

# İzmir Körfezi'nde 1998-2001 Yılları Arasında Fitoplanktonik Tür Çeşitliliği Değişimi

\*Fatma Çolak Sabancı, Tufan Koray

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, Bornova, 35100, İzmir, Türkiye  
\*E mail: fatma.sabanci@ege.edu.tr

**Abstract:** *The phytoplanktonic species diversity variations in the Bay of Izmir between the years 1998-2001.* In this study, the phytoplanktonic species diversity variations were investigated vertically and quantitatively in three stations located in the inner, middle and outer bay of Izmir in 1998-2001 years. It was determined that statistically significant positive increases in the species diversity occurred after the waste water treatment activities. Student's t-tests and discriminant analyses realized among the stations and years gave statistically significant differences at  $p < 0.05$  probability level. These results indicated that the considerable improvements should be expected in the next years.

**Key Words:** Izmir bay, phytoplankton, species diversity, t-test, discriminant.

**Özet:** Bu çalışmada İzmir Körfezi'nin fitoplankton tür çeşitliliği (Shannon-Wiener) değişimleri iç, orta, dış körfezde yer alan üç istasyonda vertikal ve kantitatif olarak 1998-2000 ve 2001 yıllarında incelendi. Atık Su Arıtma Tesisinden sonra tür çeşitliliğinde, istatistiksel olarak önemli pozitif artışın meydana geldiği saptanmıştır. Student-t testleri ve diskriminant analizleri belirli istasyonlar ve yıllar arasında, istatistiksel olarak  $p < 0.05$  olasılık seviyesinde önemli farklılıkları vermektedir. Bu sonuçlar gelecek yıllarda dikkate değer gelişmelerin olabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İzmir Körfezi, Fitoplankton, Tür çeşitliliği, t-testi, Diskriminant.

## Giriş

İzmir Körfezi 1970'li yıllardan itibaren giderek artan evsel ve endüstriyel kirlilik baskısı altında kalmıştır (Başoğlu, 1975). Ayrıca artan sanayi atıklarının arıtılmadan denizel ortama verilmesi, hızlı nüfus artışı sonucunda meydana gelen plansız kentleşme ve nehirlerin getirdiği tarımsal atıklarla gün geçtikçe artmaktadır. Bununla birlikte deniz ulaşımından kaynaklanan kirlenmeler özellikle liman bölgelerinde önemli boyutlara ulaşmıştır (Unep, 1994).

Artan ötrofikasyon tüm fauna ve flora üzerinde olumsuz etki yaparak tür zenginliği ve çeşitliliğini azaltmış ve İzmir Körfezi'nin en siğ kesimi olan İç Körfez'de özellikle karasal kökenli girişlerin olması ve su sirkülasyonunun körfezin diğer bölgelerinden daha düşük olması sebebiyle bu kesimde mikrop plankton topluluk yapısını etkileyen bir hipertrofikasyon düzeyine ulaşmıştır (Sabancı ve Koray, 2001)

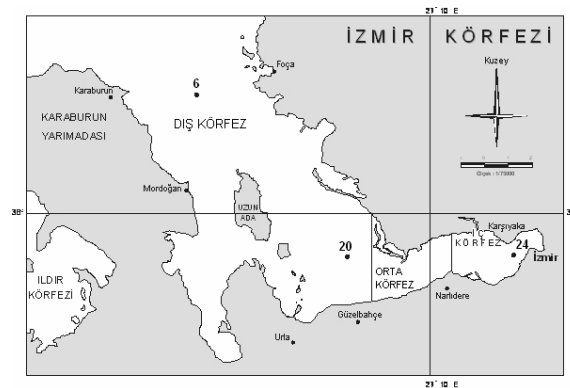
2000 yılından itibaren azot ve fosfor arıtma üniteleri ile devreye giren Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi, bir yıl içinde İzmir Körfezi'nde gözle görülebilir bir düzelmeye sağlamıştır. İzmir Merkez Atıksu Arıtma Tesisi, İzmir Körfezi'nin atık su kirliliğinden kurtarılması amacı ile Büyük Kanal Projesi kapsamında inşa edilmiştir. Projenin 3 etap halinde ve 2015-2020 yılları arasında tamamlanması planlanmaktadır.

Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi günümüzde % 60 düzeyinde aktive göstermekle birlikte bu arıtmanın fitoplankton üzerindeki muhtemel etkilerinin hangi düzeyde olduğunun saptanması gelecek hakkında tahminler yapılması için gereklidir.

Bu nedenle bu çalışmada, 1998-2001 yılları arasında İzmir Körfezi fitoplankton türlerinin tanımı, kantitatif dağılımları ve tür çeşitliliği değişimlerinin zaman vektöründe değişimleri incelenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Bu araştırmada, İzmir Körfezi'nin (enlem  $38^{\circ} 20' N$ , boylam  $26^{\circ} 30' E$  ve enlem  $38^{\circ} 40' N$  boylam  $27^{\circ} 10' E$ ) bir hücreli mikrop plankton grubu topluluk yapısı seçilen 3 istasyonda ( İst. 6, İst. 20 ve İst.24 ) 0.5 m, 5.0 m, 10.0 m ve 15.0 m derinliklerden olmak üzere mevsimlik olarak incelenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Örnekleme istasyonları.

