

İzmir İç Körfezi'nde Fitoplankton Komünitesinin Pigment Kompozisyonu ve Boy Dağılımı

*Serkan Kükrer¹, Baha Büyükişik²

¹Ardahan Üniversitesi, Çıldır Meslek Yüksekokulu, Ardahan, Türkiye
²Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye
*E mail: serkankukrer@ardahan.edu.tr

Abstract: Pigment composition and size distribution of phytoplankton community in the inner part of İzmir Bay. İzmir Bay has been one of most polluted bays of Mediterranean for a long time. After "Big Channel Project" completed in 2000, sewage flow to the bay has been avoided. Monthly samplings of sea water were performed. Basic oceanographical variables and nutrients were measured. Besides, phytoplankton community was arrayed into size fractions to assess the contribution of each size fractions to biomass and pigment concentrations. Minimum and maximum values of nutrient concentrations and pigments were found to be 2.20-30.22 µM for total inorganic nitrogen (TIN); 1.99-41.94 µM for silicate; 0.00-5.96 µM for phosphate; 5.03-30.26 µg l⁻¹ for chlorophyll a, 0.52-33.54 µg l⁻¹ for chlorophyll b, 14.71-182.66 µg l⁻¹ for chlorophyll c and 0.00-22.58 µg l⁻¹ for carotenoids. Nanoplankton were found to be dominant phytoplankton group in the inner bay. An increment of picoplankton was detected towards the outside of the bay. According to Principal component analyses (PCA), picoplankton pigments are most important components for inner bay.

Key Words: İzmir Bay, phytoplankton size fractions, phytoplankton pigments, nutrient, Big Channel Project.

Özet: İzmir Körfezi uzun zamandır Akdeniz'in en kirliliğinden biri durumundaydı. 2000 yılında Büyük Kanal Projesi'nin tamamlanmasından sonra körfeze atık su deşarjı önlenmiş oldu. Çalışma kapsamında aylık deniz suyu örneklemeleri gerçekleştirildi. Temel oşinografik değişkenler ve nutrientler ölçüldü. Ayrıca fitoplankton komünitesi boy gruplarına ayrılarak her boy grubunun biomasa ve pigment konsantrasyonuna katkıları değerlendirildi. Nutrient ve pigment ölçümlerine ait minimum ve maksimum değerler şu şekilde bulundu: toplam inorganik azot (TIN) için 2,20-30,22 µM ; silikat için 1,99-41,94 fosfat için µM; 0,00-5,96 µM; klorofil a için 4,93-30,26 µg l⁻¹, klorofil b için 0,52-33,54 µg l⁻¹, klorofil c için 14,71-182,66 µg l⁻¹ ve karotenoidler için 0,00-22,58 µg l⁻¹. İç körfezde nanoplankton baskın boy grubu olarak tespit edilmiştir. Körfezin dış bölgesine doğru gidildikçe pikoplanktonda artış tespit edilmiştir. Temel bileşenler analizine (PCA) göre pikoplankton pigmentleri iç körfezdeki en önemli bileşenler durumundadır.

Anahtar Kelimeler: İzmir Körfezi, fitoplankton boy grupları, fitoplankton pigmentleri, nutrient, Büyük Kanal Projesi.

Giriş

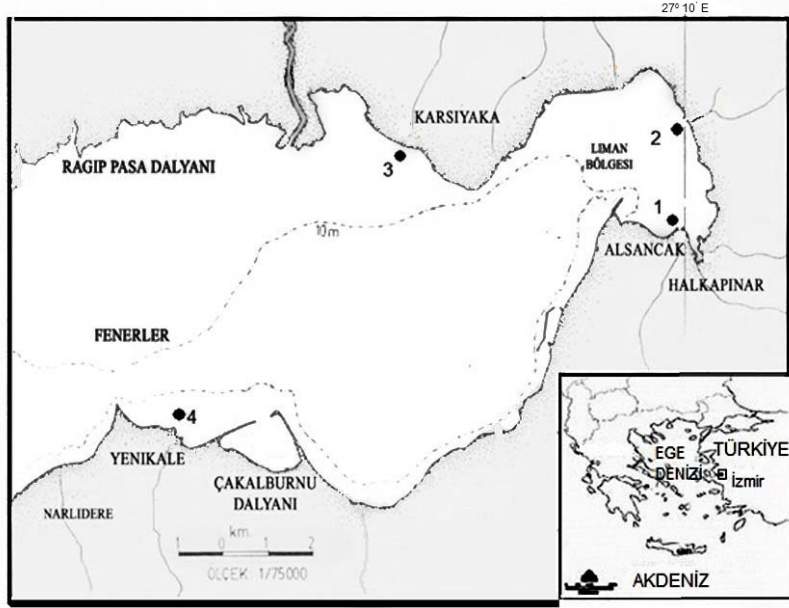
Fitoplankton çalışmaları deniz ekosistemiyle ilgili çalışmalar arasında fitoplanktonun besin zincirinin verimliliğinde ve yapısında önemli bir rol oynamasından ve böylelikle bu ekosistemlerin dinamiklerinin ve organizasyonlarının anlaşılmasına sunduğu katkıdan dolayı çok kritik bir yere sahiptir (Silva ve diğ. 2008). Genel olarak, estuarin bölgelerde, fitoplankton nicel olarak toprak erozyonundan gelen karasal girdilerden sonra en büyük ikinci partikül organik madde kaynağıdır. Bununla birlikte fitoplankton en yüksek kaliteli besin kaynağını teşkil eder. Bu yüzden estuarin besin zincirlerinde bu ekosistemlerin biyolojisi açısından temel bir öneme sahiptir (Lemaire ve diğ. 2002). Algler, gerek hücre içi oranları açısından, gerekse taksonomik gruplar arasında farklılıklar gösteren pigmentler içerir (Dandonneau ve diğ. 2006). Algler, kendilerine karakteristik renklerini veren bu pigmentler aracılığıyla ışığı absorblarlar. Absorblanan dalga boyundaki enerji kimyasal enerjiye dönüştürülür. Bu

pigmentler klorofilleri, karotenoidleri ve fikobilinleri içerir. Klorofil formları ve karotenoidler fotosentetik hücre içinde bulunurlar (Porro ve diğ. 1997). Klorofil formları kimyasal yapılarına bağlı olarak a, b, c şeklinde sınıflandırılırken, karotenoidler ise algal gruplar için karakteristik olabilen birçok farklı pigmentle temsil edilir (ömeğin lutein, peridinin, zeaxantin gibi) . Klorofil a tüm fotosentetik türlerde bulunur. Klorofil b chlorophyta, prasinophyta ve euglenophyta gruplarında, klorofil c diatomlar, dinoflagellatlar, prymnesiophyta, chrysoophyta gruplarında bulunur (Silva ve diğ. 2008). Karotenoidler ise çok sayıda çeşitle temsil edildiğinden cyanobakterilerden yukarıda sayılan birçok gruba kadar geniş bulunabilirlik özelliğine sahiptir. Bu pigmentlerin envanteri çeşitli fitoplankton gruplarının görel bolluklarının ve varlıklarının belirlenmesinde yardımcı olabilir (Dandonneau ve diğ. 2006). Deniz ekosisteminin yapısının ve dinamiklerinin anlaşılması için fitoplankton komünitesinin miktarının belirlenmesi gereklidir. Bu fiziksel ve kimyasal süreçlerin

