üremelerin özellikle İç ve Orta Körfezde gözlemlendiği rapor edilmiştir (Çolak Sabancı ve Koray, 2007; Çolak Sabancı ve Koray, 2011).

P. elongatum, *P. pungens* ve *R. setigera* tüm örnekleme boyunca saptanan dominant türlerdir. *C. closterium*, *H. hauckii*, *Licmophora abbreviata* Agardh, *Proboscia alata* f. *indica*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *R. fragillissima* ve *R. imbricata* var. *shrubsolai* sadece Nisan 2009, *P. alata* f.

gracillima ise sadece Kasım 2009 döneminde gözlenmeyen diğer baskın türlerdir. Bu türlerin bazıları diyatom komunitasindeki diğer türlere göre oldukça baskın duruma gelir. Özellikle *P. elongatum* Mart 2010 (RA: %67.43; FO: %77.77), Kasım 2009 (RA:% 35.72; FO:%75) ve Kasım 2008 döneminde (RA:%30.48; FO:%97.22), *P. pungens* Nisan 2009 döneminde (RA: %34.36; FO:%13.88) ve *R. setigera* Şubat 2009 (RA:%80.78; FO:%86.11) ve Nisan 2009 döneminde (RA:%38.17; FO: %5.55) baskındır.

Belirli bir bölgeye ait diversite indekslerinin saptanmasındaki temel amaç, o bölgedeki topluluk yapısı değişimlerini incelemek, eğer kirlenme varsa kirlenmenin derecesi ile canlı topluluklarının yapısal değişimleri arasında bir ilişki bulabilmektir. Kirlilik göstergesi olarak diyatom yada total fitoplanktonun diversite indeksinde kullanılabileceğini rapor eden çalışmalar vardır (Hendley, 1977; Wu, 1984). Koray (1987a,b)'ın İzmir Körfezi'nde yapmış olduğu çalışmalarda, seçilen organizma grubunun fitoplankton olması halinde elde edilen diversite indeks değerlerini kirlenme sürecinin bir derecesi olarak kullanmanın hatalı sonuçlar verebileceğini bu indekslerin ancak zamana ve bölgelere bağlı karşılaştırmalar yapmakta kullanılabileceğini belirtmektedir.

Bu amaçla, diyatomların kullanılması, dinoflagellatlar ve total fitoplanktonun kullanılmasından daha kesin sonuçlar verecektir.

Çolak Sabancı ve Koray (2011) tarafından yapılan çalışmada da, diyatom diversite indeks değerlerinin değişimleri dinoflagellatlara göre daha kararlı bulunmuştur. Aynı çalışmada, atık su arıtma ünitesinden önce özellikle diyatomlarda 3.445 bits hücre-1 olan diversite indeks değeri arıtma ünitesinin devreye girişinden sonra 2000 yılında 3.734 bits hücre-1 ve 2001 yılında ise 3.782 bits hücre-1 yükselmiştir. Bu araştırmanın sonucuna göre, en yüksek diversite indeks değeri 35 tür ile Şubat 2009 döneminde 4.778 bits hücre-1, en düşük diversite indeks değeri ise 31 tür ile Temmuz 2009 döneminde 0.963 bits hücre-1 olarak saptanmıştır. Düşük diversite indeksinin, genellikle tür zenginliğinin az olduğu yada dominant türlerin aşırı üremeleri sırasında saptandığı rapor edilmiştir (Coelho vd., 2007). Ancak Şubat 2009 döneminde, diyatom yoğunluğundaki artıştan sorumlu olan *P. pungens* ve *R. setigera* türlerinin hücre yoğunluğundaki artış yüksek diversite ve düzenlilik indeksi ile uyumsuzdur.

Birçok araştırmacı Shannon-Wiener diversite indeksi ile evenness arasında pozitif ve güçlü bir ilişki olduğunu, ayrıca diversite indeksinin rekabet, predasyon ile değişebileceğini ve tür zenginliğinde herhangi bir değişim olmaksızın evenness değerindeki değişiklikler ile diversite indeks değerinin değişebileceğini rapor etmiştir (Stirling ve Wilsey, 2001). Hendley (1977) tarafından oluşturulan skalada (0-1; çok kirlil, 1-2; kirlil, 2-3; az kirlil ve 3-4; çok az kirlil) araştırma bölgesi, Temmuz 2009'da çok kirlil skalasına dahil olmakla beraber, Şubat 2009 döneminde çok az kirlil skalasına dahil olmaktadır.