Kantitatif plankton 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. 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 konsantrasyon 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/litre şekline dönüştürülmüştür. (Venrick, 1978; Semina, 1978).

Mikroplankton türleri OLYMPUS BX-50 ve Nikon Labophot-2 araştırma mikroskoplarında yapılan incelemelerle tayin edilmiş ve tür tayininde Cupp (1977), Tregouboff ve Rose (1957), Massuti ve Margalef (1950), Rampi ve Bernard (1978), Rampi ve Bernard (1980), Koray ve Gökpinar (1983), Gökpinar ve Koray (1983)'dan yararlanılmıştır.

Bu çalışmada tür çeşitliliklerinin yıllar arası değişimleri Shannon-Wiener tür çeşitliliği indeksi ile izlenmiştir. Fitoplankton tür çeşitliliğini belirlemek amacıyla tür ve birey sayısı dikkate alınarak istasyon ve derinliklere göre Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi değerleri hesaplanmıştır. Kantitatif örnekleme periyoduna ait tür listeleri mevsimsel olarak her istasyon için hazırlandı ve tür çeşitliliği indekslerinin içerdiği güçlü logaritmik transformasyon sayesinde grup içi varyansı minimum düzeye indirgeyebilen ve sonuçları normal dağılışa uyan Shannon –Wiener' in

$$H = -\sum P_i \log_2 P_i \quad P_i = N_i/N \quad (1)$$

Ni = i'ninci türe ait birey sayısı

N = Toplam birey sayısı formülü ile hesaplandı (Koray, 1987b).

Düzenlilik indeksi olarak Shannon –Wiener diversite indeksi için kullanılan Pielou düzenlilik indeksi,

$$E = H / \log_2 S \text{ veya } H/H_{\max} \quad (2)$$

S = Örnekteki tür sayısı formülü kullanıldı (Pielou, 1975, 1977).

İstasyonlar arası farkın belirlenebilmesi için önce her istasyonun vertikal sayımları integre edilmiş ve su kolonunda cm<sup>2</sup> ye düşen hücre adedi haline dönüştürülmüştür. Elde edilen her istasyona ait integre hücre sayımları log<sub>10</sub> transformasyonu ile normalize edilmiş ve istasyonlar arasında yıl içi ve yıllar arası farklılık ilk olarak Student's t-testi ile sınanmıştır. Student's t-testi ile saptanan farklılıklar olması halinde diskriminant analizlerine başvurulmuş ve yıllar arasında mikroalg sınıfları düzeyinde diskriminant fonksiyonları elde edilmiştir. Bu amaçla, çoklu diskriminant fonksiyonu

$$Y_i = a_1 X_{i1} + a_2 X_{i2} + a_3 X_{i3} \quad (3)$$

formülünden türetilerek,

$$y_i = a_1 \log(\text{icn}_{1998})_{i1} + a_2 \log(\text{icn}_{2000})_{i2} + a_3 \log(\text{icn}_{2001})_{i3} \quad (4)$$

(icn; integrated cell number, integre edilmiş hücre adedi). formülasyonu ile oluşturulmuştur.

## Bulgular

1998, 2000 ve 2001 yıllarında İzmir körfezi'nde yürütülen bu çalışmada fitoplankton grubundan Dinophyceae ve Bacillariophyceae sınıfı olmak üzere 2 alg sınıfı ve protozooplankton grubundan Ciliata sınıfına ait türler saptanmıştır (Tablo 1). Dinophyceae sınıfına ait 14 cins, 66 tür, 15 variete ve 1 forma, Bacillariophyceae sınıfına ait 32 cins, 56 tür, 1 variete ve 3 forma ve Ciliata sınıfına ait 16 cins ve 21 tür olmak üzere toplam 122 fitoplankton ve 21 protozooplankton taksası belirlenmiştir.

Tablo 1. 1998, 2000 ve 2001 yıllarında İzmir körfezi'nde yapılan örnekleme sonuçlarında elde edilen mikroplankton tür listesi.