ekosistemin biyolojik cevapları üstündeki rolünü belirlemek için de önemlidir (Bel Hassen ve diğ. 2008). Fitoplankton tür kompozisyonunun mikroskopik tanımlaması, zaman alan, yüksek derecede taksonomi bilgisi gerektiren bir faaliyettir. Klorofil a ölçümleri ise taksonomik olmayan biomas tahminleri yapılmasına olanak sağlar. Ancak bunun da bazı eksik yanları vardır örneğin bazı dinoflagellatlar fotosentetik değildir ve klorofil içermezler. Bu gibi durumlarda fitoplankton komünitesini değerlendirmekte hatalı sonuçlara varılabilir. Özellikle dinoflagellatların dominant olduğu bölgelerde "red tide"ı izlemek için hızlı kesin etkili tekniklere ihtiyaç vardır (Kwan Wong ve Kim Wong 2003). Bu bağlamda bu tanımlamaları yapabilmek için pigment analizlerinden yararlanmak bir yöntem olarak kullanılabilir. Pigment kompozisyonlarının analizi, taksonomi, fizyoloji ve mikroalg ekolojisi konularına kaynaklık eden birçok çalışmaya değerli bilgiler sağlar (Rodriguez ve diğ. 1998). Algal pigmentlerin analizi fitoplankton gruplarının ve onların deniz suyundaki dinamiklerinin-ki bu dinamikler farklı pigment gruplarının görece abundansı ve nutrient varlığı arasında yakın ilişkileri içerir-belirlenmesi için yarar sağlar (Ansotegui ve diğ. 2001). Sığ sular için nutrient varlığı fitoplankton komünite kompozisyonunu kontrol eden başlıca faktörlerden biri olarak tanımlanırken birçok yazar da fitoplankton komünite kompozisyonunun zooplankterlerce kontrol edildiğine vurgu yapar. Fitoplankton kompozisyonunu etkileyen faktörler arasında sayılan bu iki etmenin etkilerinin fitoplankton hücrelerinin boyuyla yakından ilişkili olduğu belirtilmektedir (Lopez-Flores ve diğ. 2006). Fitoplanktonun boyutu, hücrenin yaşamını, popülasyonun bolluğunu ve komünitenin yapısını etkileyen temel özelliklerden biri olarak bilinir (Sabetta ve diğ. 2005). Fitoplankton komünitesinin boy yapısının gelişimi çevrenin fiziko-kimyasal karakteristiklerine bağlıdır ve deniz ekosistemindeki besin zinciri dinamikleri ile ilgili önemli ayrıntılar hakkında fikir verir. Nutrient-boy ilişkisiyle ilgili olarak daha büyük boylu türlerin nutrient zengin sularda baskın olarak bulunduğu, daha küçük türlerin ise oligotrofik koşullarda baskınlık gösterdiği belirtilmektedir. (Roy ve diğ. 2006). Karmaşık biyolojik ve fizikokimyasal süreçlerin anlaşılması ve yorumlanmasında bu derece etkin bir öneme sahip olmasına rağmen Akdeniz bölgesindeki sularda fitoplanktonun boy yapısına ilişkin bilginin kısıtlı olduğu vurgulanmaktadır (Arin et al., 2005). Bu çalışma ile uzun yıllar kirlilik baskısı altında bulunan ve Büyük Kanal Projesinin 2000 yılında devreye girmesiyle birlikte temizlenme sürecine giren İzmir iç körfezinde fitoplankton boy gruplarının bolluklarını belirleyip, pigment içeriklerini tespit ederek bunların birbirleriyle ve diğer ortam faktörleriyle ilişkilerini ortaya koymak amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında İzmir İç Körfezi'nden seçilen dört istasyondan su örnekleri bir yıl boyunca aylık olarak toplanmıştır (Şekil 1). Örneklemeler 10 ay (Eylül 2007 – Ağustos 2008) gerçekleştirilebilmiştir. Balçova açıklarında bulunan istasyonda (ist 4) yüzey (0,50 m), orta (7,00 m) ve dip (14,00 m) olmak üzere üç derinlikten örnekleme yapılırken Meles (ist 1), Bayraklı (ist 2) ve Bostanlı (ist 3) istasyonlarında yüzey (0,50 m) ve dip (~5,00 m) olmak üzere iki derinlikten örnekleme yapılmıştır. Örneklemelerde Nansen şişesi kullanılırken, alınan örnekler polietilen şişelere doldurularak laboratuvara getirilmiştir. Su örneklerinde fizikokimyasal değişkenlerden seki derinliği, sıcaklık, pH, tuzluluk, oksijen, nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), amonyum (NH_4^+), silikat (SiO_2 veya RSi) ve fosfat (PO_4^{3-}P veya RP) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık ve pH Hanna HI 8314 model pH metre ile ölçülmüştür. Tuzluluk Harwey yöntemiyle gerçekleştirilirken, oksijen tayini Winkler titrasyon metoduyla yapılmıştır. Nutrient analizlerinde amonyum, fosfat ve silikat için Strickland ve Parsons (1972), nitrit ve nitrat için Wood (1975) tarafından verilen yöntemler takip edilmiştir. Klorofil a,b,c ve karotenoid analizleri için, örneklemeyle aynı gün içerisinde belirli miktar su farklı göz açıklıklarına sahip filtre kâğıtlarından Millipore Filtrasyon sistemi ile süzülmüş, analizler Strickland ve Parsons (1972) tarafından belirtilen trikromatik yöntemle spektrofotometre ile yapılmıştır. Alınan su örnekleri, önce 20,00 μm göz açıklığına sahip ağdan süzülerek planktonun ağ üzerinde birikmesi sağlanmış daha sonra bez, pisetle yıkanarak plankton GF/C filtre üstünde toplanmıştır. Elde edilen >20,00 μm 'lik boy grubu mikroplankton olarak sınıflandırılmıştır. 20,00 μm ağın altına geçen su bu kez 3,00 μm göz açıklığına sahip filtreden süzülümüştür. Buradan elde edilen 3,00-20,00 μm 'lik boy grubu nanoplankton olarak sınıflandırılmıştır. 3,00 μm 'lik filtrenin altında kalan su 0,20 μm 'lik filtreden süzülerek <3,00 μm 'lik boy grubu elde edilmiş ve pikoplankton olarak isimlendirilmiştir (Thomas et.al., 2005). Filtre kâğıtları % 90'luk asetonla buzdolabında bir gece ekstraksiyona bırakılmıştır. Daha sonra bu ekstraktların farklı dalga boylarında absorpsiyonları okunarak pigment değerleri hesaplanmıştır. Böylece fitoplanktonun boy dağılımı ve boy gruplarında pigment konsantrasyonunun temsili belirlenebilmiştir. Ölçümle belirtilen sürekli bir değişken yönünden ikiden çok bağımsız grup arasında farklılık olup olmadığını belirlemek için Kruskal Wallis testi uygulanmıştır. Ölçümler belirlenen değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü belirlemek için değişkenlere basit korelasyon analizi uygulanmıştır. Çalışılan ortamda çeşitliliği yaratan bileşenleri ve bu çeşitliliğin ne kadarından sorumlu olduklarını belirlemek amacıyla Temel Bileşenler Analizi (PCA) uygulanmıştır.



Şekil 1. Örneklemelerin yapıldığı istasyonlar.

Bulgular

Fizikokimyasal değişkenlere ait aralıklar ve ortalamalar Tablo 1'de verilmiştir. Örneklemelerde rastlanan en yüksek sıcaklık değeri haziran ayında 27,60 °C ile Bostanlı dip suyunda en düşük sıcaklık değeri ise ocak ayında 11,00 °C ile Balçova yüzey suyunda ölçülmüştür. Yıl boyunca tuzluluk değerleri 31,12 – 39,66 psu arasında seyretmiştir. En düşük değer temmuz ayında Bostanlı yüzeyde, en büyük değer ağustos ayında Bayraklı dip suyunda tespit edilmiştir. Çözünmüş oksijenin yıllık değişimi incelendiğinde en küçük değer ekim ayında 0,60 mg l⁻¹ ile Balçova dip suyunda, en büyük değer ocak ayında 12,80 mg l⁻¹ ile Bostanlı yüzey suyunda olduğu tespit edilmiştir. Oksijenin yıllık değişiminin su sıcaklığı ile ters orantılı olması gazların çözünürlüğünün sıcaklıkla ters orantılı olmasından ileri gelmektedir. Fizikokimyasal parametrelerden pH değerlerinde tüm istasyonlarda yıl boyunca birbirine yakın bir eğilim dikkati çekmektedir. Çalışmada ölçülen sekiz disk değerleri incelendiğinde en küçük değere haziran ayında 0,60 m ile Meles'de, en büyük değere ocak ayında 8,00 m ile Balçova istasyonunda rastlanılmıştır.