Çolak Sabancı ve Koray (2005) tarafından yapılan çalışmada, atık su arıtma ünitesi devreye girmeden önceki dönemde, gerek dinoflagellat gerekse diyatom toplulukları için

tüm istasyonların birbirlerinden farklı oldukları görülmektedir. Eutrofikasyonun neden olduğu bu farklılık atık su arıtma ünitesinin devreye girdiği 2000 ve 2001 yıllarında ortadan kalkmakta ve tüm istasyonlar homojen bir topluluk yapısı sergilemeye başlamaktadırlar.

Çolak Sabancı ve Koray (2007) tarafından yapılan çalışmada, kirliliğe karşı en duyarlı tepkiyi veren diyatomların kalitatif tür dağılışı matrislerinin ötrofik bölgeleri ayırmaya yönelik hiyerarşik kümelenme analizlerinde kullanılabileceği bu çalışmanın sonuçları ile kanıtlanmıştır. Gerçekleştirilen MDS analizlerinin sonuçlarına göre, özellikle ilkbahar, yaz ve sonbahar aylarında diyatom topluluklarında ki kümelenmenin sadece iç körfez'de kalmayıp, Orta ve Dış Körfeze doğru ilerlediği rapor edilmiştir. Yapılan çalışmada, kümelenme ve MDS analizleri sonuçlarına göre, diyatom topluluklarında başlıca üç grup belirlenmiştir.

Bu grupların dışında kalan istasyon 8 ve 24'ün 15.0 m'si farklı bir yapı sergilemektedir. Evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmasına, 2000 yılının başlarında atık su arıtma ünitesinin devreye girmesi ile başlanmıştır. Her ne kadar atık su arıtma ünitesi, azotun uzaklaştırılması için yeterli olsa da fosfatın uzaklaştırılması için yetersiz kalmaktadır. Bu da körfezin bazı bölümlerinde düzelmeyi geciktirmektedir. Ancak yine de, körfez genelinde diyatom tür topluluklarının birbirine benzediği saptanmıştır ki buda İzmir Körfezi'nde özellikle İç Körfezin temizlenme sürecinin başladığını göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan fitoplankton materyali TÜBİTAK-KAMAG 107G066 nolu proje çalışmaları sırasında toplanmıştır. Proje yürütücüsü Prof.Dr. Filiz KÜÇÜKSEZGİN'e, projede görev alan diğer araştırmacılara ve R/V "Koca Piri Reis" mürettebatına yardımlarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Bargu, S., Koray, T., Lundholm, N. 2002. First report of *Pseudo-nitzschia calliantha*, Lundholm, Moestrup & Hasle 2003, a new potentially toxic species from Turkish coasts. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(3-4):479-483.
- Chessman, B.C. 1986. Diatom flora of an Australian river system: spatial patterns and environmental relationships. *Freshwater Biology*, 16:805-819.
- Coelho, S., Gamito, S., Pérez-Ruzafa, A. 2007. Trophic state of Foz de Almagem coastal lagoon (Algarve, South Portugal) based on the water quality and the phytoplankton community. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71: 218-231.
- Cupp, E.E. 1977. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. Otto Koeltz Science Publishers, Koenigstein, 237 pp.
- Çolak Sabancı, F., Koray, T. 2001. The impact of pollution on the vertical and horizontal distribution of microplankton in Izmir Bay (Aegean Sea) (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 18(1-2):187-202.
- Çolak Sabancı, F., Koray, T. 2005. The phytoplanktonic species diversity variations in the Bay of Izmir between the years 1998-2001 (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(3-4):273-280.
- Çolak Sabancı, F., Koray, T. 2007. Influence of the sewage treatment plant on Diatom (Bacillariophyceae) species composition in Izmir Bay (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(1-2):11-18.
- Çolak Sabancı, F., Koray, T. 2011. Annual Variation in the Diversity, Species Richness and Composition of the Phytoplankton Assemblages in the