TÜRLER	YILLAR								
	1998			2000			2001		
	6	20	24	6	20	24	6	20	24
<b>EUKARYOTA</b>									
<b>CHROMOPHYTA</b>									
<b>DINOPHYCEAE</b>									
<i>Ceratium arietinum</i> var. <i>arietinum</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0
<i>Ceratium biceps</i> Claparede & Lachmann	0	0	0	1	1	0	0	1	0
<i>Ceratium candelabrum</i> var. <i>candelabrum</i>	1	0	0	1	1	0	0	1	0
<i>Ceratium carriense</i> var. <i>carriense</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Ceratium contortum</i> var. <i>contortum</i> (Gourret) Cleve	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ceratium contortum</i> var. <i>karstenii</i> (Pavillard) Sournia	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium declinatum</i> f. <i>majus</i> Jörgensen	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Ceratium euarquatum</i> Jörgensen	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Ceratium furca</i> var. <i>eugrammum</i> (Ehrenberg) Schiller	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ceratium furca</i> var. <i>furca</i>	0	0	0	1	1	1	1	1	1
<i>Ceratium fusus</i> var. <i>seta</i> (Ehrenberg) Schiller	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ceratium horridum</i> var. <i>denticulatum</i> Jörgensen	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Ceratium horridum</i> var. <i>horridum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ceratium kofoidii</i> Jörgensen	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ceratium longirostrum</i> Gourret	0	0	0	1	1	0	0	1	0
<i>Ceratium longissimum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Ceratium macroceros</i> var. <i>gallicum</i> Kofoid	0	1	0	1	1	0	1	1	0
<i>Ceratium massiliense</i> var. <i>massiliense</i>	1	0	0	1	1	0	0	0	0

Tablo 1. devamı

<i>Ceratium pentagonum</i> var. <i>subrobustum</i> Jörgensen	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium ranipes</i> Cleve	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Ceratium ranipes</i> var. <i>palmatum</i> (Schröder) Cleve	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Ceratium teres</i> Kofoid	0	0	0	1	0	0	1	1	0
<i>Ceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid	0	1	1	1	0	0	1	1	1
<i>Ceratium tripos</i> var. <i>atlanticum</i> (Ostenfeld) Paulsen	1	1	0	1	1	0	1	1	1
<i>Ceratocorys horrida</i> Stein	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Dinophysis acuminata</i> Clapere de & Lachmann	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	1	1	1	1	1	0	1	1	1
<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis hastata</i> Stein	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Dinophysis parvula</i> (Schütt) Balech	0	0	0	0	1	1	0	1	0
<i>Dinophysis rotundata</i> Clapere de & Lachmann	1	1	0	1	1	1	1	1	0
<i>Dinophysis sacculus</i> Stein	0	0	0	0	1	1	0	1	1
<i>Dinophysis tripos</i> Gourret	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Gonyaulax polyedra</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid	1	0	1	1	1	1	0	1	1
<i>Ornithocercus magnificus</i> Stein emend. Schütt	1	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>Oxytoxum reticulatum</i> (Stein) Schütt	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Podolampas palmipes</i> Stein	1	1	0	1	1	1	1	1	0
<i>Podolampas spinifera</i> Okamura	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) Dodge ex Dodge	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) Dodge	0	0	0	0	0	1	1	1	1
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Prorocentrum scutellum</i> Schiller	0	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium claudicans</i> (Paulsen) Balech	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Protoperidinium diabolus</i> (Cleve) Balech	0	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld in Paulsen) Balech	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Protoperidinium longipes</i> Balech	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Protoperidinium mediterraneum</i> (Kofoid) Balech	0	0	0	1	1	0	1	1	1
<i>Protoperidinium mite</i> (Pavillard) Balech	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium oceanicum</i> (Vanhöffen) Balech	0	0	1	1	1	1	0	1	0
<i>Protoperidinium pallidum</i> (Ostenfeld) Balech	1	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Protoperidinium pedunculatum</i> (Schütt) Balech	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pyrocystis hamulus</i>	0	0	0	1	1	0	1	1	1
<i>Pyrocystis robusta</i> Kofoid	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III	0	0	0	1	1	1	1	1	1
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>									
<i>Achnanthes longipes</i> Agardh	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Amphiprora</i> sp.	0	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>Asterionella japonica</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	1
<i>Asterolampra marylandica</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cleve	1	1	1	1	1	1	1	1	0
<i>Bacteriastrum elegans</i> Pavillard	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder	1	1	0	1	0	1	1	0	1
<i>Bacteriastrum mediterraneum</i> Pavillard	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Biddulphia</i> sp.	0	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	0	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Chaetoceros</i> sp.	1	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros constrictus</i> Gran	0	0	1	0	1	1	1	0	0
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	1	1	1	0	1	0	1	1	1
<i>Chaetoceros didymum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros gracilis</i> Schütt	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	1	0	1	1	1	1	1	0	1
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow in Van Heurck	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow	0	1	1	1	1	0	0	0	0