Nutrientlere ait minimum maksimum ve ortalama değerler Tablo 1'de sunulmuştur. TIN konsantrasyonunun tüm istasyonlardaki ortak tek artışı kasım ayında meydana gelen artıştır. Bu artışlar aynı zamanda tüm istasyonlardaki en yüksek değerleri temsil etmektedir. Bu zenginleşmeden sonra ağustos ayına kadar genellikle 10 µM'in altında kalmıştır. Bu dönem fitoplankton artışlarının gerçekleştiği dönemdir. En yüksek değerine 30,22 µM ile Balçova dipte, en düşük değerine ise 2,20 µM ile Bostanlı yüzeyde ulaşmıştır. Silikatın yıllık değişimi incelendiğinde yılın büyük bir bölümünde konsantrasyonun tüm istasyonlarda 15,00 µM'in altında

olduğu ve belirgin dalgalanmalar yapmadan sabit bir seyrinin olduğu gözlemlenmiştir ve yıl içinde tüm istasyonlarda iki tane önemli piki görülmektedir. Bunlardan bir tanesi haziran ayında değeri ise ağustos ayında izlenmiştir. Bu artışlar dipte biriken ölü fitoplanktondaki silikatın çözünerek suya geçişinden kaynaklanmış olabilir. Yıl boyunca ölçülen en yüksek silikat konsantrasyonu haziran ayında 41,94 µM ile Bostanlı dip suyunda, en düşük değer ise mayıs ayında 1,99 µM ile Meles dip suyunda tespit edilmiştir.

Fosfat konsantrasyonu değişimleri izlendiğinde eylül ayından itibaren genel olarak bir düşüş eğilimine girdiği görülmektedir. Arada bazı derinliklerde küçük artışlar olsa da bu eğilim ocak ayına kadar sürmektedir. Ocakla mart arasında nispeten küçük değerlerde durağan bir yapı izleyen konsantrasyon mart ayından sonra artış sürecine geçmiştir, ve tüm istasyonlarda düzenli bir artış sergilemiştir. Yıl boyunca en yüksek fosfat konsantrasyonuna ağustos ayında 5,96 µM ile Bostanlı dip suyunda, en düşük fosfat konsantrasyonuna ise ocak ayında ölçüm limitlerinin altında Balçova yüzey ve dip suyunda rastlanmıştır. Kruskal wallis testinde nutrientler açısından istasyonlar arasında önemli farklılık bulunmamıştır. Pigmentlere ait minimum, maksimum ve ortalama değerler Tablo 1'de, yıllık değişimleri Şekil 2'de verilmiştir. İzmir iç körfezi'ndeki klorofil a konsantrasyonları tüm istasyonlarda örneklem döneminin ilk yarısında benzer eğilimler göstermiştir. İlk aylarda meydana gelen azalışı takiben ocak ayında pik vermiş daha sonra ise düşüş sürecine girmiştir. Mayıs ayına kadar tüm istasyonlarda sabit değerlerde kalan klorofil a konsantrasyonları bu aydan sonra istasyon ve derinlik bazında farklı eğilimler sergilemiştir. Yıl boyunca rastlanan en yüksek klorofil a değeri ağustos ayında 30,26 µg l⁻¹ ile Bostanlı dip suyunda, en düşük değer ise haziran ayında

Tablo 1. Fiziko-kimyasal parametrelere, nutriyentlere ve pigmentlere ait minimum, maksimum ve ortalama değerler (standart hata).

	Meles		Bayraklı		Bostanlı		Balçova	
	Min-mak	Ort.±SH	Min-mak	Ort.±SH	Min-mak	Ort.±SH	Min-mak	Ort.±SH
Sıcaklık	14,0-27,2	21,10±1,18	14,0-27,2	21,25±1,13	11,4-27,6	20,83±1,32	11,0-27,4	20,34±1,03
Tuzluluk	33,26-36,94	35,24±0,24	31,5-39,66	35,33±0,41	31,12-37,53	35,01±0,46	31,32-38,88	35,68±0,30
pH	7,34-8,1	7,86±0,04	7,46-8,11	7,87±0,04	7,38-8,12	7,84±0,05	7,49-8,05	7,87±0,03
Çözünmüş Oksijen	1,2-11,6	6,94±0,68	1,2-12,4	6,87±0,67	1,6-12,8	6,72±0,78	0,6-12,6	6,61±0,59
TIN	3,02-22,77	9,99±1,16	2,34-20,00	7,88±1,16	2,20-19,65	7,64±0,99	2,55-30,22	7,57±1,04
PO ⁻³ ₄	0,20-3,79	2,16±0,29	0,17-3,98	2,19±0,31	0,26-5,96	2,73±0,45	0,00-4,1	1,79±0,25
SiO ₂	1,99-20,0	9,59±1,12	2,61-25,48	9,41±1,41	2,74-41,94	12,44±2,49	2,42-33,51	11,45±1,56
Toplam Klorofil a	6,11-23,28	14,91±1,11	4,93-16,80	12,10±0,77	6,47-30,26	13,48±1,57	5,03-19,79	10,34±0,67
Mikroplankton Chl a	0,22-11,56	3,23±0,70	0,05-10,56	2,89±0,67	0,34-13,58	3,22±0,85	0,28-6,58	2,52±0,35
Nanoplankton Chl a	2,78-18,78	8,73±1,03	3,64-13,63	7,03±0,59	1,95-17,30	6,51±0,81	0,67-7,83	4,39±0,36
Pikoplankton Chl a	0,07-14,24	2,94±0,74	0,33-5,88	2,18±0,35	0,61-23,01	3,75±1,09	0,42-12,82	3,43±0,56
Toplam Klorofil b	0,60-26,70	9,88±1,43	3,29-19,71	8,25±1,06	2,17-33,54	10,18±1,63	0,52-27,50	9,24±1,28
Mikroplankton Chl b	0,00-2,76	0,96±0,17	0,00-2,85	0,81±0,16	0,11-2,79	0,79±0,15	0,00-4,82	1,15±0,20
Nanoplankton Chl b	0,18-16,28	5,01±1,02	0,88-15,86	4,54±0,86	0,00-13,75	4,59±0,79	0,00-10,22	3,36±0,52
Pikoplankton Chl b	0,05-23,24	3,90±1,21	0,57-9,76	2,90±0,54	1,03-31,1	4,79±1,57	0,32-25,04	4,74±1,10
Toplam Klorofil c	20,47-182,65	52,89±8,21	17,55-134,74	47,75±6,90	19,76-151,27	55,14±8,07	14,71-144,70	46,54±5,44
Mikroplankton Chl c	0,89-11,82	5,36±0,75	0,16-25,22	4,96±1,30	0,00-12,11	4,09±0,77	0,03-13,85	4,85±0,64
Nanoplankton Chl c	4,51-170,03	33,33±8,38	3,90-105,25	31,83±6,57	6,27-142,73	29,59±6,90	1,70-58,47	20,44±2,63
Pikoplankton Chl c	0,59-76,65	14,20±3,93	0,66-32,76	10,96±1,77	2,54-126,97	21,46±6,67	0,00-125,67	21,25±5,29
Toplam Karotenoid	0,12-14,18	4,24±0,76	0,22-17,85	4,18±1,04	0,03-19,53	4,17±1,30	0,00-22,58	3,92±1,15
Mikroplankton Car	0,00-5,78	1,22±0,36	0,00-6,39	1,41±0,45	0,00-6,00	1,48±0,50	0,00-6,48	1,08±0,34
Nanoplankton Car	0,00-7,56	2,09±0,41	0,00-6,49	2,06±0,43	0,00-5,68	1,50±0,37	0,00-6,94	1,45±0,36
Pikoplankton Car	0,00-10,19	0,93±0,56	0,00-6,66	0,70±0,43	0,00-9,09	1,19±0,61	0,00-9,53	1,39±0,55

4,93 µg l⁻¹ ile Bayraklı dip suyunda ölçülmüştür. Klorofil a açısından istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. Kruskal-Wallis testinin sonucu 11,28, p değeri 0,010 hesaplanmıştır (p < 0,05). Meles ile Bayraklı ve Balçova istasyonları arasında istatistiksel açıdan önemli fark tespit edilirken diğer istasyonlar arasında fark belirlenmemiştir. Bu fark Meles'e taşınan nutrient derişimlerinin yüksekliğinden kaynaklanıyor olabilir. Fitoplankton boy gruplarının toplam klorofil a konsantrasyonuna yaptıkları katkılar Tablo 2'de verilmiştir.