- Izmir Bay (Eastern Aegean). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11: 303-313.
- Gomez, N. 1999. Epipelagic diatoms from the Matanza-Riachuelo River (Argentina), a highly polluted basin from the pampean plain: Biotic indices and multivariate analysis. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 2:301-309.
- Hartley, B. 1996. An atlas of British diatoms. Biopress Limited, Bristol.
- Hendley, N.I. 1977. The species diversity index of some in-shore diatom communities and its use in assessing the degree of pollution insult on parts of the North Coast of Cornwall. In Fourth Symposium on recent and fossil marine diatoms, ed. J. Cramme, 355-378. Oslo: Vaduz.
- Jüttner, I., Sharma, S., Dahal, B.M., Ormerod, S. J., Chimonidex, P. J., Cox, E.J. 2003. Diatoms as indicators of stream quality in the Kathmandu Valley and Middle Hills of Nepal and India. *Freshwater Biology*, 48: 2065-2084.
- Kontas, A., Kucuksezgin, F., Altay, O., Uluturhan, E.. 2004. Monitoring of eutrophication and nutrient limitation in the Izmir Bay (Turkey) before and after wastewater treatment plant. *Environment International* 29:1057-62.
- Koray, T. 1987a. Comparison of diversity indices for determination of variations in phytoplankton communities (in Turkish with English abstract). *Doğa, TU Müh. ve Çev. D.*, 11(2): 242-253.
- Koray, T. 1987b. The importance of diversity indices in terms of phytoplankton community changes depending on pollution (in Turkish with English abstract). VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Izmir, 2: 520-527.
- Koray, T., Cihangir, B. 2002. Plankton blooming in marine environment, impacts on the fish and fisheries: an example Izmir Bay (in Turkish with English abstract). Coastal and Marine Environmental Areas of Turkey. IV. National Conference, Turkey Coast 02 Conference Proceedings Book 15-20.
- Koray, T., Çolak Sabancı, F. 2001. Toxic planktonic micro-algae of Turkish Seas (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 18(1):293-298.
- Koray, T., Çolak Sabancı, F. 2004. Temporal and spatial changes of toxic micro-algae succession in Northeastern Aegean and Western Black Sea (in Turkish with English abstract). *Türk Suçul Yaşam Dergisi*, Ulusal Su Günleri, 2(3): 354-360.
- Patrick, R. 1973. Use of algae, especially diatoms in the assessment of water quality. In Biological Methods for the Assessment of Water Quality. ASTM STP 528. American Society for Testing and Materials, 76-95.
- Prygiel, J., Coste, M. 1993. The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. *Hydrobiology*, 269/279:343-349.
- Semina, H.J. 1978. Treatment of an Aliquot Sample, In: A. Sournia (Ed.), Phytoplankton Manual, UNESCO, 181 pp.
- Stirling, G., Wilsey, B. 2001. Empirical Relationships between Species Richness, Evenness, and Proportional Diversity. *The American Naturalist*, 158(3): 286-299.
- Tregouboff, G., Rose, M. 1957. Manuel de Planctonologie Méditerranéenne, I, II. Paris: Centre National De la Recherche Scientifique.
- Van Dam, H. 1974. The suitability of diatoms for biological water assessment. *Hydrobiology Bulletin*, 8(3):274-284.
- Venrick, E.L. 1978. How many cells to count? In Phytoplankton manual, ed. A. Sournia, 167-180. UK: UNESCO.
- Whitmore, T.J. 1989. Florida diatom assemblages as indicators of trophic state and pH. *Limnology and Oceanography*, 34(5):882-895.
- Witkowski A., Lange-Bertalot, H., Metzeltin, D. 2000. Diatom flora of marine coasts I. In Iconographia diatomologica, Vol 7, ed. H. Lange-Bertalot, 1-925. Königstein: Gantner Verlag ARG, Koeltz Scientific Books.
- Wu, J.T. 1984. Phytoplankton as bioindicator for water quality in Taipei. *Botany Bulletin of Academia Sinica*, 25:205-214.