Tablo 1. devamı

<i>Eucampia zoodiacus</i> Ehrenberg	0	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Grammatophora</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H. Peragallo	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Gyrosigma</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow in Van Heurck	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	0	0	0	1	1	0	1	1	1
<i>Lauderia annulata</i> Cleve	0	1	1	0	1	1	0	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	0	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Licmophora abbreviata</i> Agardh	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Navicula</i> sp.	1	0	1	1	1	1	1	1	1
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson in Kützing) Ralfs in Pritchard	1	0	1	1	0	1	1	1	1
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Proboscia alata</i> f. <i>alata</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	1
<i>Proboscia alata</i> f. <i>gracillima</i> (Cleve) Gran	1	1	0	1	1	1	1	1	0
<i>Proboscia alata</i> f. <i>indica</i> (H. Peragallo) Gran	0	0	0	1	1	1	1	0	0
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> P.T. Cleve Heiden in Heiden & Kolbe	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex. P.T. Cleve) Hasle	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> Schultze	1	1	1	1	1	0	1	1	1
<i>Rhizosolenia delicatula</i> Cleve	1	1	1	0	1	0	1	1	0
<i>Rhizosolenia fragillissima</i> Bergon	0	0	0	0	1	1	1	1	0
<i>Rhizosolenia imbricata</i> var. <i>shrubsolaei</i> (Cleve) Schröder	1	1	1	1	1	0	1	1	0
<i>Rhizosolenia robusta</i> Norman in Pritchard	0	1	0	1	0	0	1	1	0
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Rhizosolenia stouterfothii</i> H. Peragallo	1	1	0	1	1	1	1	1	0
<i>Schroederella delicatula</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	0	0	0	1	1	1	1	1	1
<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngbye) Agardh	0	0	0	1	0	1	0	0	1
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (A. Schmidt) G. Fryxell & Hasle	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Thalassiosira rotula</i> Meunier	0	0	0	0	1	1	1	1	1
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> Grunow	1	1	0	0	1	1	1	1	1
<i>Thalassiothrix mediterranea</i> Pavillard	1	1	0	1	0	0	1	1	0
<b>CILIATA</b>									
<i>Amphorides quadrilineata</i> (Claparede et Lachmann) Strand	1	1	1	1	1	0	0	1	1
<i>Codoneilopsis schabi</i> (Brandt) Kofoid et Campbell	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coxiella annulata</i> (Daday) Brandt	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cyttarocylis magna</i> (Brant) Kofoid et Campbell	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dadayella ganymedes</i> (Entz sen.) Kofoid et Campbell	1	0	1	0	0	0	1	1	0
<i>Eutintinnus fraknoi</i> (Daday) Kofoid et Campbell	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Eutintinnus</i> sp.	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Favella ehrenbergi</i> (Claparede et Lachmann) Jörgensen	1	0	1	0	1	1	1	1	1
<i>Favella serrata</i> (Möbius) Jörgensen	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Helicostomella edentata</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Helicostomella subulata</i> (Ehrenberg) Jörgensen	0	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Petalotricha ampulla</i> (Fol) Kent	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Protorhabdonella simplex</i> (Cleve) Jörgensen	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Rhabdonella spiralis</i> (Fol) Brandt	1	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Salpingella attenuata</i> Jörgensen	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Salpingella decurtata</i> Jörgensen	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Steenstrupiella steenstrupii</i> (Claparede et Lachmann) Kofoid et Campbell	0	1	1	1	0	0	1	1	0
<i>Tintinnopsis campanula</i> (Ehrenberg) Daday	1	0	0	1	0	0	0	1	1
<i>Tintinnopsis cylindrica</i> Daday	0	0	0	1	1	1	0	0	1
<i>Undella hyalina</i> Daday	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Xystonella lohmanni</i> (Brandt) Brandt	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Ülkemizde rapor edilen fitoplankton türlerinin yaklaşık yüzde %10 zehirli-zararlı aşırı üreme oluşturdıkları ve bunlardan sadece %5 'inin bilinen fitoplanktonik toksinleri sentezleyerek balık ölümleri ile birlikte ekosistem düzeyinde katastrofi oluşturabildikleri bilinmektedir (Koray 2001, Koray ve Çolak Sabancı, 2001, Bargu ve diğ., 2002, Koray, 2002a, Koray, 2002b, Koray ve Çolak Sabancı, 2003). Örnekleme periyodu süresince zararlı-zehirli algler saptanmış olup, toksik mikro-alglerden *Dinophysis* ve

*Prorocentrum* türleri DSP, *Pseudo-nitzschia* türleri ASP açısından riskli türlerdir. Diğer taraftan toksik olmamakla birlikte zararlı mikro-alg aşırı üremelerine neden olan *Ceratium furca* var. *eugrammum* (Ehrenberg) Schiller, *Prorocentrum micans* Ehrenberg, *Rhizosolenia setigera* Brightwell ve *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid türlerine rastlanılmıştır. Ancak bu türlerin hücre konsantrasyonları herhangi bir zarara ya da toksisiteye neden olacak düzeyde değildir.

Belirli bir bölgeye ait diversite indekslerinin saptanmasındaki temel amaç, o bölgedeki topluluk yapısı değişimlerini incelemek, eğer kirlenme varsa kirlenmenin derecesi ile canlı topluluklarının yapı değişimleri arasında bir ilişki bulabilmektir. Koray (1987a, 1987c)'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.