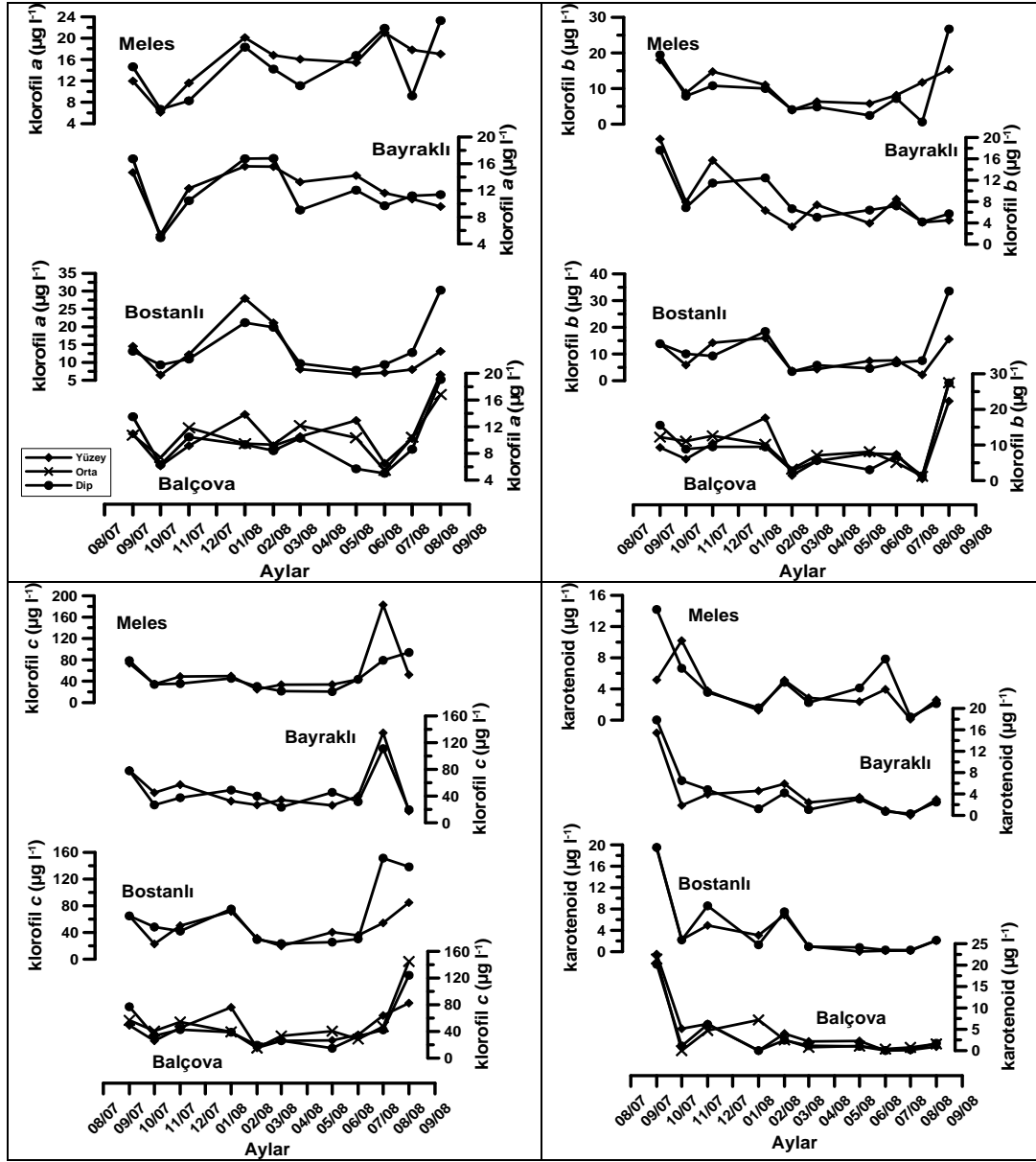
Tablo 2. Fitoplankton boy gruplarının toplam klorofil a konsantrasyonuna yaptıkları katkılar.

Klorofil a	% Mikroplankton	% Nanoplankton	% Pikoplankton
Meles Yüzey	22	59	19
Meles Dip	21	59	20
Bayraklı Yüzey	22	60	18
Bayraklı Dip	25	57	18
Bostanlı Yüzey	25	51	24
Bostanlı Dip	23	46	31
Balçova Yüzey	24	47	29
Balçova Orta	25	41	34
Balçova Dip	24	40	36

Klorofil a konsantrasyonuna en büyük katkı nanoplanktondan gelmektedir. Meles ve Bayraklı istasyonlarında nanoplankton katkısı % 60 civarında olurken diğer iki grup % 20'lik katkırı paylaşmaktadırlar. Bostanlı istasyonunda nanoplanktonun klorofil a katkırı % 50 seviyelerine gerilerken pikoplankton katkırında artış

görülmüştür. Benzer durum Balçova istasyonunda da tespit edilmiştir. Nanoplankton katkırı %50 seviyesinin altına inerken pikoplankton katkırı derinliğe bağlı olarak artış göstermiştir. Mikroplanktonun klorofil a konsantrasyonuna katkırının tüm istasyonlarda yakın seviyelerde gerçekleştiği görülmüştür.

Genel olarak bütün istasyon ve derinliklerde klorofil b konsantrasyonları paralel eğilimler seyretmiştir. Ekim ayında toplu bir düşüş meydana gelmiş ve bunu takiben Bayraklı ve Meles'de kasım ayında bir artış meydana gelirken Bostanlı ve Balçova'da ocak ayında artış meydana gelmiştir. Tüm istasyonların içinde rastlanan en yüksek klorofil b değeri Bostanlı dip suyunda 33.542 µg l⁻¹ olarak tespit edilirken, en düşük değere 0.520 µg l⁻¹ ile Balçova yüzey suyunda rastlanmıştır. Kruskal-Wallis testinin sonucunda klorofil b açısından istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunmamıştır. Boy gruplarının toplam klorofil b konsantrasyonuna yaptıkları katkılar Tablo 3'de verilmiştir. Körfezdeki klorofil b konsantrasyonunun önemli kısmını nanoplankton ve pikoplankton sağlamaktadır. Araştırma yapılan istasyonlar bu açıdan ikili gruplar halinde benzer özellik göstermektedir. Meles ve Bayraklı istasyonlarında nanoplankton katkırı % 50 seviyesi ile en yüksek katkırı yaparken onu % 40 seviyesinde pikoplankton katkırı izlemektedir. Bostanlı ve Balçova istasyonlarında yüzey sularında nanoplankton ve pikoplanktonun klorofil b içeriklerinin birbirine hemen hemen eşit olduğu tespit edilmiştir. Bu eşitlik derinlikle birlikte pikoplankton lehine bozulmaktadır ve pikoplankton su kolonunun derinliklerine inildikçe klorofil b açısından baskın grup haline gelmektedir.



Şekil 2. Toplam pigment konsantrasyonlarının yıllık değişimleri.

Tablo 3. Fitoplankton boy gruplarının toplam klorofil b konsantrasyonuna yaptıkları katkılar.

Klorofil b	% Mikroplankton	% Nanoplankton	% Pikoplankton
Meles Yüzey	11	52	37
Meles Dip	8	49	43
Bayraklı Yüzey	9	53	38
Bayraklı Dip	11	56	33
Bostanlı Yüzey	8	46	46
Bostanlı Dip	7	45	48
Balçova Yüzey	15	42	43
Balçova Orta	10	36	54
Balçova Dip	12	32	56

İç körfezde klorofil c konsantrasyonu yılın büyük bir bölümünde durağan bir seyir izlemiştir ve litredeki konsantrasyonu $80 \mu\text{g l}^{-1}$ 'in altındadır. İlk önemli artış ocak ayında Bostanlı ve Balçova istasyonlarında meydana gelirken en büyük artışlar temmuz ve ağustos aylarında tüm istasyonlarda meydana gelmiştir. Yıl içinde rastlanan en yüksek klorofil c değeri $182.659 \mu\text{g l}^{-1}$ ile Meles yüzeyde, en düşük klorofil c değeri ise $14.708 \mu\text{g l}^{-1}$ ile Balçova dip suyunda tespit edilmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucunda klorofil c açısından istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunmamıştır. Fitoplankton boy gruplarının toplam klorofil c konsantrasyonuna yaptıkları katkılar Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Fitoplankton boy gruplarının toplam klorofil c konsantrasyonuna yaptıkları katkılar.