Nitekim, bu çalışmada da, diyatom tür çeşitliliği değişimleri, dinoflagellat tür çeşitliliğine göre daha kararlı bulunmuştur. Şöyle ki, 1998 yılında 3.445 bit maksimum değerine sahip olan diyatom topluluğu artma ünitesinin devreye girişinden sonra 2000 yılında 3.734 bit ve 2001 yılında ise 3.782 bit'e yükselmiştir. Minimum değerlerde de hemen hemen aynı eğilim gözlenmiş olup, sıra ile 1998'de 0.012 bit , 2000'de 0.008 bit ve 2001 yılında ise 0.611 bit olmuştur (Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4).

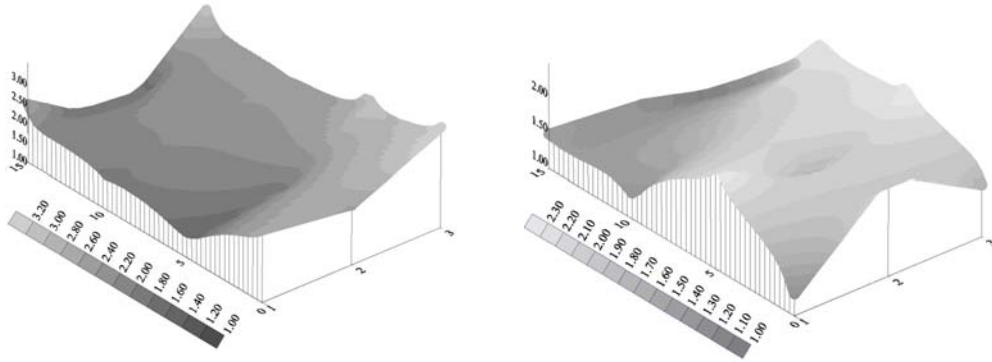
Dinoflagellat tür çeşitliliği daha fazla varyasyon gösterme eğilimindedir. Bu nedenle ötrofikasyon belirlenmesi ve izlenmesinde duyarlı bir ölçüm değildir. Ancak, bu araştırmanın sonuçlarına göre dinoflagellat topluluklarındaki

değişimlerin de diyatomlarda olduğu gibi yıllara göre artan bir tür çeşitliliğine neden olduğu izlenmektedir. Nitekim, 1998'de 3.152 olan maksimum tür çeşitliliği, 2000'de 3.241 ve

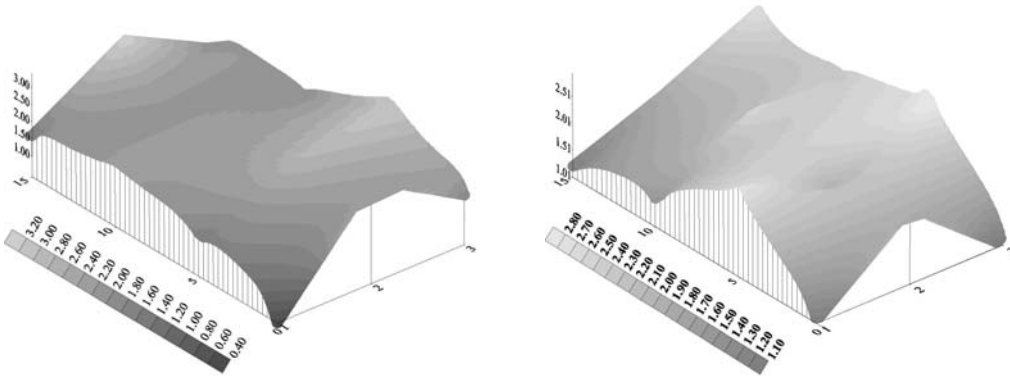
2001'de 3.714'e yükselmiştir. Benzeri bir eğilim minimumlarda da gözlenmiş olup, 1998'de 0.065 olan minimum tür çeşitliliği, 2000'de 0.023 ve 2001'de 0.611 olmuştur.

Bu araştırmanın sonucuna göre en yüksek çeşitlilik indeks değerleri İst.6 ve İst.20' de gözlenmiştir. Bunun nedeni bu bölgelerde tür zenginliğinin fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bu istasyonlarda akıntının tür kompozisyonu üzerinde etkili olması nedeniyle çeşitlilik indeksi hızla yükselme eğilimine girmektedir. Buna karşılık akıntıların az olduğu İç Körfez'de biraz daha yavaş seyretmektedir. Dip akıntılarının dipte daha fazla olması nedeniyle 5.0 m, 10.0 m ve 15.0 m'lerde daha hızlı çeşitlilik indeksi yükselmeleri izlenmiştir.

Tablo 2'de üç yıl boyunca istasyonlar arası farklılıkları belirlemek için yapılmış olan Student's t-testi sonuçları özetlenmektedir. Gerek dinoflagellat gerekse diyatom toplulukları için 1998 de tüm istasyonların birbirlerinden farklı oldukları görülmektedir. Eutrofikasyonun neden olduğu bu farklılık 2000 ve 2001 yıllarında ortadan kalkmakta ve tüm istasyonlar homojen bir topluluk yapısı sergilemeye başlamaktadırlar.



Şekil 2. 1998, 2000 ve 2001 yıllarında İst.6'da Bacillariophyceae (sol) ve Dinophyceae sınıfının (sağ) çeşitlilik indeksine göre değişimleri.



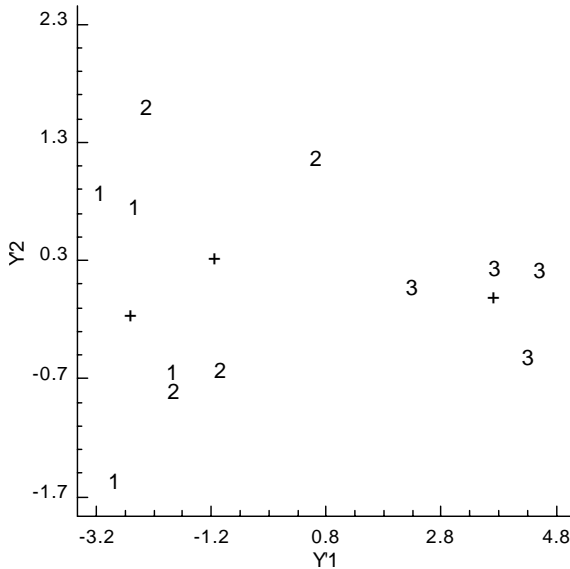
Şekil 3. 1998, 2000 ve 2001 yıllarında İst.20'de Bacillariophyceae (sol) ve Dinophyceae sınıfının (sağ) çeşitlilik indeksine göre değişimleri.



Tablo 3'de örnekleme istasyonlarında yıllar arası farklılıkların açıklığa kavuşturulması amacı ile yapılmış olan Student's t-testi sonuçları özetlenmektedir. Bu sonuçlara göre dinoflagellat toplulukları yıllar arasında herhangi bir farklılık sergilememişlerdir. Oysa, diyatomların 1998 yılındaki tür kompozisyonunun 2000 yılında değiştiği belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu farklılık 2001 yılında da devam etmiştir. Vertikal su kolonu boyunca  $cm^2$  yüzeyine integre edilmiş hücre yoğunluklarının  $\log_{10}$  transformasyonunu takiben gerçekleştirilmiş olan Student's t-testi sonuçları başarılı bir ayırım sağlamasına rağmen, farklılık ayrıca diskriminant analizleri ile de test edilmiştir. Tablo 4'de diyatom topluluklarının yılları arası farklılığının diskriminant analizi ile belirlenmesi sonuçları özetlenmektedir. Diyatom toplulukları  $p = 0.00353$  düzeyinde yıl temelinde birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Şekil 5, ilk iki bileşkenin dağılım diyagramını özetlemektedir. Görüldüğü gibi, 1998 yılından 2001 yılına doğru giderek belirgin hale gelen bir ayırım söz konusudur.

Tablo 4. Diyatom topluluklarının yıllar arası farklılığını saptamak üzere gerçekleştirilen diskriminant analizinin sonuçları.

Discriminant Fonksiyonu	Eiğenvalue	Kısmi Yüzde	Kanonik Korelasyon	
1	9.7329465	99.45	0.95228	
2	0.0534562	0.55	0.22526	
Türev Fonksiyon	Wilks Lambda	Chi-Square	DF	Önem Düzeyi
0	0.0884432	19.403156	6	*0.00353
1	0.09492564	0.416611	2	0.81196



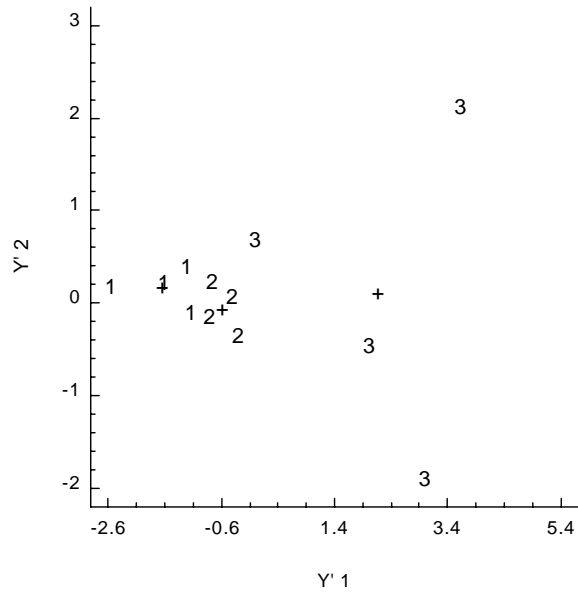
Şekil 5. Diyatom diskriminant analizinde ilk iki bileşkenin dağılım diyagramı (1- 1998, 2- 2000, 3- 2001).