Klorofil c	% Mikroplankton	% Nanoplankton	% Pikoplankton
Meles Yüzey	10	67	23
Meles Dip	10	59	31
Bayraklı Yüzey	11	65	24
Bayraklı Dip	10	68	22
Bostanlı Yüzey	9	52	39
Bostanlı Dip	6	55	39
Balçova Yüzey	11	53	36
Balçova Orta	11	39	50
Balçova Dip	10	41	49

Meles ve Bayraklı istasyonlarında nanoplanktonun klorofil c konsantrasyonuna yaptığı katkı % 60-70 aralığındadır. Bostanlı'da bu oranlar % 50 seviyelerine düşerken pikoplankton katkısında artış izlenmektedir. Nanoplanktonun klorofil c katkısındaki azalma Balçova istasyonunda daha net izlenmektedir. Derinliğe bağlı olarak nanoplankton etkisi azalırken pikoplankton katkısı artmış ve su kolonunun ortasında ve dip suyunda klorofil c varlığı ağırlıklı olarak pikoplankton tarafından meydana getirilmiştir. Tüm istasyonlarda mikroplanktondan kaynaklanan klorofil c konsantrasyonu % 10 seviyelerindedir.

İç körfezde karotenoid konsantrasyonu yıl boyu farklı zaman ve istasyonlarda artışlar göstermiştir. Tüm istasyon ve derinliklerde izlenen ortak tek artış ocak ayında meydana gelmiştir. Bunun dışında izlenen artışlar istasyonlara özel meydana gelen artışlar olmuştur. Yıl boyunca ölçülen en yüksek karotenoid konsantrasyonu $22.58 \mu\text{g l}^{-1}$ ile Balçova yüzey suyunda, en düşük konsantrasyon ise ölçüm limitlerinin altında Balçova'da tüm derinliklerde tespit edilmiştir. Kruskal-Wallis testinin sonucunda karotenoidler açısından istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunmamıştır. Fitoplankton boy gruplarının toplam karotenoid konsantrasyonuna yaptıkları katkılar Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Fitoplankton boy gruplarının toplam karotenoid konsantrasyonuna yaptıkları katkılar.

Karotenoid	% Mikroplankton	% Nanoplankton	% Pikoplankton
Meles Yüzey	27	42	31
Meles Dip	30	55	15
Bayraklı Yüzey	33	46	21
Bayraklı Dip	35	52	13
Bostanlı Yüzey	36	41	23
Bostanlı Dip	33	32	35
Balçova Yüzey	26	45	29
Balçova Orta	27	27	46
Balçova Dip	31	38	31

Görelü küçük değişimler gösterse de nanoplanktonun karotenoid konsantrasyonuna katkısı %40-50 seviyesinde görünmektedir. Diğer pigmentlerle karşılaştırıldığında yine baskın grup olsa da ağırlığının düştüğü dikkat çekmektedir. Boy gruplarının toplam karotenoid katkısı açısından en dikkat çekici grup mikroplanktondur. Zira tüm pigmentler içinde en yüksek katkıyı karotenoid yapmıştır. Pikoplankton katkısı da mikroplankton katkısına bazı istasyonlarda yaklaşırken, bazılarında bunun altında kalmıştır. Pikoplankton karotenoidinin baskın olduğu tek derinlik Balçova orta derinlik suyudur.

Yukarıdaki bölümde pigmentler esas alınarak her bir pigmentin toplam konsantrasyonuna boy gruplarının yaptıkları katkılar incelenmiştir. Burada ise boy grupları esas alınarak, her boy grubunda istasyonlara ve derinliklere göre pigment kompozisyonu incelenmiştir. Mikroplanktonun istasyon ve derinliklere bağlı pigment kompozisyonu Tablo 6'da ifade edilmiştir.

Tablo 6. Mikroplanktonun % pigment kompozisyonu.

Mikroplankton	% Klorofil a	% Klorofil b	% Klorofil c	% Karotenoid
Meles Yüzey	30	10	51	9
Meles Dip	30	8	48	14
Bayraklı Yüzey	27	7	53	13
Bayraklı Dip	31	9	45	15
Bostanlı Yüzey	32	8	45	15
Bostanlı Dip	35	9	40	16
Balçova Yüzey	27	13	49	11
Balçova Orta	26	10	53	11
Balçova Dip	26	12	50	12

Pigment içeriklerinin istasyonlara ve derinliklere göre yüzdelere bakıldığında tüm istasyonlarda benzer oranlarda buldukları göze çarpmaktadır. Mikroplanktonda en fazla bulunan pigmentin klorofil c olduğu görülmektedir ve oranı %50 seviyesine yakındır. Onu %25-30 seviyesiyle klorofil a izlemektedir. Mikroplanktonda klorofil b ve karotenoid oranları Balçova istasyonunda birbirine yakın düzeyde iken, diğer istasyonlarda karotenoid içeriği klorofil b içeriğinden daha yüksektir. Nanoplanktonun istasyon ve derinliklere bağlı pigment kompozisyonu Tablo 7'de gösterilmiştir. Nanoplankton grubu en fazla klorofil c pigmentini içermektedir. Klorofil c içeriğinin oransal büyüklüğü mikroplanktonda bulunandan fazladır ve % 70 seviyelerinde bulunmaktadır. Onu % 15 seviyelerinde klorofil a izlemektedir. Nanoplanktonda klorofil b % 10 seviyelerinde temsil edilirken, karotenoid % 5 seviyelerinde bulunmaktadır.

Tablo 7. Nanoplanktonun % pigment kompozisyonu

Nanoplankton	% Klorofil a	% Klorofil b	% Klorofil c	% Karotenoid
Meles Yüzey	16	10	71	3
Meles Dip	19	11	64	6
Bayraklı Yüzey	16	10	70	4
Bayraklı Dip	15	10	70	5
Bostanlı Yüzey	18	11	67	4
Bostanlı Dip	14	11	72	3
Balçova Yüzey	15	10	69	6
Balçova Orta	15	12	69	4
Balçova Dip	15	11	69	5

Pikoplanktonun istasyon ve derinliklere bağlı pigment kompozisyonu Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. Pikoplanktonun % pigment kompozisyonu

Pikoplankton	% Klorofil a	% Klorofil b	% Klorofil c	% Karotenoid
Meles Yüzey	14	18	63	5
Meles Dip	13	18	66	3
Bayraklı Yüzey	12	17	66	5
Bayraklı Dip	14	18	65	3
Bostanlı Yüzey	11	16	70	3
Bostanlı Dip	13	15	68	4
Balçova Yüzey	13	16	66	5
Balçova Orta	10	15	70	5
Balçova Dip	11	16	70	3

Pikoplanktonda da tıpkı diğer boy gruplarında olduğu gibi en bol bulunan pigment klorofil c'dir. Pikoplanktonda en bol bulunan ikinci pigmentin klorofil b olduğu görülmektedir ve % 15-18 seviyesinde bulunmaktadır. Ona yakın seviyelerde klorofil a mevcuttur. En az ise % 3-5 seviyesinde tespit edilen karotenoid olmuştur.

Kullanılan değişkenlerin birbirleriyle olan ilişkilerini açıklamak için verilere korelasyon analizi uygulanmıştır. İstatistiksel açıdan anlamlı bulunan ilişkiler (%95 güven aralığında) Tablo 9'da özetlenmiştir. Analizi yapılan üç klorofil formunun birbiriyle ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Klorofil a'nın klorofil b ve c ile ilişkisi görece zayıf kalırken, klorofil b ve c arasındaki ilişki daha güçlüdür. Bu durum bu iki pigmenti içeren türlerin birlikte artış yaptığını düşündürmektedir. Boy gruplarının içerdikleri pigmentlerle toplam pigment konsantrasyonları arasında da istatistiksel açıdan önemli ilişkiler bulunmuştur. Boy grupları arasında içerdiği klorofil a ile toplam klorofil a konsantrasyonu arasında en güçlü ilişki bulunan grup nanoplanktondur. Onu pikoplankton ve mikroplankton izlemektedir. Toplam klorofil b ile pikoplankton

klorofil b'si arasındaki ilişki diğer grupların klorofil b ile ilişkisinden daha güçlüdür.. İkinci sırada nanoplankton klorofil b'si –toplam klorofil b ilişkisi gelmektedir. Bu sonuç toplam klorofil b içinde en büyük payın bu iki gruba ait olmasını doğrular niteliktedir. Toplam klorofil c ile en güçlü ilişkiye sahip boy grubu nanoplanktondur. Karotenoidlerin klorofil formlarıyla ilişkilerinin zayıf olduğu tespit edilmiştir. Ancak boy gruplarıyla toplam karotenoid arasında güçlü ilişkiler görülmektedir. Mikroplankton klorofil a içeriği ile SiO₂, TIN ve PO₄³⁻ arasındaki ters ilişki bu nutrientlerin tüketiminde mikroplanktonun rolünü yansıtmaktadır. Özellikle PO₄³⁻ile arasındaki ilişki dikkat çekicidir. Mikroplanktonda bulunan klorofil a ile klorofil c arasındaki güçlü ilişkinin yanı sıra klorofil b ile klorofil c arasında da kuvvetli ilişki olduğu gözlenmiştir. Nanoplankton klorofil a'sı ile arasında en güçlü ilişki bulunan nanoplanktik pigment klorofil c'dir. Nanoplanktik klorofil b ve c ilişkisi ise istatistiksel olarak önemli diğer ilişkidir. Pikoplanktonda her üç klorofil pigmentinin de birbirleriyle ilişkisi çok güçlüdür.