Tablo 5'de dinoflagellat topluluklarının yıl bazında komünite yapısı farklılıklarının belirlenmesi amacı ile gerçekleştirilmiş diskriminant analizi sonuçları özetlenmektedir. Dinoflagellat toplulukları, diyatom topluluklarının aksine net bir ayırım sergilememişlerdir ( $p =$

0.06336). Ancak,  $p$  önem düzeyi değerinin kritik değer olan  $p < 0.05$ 'e yakınlığı ilginçtir. Şekil 6'da yer alan alan ilk iki bileşkenin dağılım diyagramından görülebileceği gibi, grup sentroidleri arasında girişim sahaları bulunmakla birlikte, zayıf da olsa bir ayırımın gerçekleştiği söylenebilir.

Tablo 5. Dinoflagellat topluluklarının yıllar arası farklılığını saptamak üzere gerçekleştirilen diskriminant analizinin sonuçları.

Diskriminant Fonksiyonu	Eiğenvalue	Kısmi Yüzde	Kanonik Korelasyon	
1	3.3971257	99.67	0.87896	
2	0.0113999	0.33	0.10617	
Türev Fonksiyon	Wilks Lambda	Chi-Square	DF	Önem Düzeyi
0	0.2248579	11.938292	6	*0.06336
1	0.9887286	0.090683	2	0.95567



Şekil 6. Dinoflagellat diskriminant analizinde ilk iki bileşkenin dağılım diyagramı (1- 1998, 2- 2000, 3- 2001).

## Tartışma

İzmir Körfezi Atıksu Arıtma Tesisinin devreye girmesi fitoplankton toplulukları üzerinde özellikle diyatom topluluklarında olumlu tür çeşitliliği artışlarına neden olmuştur. Dinoflagellat topluluklarında da bu değişim tür çeşitliliğinin artışı yönünde gerçekleşmiştir. Beklenenin aksine dinoflagellat aşırı üremeleri dikkati çeker düzeyde oluşmamıştır. Rüzgara bağımlı *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid aşırı üremeleri 2001 yılında da İzmir Körfezi'nde en fazla dikkati çeken olaylardandır.

Bu çalışmada kullanılan Student's t-testi özellikle yıl içi istasyonların ayırımında iyi sonuç vermiştir. Ancak, yıllar arası farklılığın belirlenmesinde artan gruplar arası varyans nedeni ile bu testin yeterli olmadığı görülmüştür.

Diskriminant analizleri bentik komünitelerin ayırımında başarı ile kullanılmaktadır (Shin ve Fong, 1999). Rinehardt

(1999) ve Wiggins (1999) diskriminant analizlerinden yararlanarak fekal koliform kaynaklarını belirleme araştırmaları yapmışlardır. Diskriminant analizlerinin eutrofikasyonu belirlemede kullanımı ise oldukça yeni bir araştırma sahası olup, Tsirtsis ve Karydis (1999), Ege Denizinin eutrofikasyonunu saptamak için bu analizlerden istifade etmeyi denemişlerdir.

Bu araştırmada, İzmir Körfezi'nin arıtma tesisi öncesi ve sonrasına ait mikroplankton verileri ilk kez diskriminant analizleri ile birbirlerinden başarılı bir şekilde ayrılmıştır. Diskriminant analizlerinin sonuçlarına göre, arıtma tesisinin % 60 düzeyinde aktivite gösterdiği bu dönemde fitoplankton topluluk yapısındaki düzelme, beklendiğinden daha hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu durum İzmir Körfezi'nde ekolojik balans sınırlarının henüz aşılmadığını kanıtlamaktadır. Dolayısı ile, 21. yüzyılın ilk on yıllık döneminde İzmir Körfezinin geri kazanılması oldukça yüksek bir olasılıktır.