Tablo 9. Değişkenler arasındaki istatistiksel olarak anlamlı bulunan korelasyonlar (Mic: mikroplankton, Nan: nanoplankton, Pik: pikoplankton, T: toplam).

	T.Chl a	T.Chl b	T.Chl c	T.Car	Mik.Chl a	Nan.Chl a	Pik.Chl a	Mik.Chl b	Nan.Chl b	Pik.Chl b	Mik.Chl c	Nan.Chl c	Pik.Chl c	Mik.Car	Nan.Car	Pik.Car	TIN	SiO ₂	PO ₄ ³⁻	
T.Chl a		0,38	0,45	0,25	0,42	0,61	0,47													
T.Chl b	0,38		0,55	0,28				0,35	0,66	0,75										
T.Chl c	0,45	0,55									0,62	0,42								
T.Car	0,25	0,28												0,73	0,77	0,72				
Mik.Chl a	0,42						0,24				0,69							-0,41	-0,47	-0,61
Nan.Chl a	0,61							0,52				0,63			0,25					
Pik.Chl a	0,47									0,94			0,90							
Mik.Chl b	0,35				0,24						0,60									
Nan.Chl b	0,66					0,52						0,56								
Pik.Chl b	0,75						0,94						0,92							
Mik.Chl c					0,69		0,60													
Nan.Chl c		0,62				0,63		0,56												
Pik.Chl c		0,42					0,90		0,92											
Mik.Car				0,73																-0,41
Nan.Car				0,77		0,25														
Pik.Car				0,72																
TIN																				0,28
SiO ₂																				0,74
PO ₄ ³⁻																				0,28
																				0,74

Nutrientlerden SiO₂ ve PO₄³⁻ arasındaki güçlü ilişki bu nutrientlerin ortak kaynaklara sahip olabileceğini düşündürmektedir.

Çalışılan ortamda çeşitliliği yaratan bileşenleri ve bu çeşitliliğin ne kadarından sorumlu olduklarını belirlemek amacıyla Temel Bileşenler Analizi (PCA) uygulanmıştır. Bu analizin sonucuna göre tüm değişkenler toplam beş bileşenle ifade edilmiştir. Bu beş bileşen toplam değişimin %77,47'sini açıklamaktadır. Değişkenlerin bileşenler içindeki ağırlıkları Tablo 10'da verilmiştir.

Buna göre toplam değişimin % 23,68'inden büyük oranda pikoplanktona ait klorofil formları ve fosfat sorumludur. Değişimlerin 20,46'sından ağırlıklı olarak nanoplankton klorofil b'si ve pikoplankton karotenoidleri sorumlu iken %15,15'i mikroplankton ve nanoplankton karotenoidi ile silikata bağlıdır. Mikroplankton ve nanoplankton klorofil a'sı ile Mikroplankton ve nanoplankton klorofil c'si değişimlerin % 9,49'unda pay sahibidir. TIN ve mikroplankton klorofil b'si ise görülen değişimlerin ancak % 8,70'inden sorumludur.

Tablo10. Değişkenlerin ifade edilen bileşenler içindeki ağırlıkları

	<i>Bileşen 1</i>	<i>Bileşen 2</i>	<i>Bileşen 3</i>	<i>Bileşen 4</i>	<i>Bileşen 5</i>
Silikat	0,264424	-0,0580171	-0,348098	-0,0478968	0,243022
Fosfat	0,345853	0,157139	-0,23666	0,102713	0,219275
TIN	0,177541	0,131396	0,311942	-0,27844	0,436328
Mikroplankton klorofil a	-0,310925	-0,230372	0,238965	0,328675	-0,168808
Nanoplankton klorofil a	0,0553798	0,334921	-0,0776142	0,418579	0,0319685
Pikoplankton klorofil a	0,43746	-0,183161	0,133184	0,163506	-0,205949
Mikroplankton klorofil b	0,0643025	-0,179496	0,346163	0,113858	0,585777
Nanoplankton klorofil b	0,0833554	0,447507	0,0130167	0,214499	0,00365152
Pikoplankton klorofil b	0,444934	-0,236019	0,0818127	0,17535	-0,175781
Mikroplankton klorofil c	-0,183171	-0,227614	0,247433	0,446894	0,333884
Pikoplankton klorofil c	0,442634	-0,225835	0,0804496	0,185707	-0,174976
Nanoplankton klorofil c	-0,0260345	0,338182	-0,22265	0,446942	0,133658
Mikroplankton karotenoid	-0,0448231	0,26957	0,42012	0,135921	-0,300919
Nanoplankton karotenoid	0,173639	0,238227	0,355029	-0,194465	-0,0187427
Pikoplankton karotenoid	0,128334	0,347997	0,313274	-0,140311	-0,0750566

Tablo 11. İç körfezde yapılmış önceki yıllara ait çalışmalar ile bu çalışmada bulunan nutrient değerlerinin karşılaştırılması (min-mak ; ort.)

NH₄ (µM)	NO₃ (µM)	NO₂ (µM)	PO⁻³₄ (µM)	SiO₂ (µM)	Kaynaklar
-	14,10-40,60	3,10-12,10	23,60-60,70	-	Kocataş et al., 1988
-	-	-	50,00 (mak)	-	Bizsel et al., 2001
0,04-65,67	0,00-7,59	0,01-5,46	0,09-12,06	0,00-6,38	Kaymakçı et al., 2001
73,80 (mak)	83,12 (mak)	15,60 (mak)	-	-	Gençay & Büyükışık, 2004
0,06-40,72	0,19-24,86	0,00-25,90	0,87-17,58	0,78-48,60	Kükürer & Aydın, 2006
0,0-40,94 ; 5,31	0,0-21,35 ; 3,28	0,0-28,99 ; 2,27	0,0-31,41 ; 3,28	0,16-54,12 ; 10,82	TUBİTAK, 2006
0,23-22,28 ; 3,28	1,54-11,77 ; 4,27	0,00-3,51 ; 0,64	0,00-5,96 ; 2,17	1,99-41,94 ; 10,80	Bu çalışma

Tablo 12. İç körfezde yapılmış önceki yıllara ait çalışmalar ile bu çalışmada bulunan pigment değerlerinin karşılaştırılması (min-mak ; ort.)

Klorofil a (µg l⁻¹)	Klorofil b (µg l⁻¹)	Klorofil c (µg l⁻¹)	Karotenoid (µg l⁻¹)	Kaynaklar
80,00 (mak)	-	-	-	Gençay & Büyükışık, 2004
0,004-3,93 ; 1,31	-	-	-	Kükürer & Aydın, 2006
0,00-66,13 ; 4,26	0,70-49,97 ; 2,89	0,00-32,34 ; 5,50	0,00-46,57 ; 4,91	TUBİTAK, 2006
4,93-30,26 ; 12,44	0,52-33,54 ; 9,37	14,71-182,66 ; 50,13	0,00-22,58 ; 4,11	Bu çalışma

Tartışma ve Sonuç

2002 yılında Büyük Kanal Projesi'nin tam kapasiteyle devreye girmesinden sonra İzmir Körfezi, fizikokimyasal değişkenler ve ekosistemde görülmesi beklenen değişimler sebebiyle büyük bir ilgi odağı haline gelmiştir. Bu bağlamda nutrient konsantrasyonlarında önceki yıllarda yapılmış çalışmalarla kıyaslandığında azalma olduğu görülmüştür (Tablo 11).

Buna karşın özellikle Kükürer ve Aydın (2006) ve TÜBİTAK (2006) raporunda arıtma tesisinin tam kapasiteyle devreye girmesinden sonra tespit edilen klorofil konsantrasyonlarının yıllık ortalamalarına göre yüksek değerler izlenmesi ilginç bulunmuştur (Tablo 12).

Bu durum azalan nutrient konsantrasyonlarında birincil üretimin önemli etkisinin bulunduğunu ve azalan değerlerin

fitoplankton biyomasına dönüştüğünü göstermektedir. Nutrient rejimi incelendiğinde özellikle amonyum, fosfat ve silikat konsantrasyonu fitoplanktonun artış dönemi olan ocak-ağustos döneminde düşüken sonbaharda görece yüksek değerlerde bulunmaktadır. Haziran ayında Meles'de, ağustos ayında ise Balçova ve Bostanlı istasyonlarında yüksek nutrient konsantrasyonlarıyla birlikte klorofil *a*'da da artışlar izlenmiştir. Bu durum nutrient kullanılmayarak beslenen mikсотrof türlerin artışıyla açıklanabileceği gibi (Bizzel et al., 2001) örneklem anının fitoplankton komünitesinin çoğalmasının başlangıç safhasına denk geldiği de düşünülebilir. Bazı bölgelerin sığ oluşu nutrient ve ışığın fitoplankton için daha yararlanabilir olmasına etki eder (Thomas ve diğ. 2005). Bu çalışmanın yapıldığı Meles, Bayraklı ve Bostanlı istasyonlarının sığ oluşu ve derelerle sürekli beslenmesi bu alanlardaki fitoplankton biyomasındaki artışlara zemin hazırlamaktadır. Tüm istasyonlarda klorofil *a* konsantrasyonuna en büyük katkıyı nanoplankton grubu yaparken, onu pikoplankton ve miktoplankton takip etmektedir. Boy gruplarıyla klorofil *a* arasında anlamlı istatistiksel ilişkiler mevcuttur. Şöyle ki nanoplankton katkısı bütün istasyonlarda anlamlı iken, Bayraklı Bostanlı ve Balçova'da pikoplanktonun katkısı, Bayraklı ve Bostanlıda miktoplanktonun katkısı istatistiksel olarak anlamlıdır. Meles ve Bayraklı'da klorofil *b* konsantrasyonuna en büyük katkı nanoplanktondan gelirken onu sırasıyla pikoplankton ve miktoplankton takip etmektedir. Bostanlı'da ise nanoplankton ve pikoplanktonun klorofil *b*'ye yaptıkları katkı az çok eşitken miktoplankton katkısı düşüktür. Balçova'da klorofil *b* konsantrasyonu büyük ölçüde pikoplankton tarafından sağlanmaktadır. Ansotegui ve diğ. (2001) akarsu etkilerinin yoğun olduğu kıyusal sularda klorofil *b* değerlerinin klorofil *a*'yı takip ettiğini ve 14,5 µg/l'ye kadar çıktığını belirtmiştir. Benzer süreç bu çalışmada da tespit edilmiştir ancak ulaşılan en yüksek değer 30 µg/l'nin üstündedir. Bu çalışmada da Meles, Bayraklı ve Bostanlı'da nanoplankton en önemli klorofil *c* sağlayıcı grup durumunda iken, bu yapı Balçova'da değişmektedir ve dibe doğru inildikçe nanoplankton klorofil *c*'sinin yerini pikoplankton klorofil *c*'si almaktadır. Ondrusek ve diğ. (1991) klorofil *b*'nin öfotik zonda en çok artış yapan ve bol dağılan pigment olduğunu belirtmektedir. Ancak İzmir Körfezi'nde bu özellikleri gösteren pigment klorofil *c*'dir. Karotenoid konsantrasyonuna en önemli katkıyı sağlayan boy grubu yine nanoplanktondur. Bu durumun dışına sadece Bostanlı dip ile Balçova orta derinlik suyunda çıkılmıştır. Pikoplankton karotenoidi Bostanlı'da dip suyunda baskın iken, Balçova'da orta derinlikte baskındır. Fitoplankton boy gruplarının dikey değişimi incelendiğinde Meles, Bayraklı ve Bostanlı istasyonları sığ olmasına karşın yüzey ve dip suyu arasında küçük farklılıklar bulunmuştur. Yüzeyden dibe doğru -Bayraklı hariç- pikoplankton biyomasının arttığı görülmüştür. Değişim daha derin olan Balçova istasyonunda daha belirgin olarak tespit edilmiştir. Yüzeyden dibe doğru gidildikçe miktoplankton fazla değişim göstermezken nanoplankton biyoması azalmış, pikoplankton biyoması artmıştır. Bu durum pikoplanktonun düşük ışıklı yüksek nutrientli dip sularında nanoplanktonla daha iyi rekabet edebilmesinden kaynaklanmaktadır (Rambault ve diğ. 1988). Pikoplanktonun

vertikal profili birçok çalışmada çelişkilidir. Bazı çalışmalarda pikoplankton biyomasının derinlikle azaldığı belirtilirken, diğerlerinde öfotik zonun tabanına doğru arttığı belirtilmiş ve bu termoklin ya da nitratlin derinliğine ya da hücrenin az ışık tercihinine bağlanmıştır (Ignatiades ve diğ. 2002). Genel olarak büyük plankton hücreleri nutrient konsantrasyonlarının yüksek olduğu çalkantılı sularda baskın olma eğilimi gösterirken, küçük hücreler yenilenen azot formlarının bulunduğu tabakalı sularda önde gelirler (Barlow ve diğ. 2007). Eutrofik bir yapının görüldüğü İzmir iç körfezi'nde bu durumun miktoplanktonun gelişimine yol açacağı beklentisi oluşabilir. Ancak tersi şekilde fitoplankton komünitesinde nanoplankton baskın halde tespit edilmiştir. Bu durum miktoplanktonun yüksek yoğunluğa ulaştıktan sonra nanoplanktona göre daha hızlı batma eğilimi göstererek, ışık tarafından sınırlandırılması açıklanabilir (Thomas ve diğ. 2005). Kıyusal alanlarda pikoplanktonun toplam biyomasın % 24'ü civarında olduğu ve daha büyük hücre alanı hacim oranına sahip oldukları için ancak düşük nutrient seviyelerinde daha yarışmacı oldukları belirtilmektedir (Arin ve diğ. 2005). Bu tespitler iyileşme sürecine rağmen eutrofik koşulların devam ettiği İzmir İç Körfez'deki görece düşük pikoplankton biyomasını (klorofil *a*) açıklarken, % 24'lük oran tamamen örtüşmektedir. Düşük pikoplankton biyomasıyla ilgili bir diğer yorum ise otlama baskısıyla ilgilidir. Seoane ve diğ. (2006) büyük alglerin mesozooplanktonun otlama baskısını ortadan kaldırdığını çünkü onların büyüme hızlarının otlayıcılarıninkinden daha fazla olduğunu, pikoplankton ile otlayıcılarının büyüme hızlarının ise birbirine yakın olduğundan otlama baskısının pikoplankton biyomasını etkilediğini belirtmiştir. Her ne kadar klorofil *a* içeriği açısından nanoplanktonun yarısı seviyelerinde pigment buldursa da klorofil *b* içeriği olarak hemen hemen ona eşit miktarda pigmente sahiptir. Klorofil *c* içeriği ise klorofil *a* içeriğinden oldukça yüksektir. Bu durum temel bileşenler analizinde de ortaya konmuştur ve pikoplankton pigmentleri toplam biyomas içinde ikinci sırada olmalarına rağmen değişimlerden en fazla sorumlu olan pigment olarak tespit edilmiştir. Geçtiğimiz son yirmi yıl içinde dünya okyanuslarının birincil üreticisi olarak pikoplanktonun önemi gözler önüne serilmiştir. Pikoplankton sadece pelajik besin zincirinin önemli bir bileşeni olmayıp, biyojeokimyasal çevrim içinde de önemli bir rol oynamaktadır (Liu ve diğ. 2004). Ondrusek ve diğ. (1991) klorofil *b* içeren yeşil alglerin daha önce fitoplankton dağılımıyla ilgili yapılan bir çok tanımlamada göz ardı edildiğini, küçük boylarının (genel olarak $\leq 3 \mu\text{m}$) onların öneminin eksik değerlendirilmesine neden olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada $\leq 3 \mu\text{m}$ boya sahip algler de sınıflandırılarak biyomas içindeki önemleri vurgulanmıştır. Çalışmada dikkat çeken bir diğer nokta toplam klorofil *c* ortalamasının klorofil *a* ortalamasından oldukça yüksek oluşudur. Değerler arası fark bu kadar fazla olmasa da arazi çalışmaları 2003 yılında gerçekleştirilen bir diğer iç körfez çalışmasında da durum benzerdir (TÜBİTAK 2006). Pigment/klorofil *a* oranlarının ışık ve nutrient koşullarıyla ilişkili olarak çeşitlilik gösterebileceği bildirilmiştir (Lohrenz ve diğ. 2003). Büyük Kanal Projesinin devreye girişinden üç yıl sonra, 2003 yılında, klorofil *a* konsantrasyonunun biraz üstünde tespit edilen klorofil *c*