#### Kaynakça

- Bargu, S., T. Koray, N. Lundholm (2002), First report of *Pseudo-nitzschia calliantha* lundholm, Moestrup & Hasle 2003, a new potentially toxic species from Turkish coasts. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 19(3-4): 479-483
- Başoğlu, Ş., (1975), Hydrobiology and sedimentology of İzmir Bay (PhD thesis). E.Ü. Fen Fakültesi, 104 s. Bornova
- Cupp, E.E., (1977), Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America, Otto Koeltz Science Publishers, Koenigstein, 237 s.
- Çolak Sabancı, F., T. Koray (2001): The impact of pollution on the vertical and horizontal distribution of microplankton in İzmir Bay (Aegean Sea) (in turkish). Ege University J. Fish. Aquat. Sci., 18(1-2):187-202
- Gökpınar, Ş., T. Koray, (1983), Observations on *Rhizosolenia* (Ehrenberg) Brightwell species living in Izmir Bay. (in turkish). E.U.F.F. Journal, Ser. B, Suppl., 201-219.
- Koray, T., Ş. Gökpınar, (1983), The qualitative and quantitative features of the Genus *Ceratium* Schrank found in Izmir. (in turkish). E.Ü.F.F. Journal, Ser. B, Suppl., 201-219.
- Koray, T., (1987a), Comparison of diversity indices for determination of variations in phytoplankton communities. (in turkish). Doğa, TU Müh. ve Çev. D., 11(2):242-253.
- Koray, T., (1987b), One-celled microplankton species in Izmir Bay (Aegean Sea): A species list and a comparison with the records of adjacent regions. Doğa, TU J. Biol., 11(3):130-146.
- Koray, T., (1987c), The importance of diversity indices in terms of phytoplankton community changes depending on pollution. (in turkish). VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Izmir, 3-5 Eylül 1986, Bildiriler, Cilt 2, 520-527.
- Koray, T., (2001), A check-list for phytoplankton of Turkish seas. Ege University J. Fish. Aquat. Sci., 18(1-2):1-23
- Koray, T., F. Çolak Sabancı, (2001), Toxic planktonic micro-algae of Turkish Seas. Ege University J. Fish Aquat. Sci., (18/1):293-298
- Koray, T. (2002a), Toxic and harmful phytoplanktonic species in the Aegean (including dardanelles) and northeastern mediterranean coastline. Workshop on Lessepsian Migration Proceedings, Öztürk, B.&Başusta, N. (Eds.) No: 9, P. 40-45, Publ. Turkish Marine Research Foundation, Istanbul, Turkey, 2002
- Koray, T. (2002b), Toxic and harmful phytoplanktonic species in the Southern Black Sea, Sea of Marmara, Eastern Aegean Sea and Northeastern Mediterranean Costline. 10 International Conference on Harmful Algae, 21-25 October 2002, St. Pete Beach, Florida, USA
- Koray, T., F. Çolak Sabancı, (2004) Temporal and spatial changes of toxic micro-algae succession in Northeastern Aegean and Western Black Sea (in turkish). Türk Suçul Yaşam Dergisi, Ulusal Su Günleri, Yıl 2, Sayı 3, 354-360
- Massuti, M., R. Margalef, (1950), Introduction Al Estudio Del Plancton Marino, Patronato Juan De La Cierva De inves Tigacion Tecnica, Seccion De Biologica Marina, Barcelona, 182 s.
- Pielou, E.C., (1975), Ecological Diversity. John Wiley and Sons, 165s.
- Pielou, E.C., (1977), Mathematical Ecology. John Wiley and Sons, 385 s.
- Rampi, L., M. Bernhard, (1978), Key For The Determination of Mediterranean Pelagic Diatoms, C.N.E.N., ITALY, 71 s.
- Rampi, L., M. Bernhard, (1980), Chave per la Determinazione Delle Peridinee Pelagiche Mediterranea, C.N.E.N., RT/BIO, 193 s.
- Semina, H.J., (1978), Treatment of an Aliquot Sample, Phytoplankton Manual, Editor: A. Sourmia, UNESCO, 181 s.
- Shin P.K.S.:K.Y.S. Fong, (1999), Multiple Discriminant Analysis of Marine Sediment DataMarine Pollution Bulletin, Volume 39, Number 1, pp. 285-294(10)
- Tregouboff, G., M. Rose, (1957), Manuel de Planctologie Mediterranee, Centre National De la Resherche Scientifique, I,II., 587 s., 207 pl. PARIS.
- Tsirtsis, G. and M. Karydis, (1999), Application of discriminant analysis for water quality assessment in the Aegean. Marine Pollution Bulletin, 24: 238-243.
- UNEP, (1994), Integrated management study for the area of İzmir. Map technical reports series, No. 84, Unep, Regional activity centre for priority actions programme, Split, 130 p.
- Rinehardt, J. Sonsino, R. L. Torrijos, and M. E. Zimmerman. (1999), Identification of sources of fecal pollution using discriminant analysis: supporting evidence from large datasets. Appl. Environ. Microbiol. 65:3483-3486.
- Wiggins, B. A., R. W. Andrews, R. A. Conway, C. L. Corr, E. J. Dobratz, D. P. Dougherty, J. R. Eppard, S. R. Knupp, M. C. Limjoco, J. M. Mettenburg, J. M., Rinehardt, J. Sonsino, R. L. Torrijos, and M. E. Zimmerman. (1999), Identification of sources of fecal pollution using discriminant analysis: supporting evidence from large datasets. Appl. Environ. Microbiol. 65:3483-3486.
- Venrick, E. L. (1978), How many cells to count? p. 167-180. In Sourmia, A. (ed.), Phytoplankton manual, UNESCO Press, Paris.