değerlerinin bugün klorofil a konsantrasyonundan oldukça yüksek bulunması nutrient rejimi büyük ölçüde değişen İzmir Körfezi'nde fitoplankton komünitesinin bir uyumu olarak değerlendirilebilir.

Teşekkür

2007/SÜF/015 numaralı proje kapsamında sağladığı ekonomik destekten dolayı Ege Üniversitesi Rektörlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Ansotegui, A., J. M. Trigueros and E. Orive. 2001. The use of pigment signature to assess phytoplankton assemblage structure in estuarine waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52: 689-703.
- Arin, L., M. Estrada, J. Salat and A. Cruzado. 2005. Spatio-temporal variability of size fractional phytoplankton on the shelf adjacent to the Ebro river (NW Mediterranean), *Continental Shelf Research* 25 1081-1095 p.
- Barlow, R., V. Stuart, V. Lutz, H. Sessions, S. Sathyendranath, T. Platt, M. Kyewalyanga, L. Clementson, M. Fukasawa, S. Watanabe, E. Devred. 2007. Seasonal pigment patterns of surface phytoplankton in the subtropical southern hemisphere. *Deepsea Research part I* 54: 1687-1703.
- Bel Hassen, M., Z. Drira, A. Hamza, H. Ayadi, F. Akrouf and H. Issaoui. 2008. Summer phytoplankton pigments and community composition related to water mass properties in the Gulf of Gabes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 77: 615-656.
- Bizsel, N., H.A. Benli and C. Bizsel. 2001. A synoptic study on the phosphate and phytoplankton relationship in the hypereutrophic İzmir Bay (Aegean Sea), *Turk. J. Engin. Environ. Sci* 25: 89-99 p.
- Dandonneau, Y., Y. Montel, J. Blanchot, J. Giraudeau and J. Neveux. 2006. Temporal variability in phytoplankton pigments picoplankton and coccolithophores along a transect through the North Atlantic and tropical southwestern Pacific. *Deep Sea Research Part I*, 53: 689-712.
- Gencay, H.A. and B. Büyüksık. 2004. Effects of sewage outfall on phytoplankton community structure in İzmir Bay (Aegean Sea), *E.U Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* volume 21, issue(1-2), 107-111
- Ignatiades, L., S. Psarra, V. Zervakis, K. Pagou, E. Souvermezoglou, G. Assimakopoulou and O. Gotsis-Skretas. 2002. Phytoplankton size-based dynamics in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean), *Journal of Marine Systems* 36: 11-28.
- Kaymakçı, A., U. Sunlu, O. Egemen. 2001. Assessment of nutrient pollution caused by land based activities in İzmir Bay; Turkey. *Options Mediterranennes Serie A/n44*.
- Kocatas, A., Z. Ergen, T. Katagan, T. Koray, B. Büyüksık, S. Mater, I. Ozel, O. Ucal and M. Onen. 1988. Effects of pollution on the benthic and pelagic ecosystems of İzmir Bay (Turkey) *Map Technical Reports Series* No:22.
- Kükrer, S. and H. Aydın. 2006. Investigation of temporal changes of phytoplankton in Karsiyaka Yacht Port (İzmir Inner Bay) (in Turkish) *E.U Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* volume volume 23 issue (1-2) 139-144 s.

- Kwan Wong, C., C. Kim Wong. 2003. HPLC pigment analysis of marine phytoplankton during a red tide occurrence in Tolo Harbour, Hong Kong. *Chemosphere*, 52 : 1633-1640.
- Lemaire, E., G. Abril, R. Wit and H. Etcheber. 2002. Distribution of phytoplankton pigments in nine European estuaries and implications for an estuarine typology. *Biogeochemistry*, 59: 5-23.
- Liu, H., K. Suzuki and H. Saito. 2004. Community structure and dynamics of phytoplankton in the western subarctic Pacific Ocean: a synthesis. *Journal of Oceanography*, 60: 119-137.
- Lohrenz, S.E., C.L. Carroll, A.D. Weidemann and M. Tuel. 2003. Variations in phytoplankton pigments, size structure and community composition related to wind forcing and water mass properties on the North Carolina inner shelf. *Continental Shelf Research*, 23 :1447-1464.
- Lopez-Florez, R., D. Boix, A. Badosa, S. Brucet and X. D. Quintana. 2006. Pigment composition and size distribution of phytoplankton in a confined Mediterranean salt marsh ecosystem. *Marine Biology* 149: 1313-1324.
- Ondrusek, M. E., R. R. Bidigare, S.T. Sweet, D. A. Defrettas and J. M. Brooks. 1991. Distribution of phytoplankton pigments in the North Pacific ocean in relation to physical and optical variability. *Deep Sea Research* 38: 243-266.
- Porra, R.J., E.E. Pfündel and N. Engel. 1997. Metabolism and function of photosynthetic pigments in Phytoplankton Pigments in *Oceanography. UNESCO*. 85-126.
- Raimbault, P., I. Taupier-Letage and M., Rodier. 1988. Vertical size distribution of phytoplankton in the western Mediterranean Sea during early summer, *Marine Ecology- Progress Series* 45: 153-158.
- Rodriguez, F., M. Zapata, J.L. Garrido. 1998. High performance liquid chromatographic separation of chlorophyll c forms from marine phytoplankton on octylsilica bonded phases. *Chromatographia*, 48 no: 9/10.
- Roy, R., A. Pratihary, G. Mangesh and S.W.A. Naqvi. 2006. Spatial variations of phytoplankton pigments along the southwest coast of India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 69: 189-195.
- Sabeta, L., A. Fiocca, L. Margheriti, F. Vignes, A. Basset, O. Mangoni, G. Carlo Carrada, N. Ruggieri and C. Ianni, 2005. Body Size- abundance distributions of nano- and micro phytoplankton guilds in coastal marine ecosystems, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 63: 645-663.
- Seoane, S., A. Laza and E. Orive. 2006. Monitoring phytoplankton assemblages in estuarine waters: The application of pigment analysis and microscopy to size-fractionated samples. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67: 343-354
- Silva, A., C.R. Mendes, S. Palma and V. Brotas. 2008. Short-time scale variation of phytoplankton succession in Lisbon bay (Portugal) as revealed by microscopy cell counts and HPLC pigment analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79: 230-238.
- Strickland, J.D.M. and T.R. Parsons. 1972. *A Practical Handbook Of Sea Water Analysis Bulletin 167*, Fisheries Res. Board Of Canada, Ottawa.
- Thomas, C.M., R. Perissinotta and I. Kibirige. 2005. Phytoplankton biomass and size structure in two south African eutrophic, temporarily open/closed estuaries. *Estuarine, Coastal And Shelf Science* 65, 223-238 p.
- TUBİTAK, 2006. Effects of Activating Big Channel Project on sub-trophic levels in İzmir Bay. *Environment, Atmosphere, Earth and Marine Sciences Research Group*. 102Y116 project report.
- Wood, R.D., 1975. *Hydrobotanical Methods*. University Of Park Press, London 173 p.