

İzmir Körfezi'ndeki Bazı Balık Çiftliklerinin Sucul Çevreye Etkilerinin Araştırılması

Mehmet Aksu

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, 35100 Bornova, İzmir
E mail: mehmet.aksu@ege.edu.tr

Abstract: Investigation of the Impacts of some fish farms on marine environment in the Izmir Bay. Cage aquaculture has developed rapidly since mid 1980's in Turkish Coasts. Rapid and uncontrolled development brought about environmental problems. In the present study, to determine environmental impacts of three fish farms on water column and sediment environment; water and sediment samplings were carried out at two stations, one near net cages and the other one situated away from the cages on each farm between June 2001 – May 2002 on a monthly basis. Temperature, dissolved oxygen, pH, salinity, secchi disc depth (transparency), nutrients (nitrite, nitrate, ammonium and phosphate), chlorophyll-a values of water samples and organic carbon values of sediment samples were investigated. In conclusion, it was found that each of the fish farms affected the marine environment in a negative way and although the first fish farm in the Balıklıova Village was situated in a less protected cove compared to the other two farms, its effects were more apparent due to wrong feeding strategies and low depth of the area where the fish farm was situated.

Key Words: Aquaculture, net cage, environmental impact, water quality, sediment.

Özet: Türkiye kıyılarında ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği 1980'lerin ortalarından itibaren büyük ivme kazanmıştır. Hızlı ve plansız gelişim çevresel sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu çalışmada, İzmir Körfezi'nin farklı bölgelerinde ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği yapan üç işletmenin su kolonu ve sediment ortamlarında yol açtıkları çevresel etkileri belirlemek amacı ile Haziran 2001 ile Mayıs 2002 tarihleri arasında, her çiftlikte biri kafeslerin kurulu olduğu alanda, diğeri ise kafeslerin açığına seçilen 2 istasyondan aylık periyotlar ile su ve sediment örneklemeleri yapılmış, berraklık ise secchi diski ile ölçülmüştür. Alınan su örneklerinde sıcaklık, çözülmüş oksijen, pH, tuzluluk, berraklık, klorofil-a, besleyici elementler (nitrit, nitrat, amonyum ve fosfat) ile sediment örneklerinde organik karbon değişimleri incelenmiştir. Çalışma sonunda, üç balık çiftliğinin de sucul çevreyi olumsuz yönde etkilediği, Balıklıova Köyü mevkiinde yer alan balık çiftliğinin, diğer iki çiftliğe göre daha az korunaklı bir koyda faaliyet göstermesine rağmen, yanlış besleme stratejileri ve çiftliğin kurulu olduğu koyda derinliklerin düşük olmasından dolayı sucul çevre üzerindeki etkilerinin daha belirgin olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akuakültür, ağ kafesler, çevresel etki, su kalitesi, sediment.

*Bu çalışma Ege Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığı'nın 2001/SUF/002 nolu projesi ile desteklenen doktora tez çalışmasının bir bölümüdür.

Giriş

Dünya genelinde yaşanan nüfus artışı, plansız kentleşme, hızlı ve kontrolsüz sanayileşme, denizleri etkileyen kirlenici kaynaklara karşı gerekli önlemlerin alınamayışı ve denizel kaynakların bilinçsiz ve aşırı tüketilmesi gibi nedenlerden ötürü sucul ortam ve bünyesindeki canlı kaynaklar insanoğlunun çok yönlü olumsuz tehdidinde maruz kalmıştır. Tüm bu olumsuz gelişmelerin sonucunda balıkçılık sektörü gün geçtikçe artan talepleri karşılayamaz hale gelmiştir. Yetiştiriciliğin geleneksel balıkçılıktaki bu azalmayı telafi edebileceği öngörülmüştür. Nitekim 1991 ile 2001 yılları arasında dünya ölçeğinde avcılık %7'lik bir artış gösterirken, aynı dönemde yetiştiricilik yolu ile elde edilen su ürünleri miktarı ise %128'lik bir artış göstermiştir (Alpbaz ve Hekimoğlu 2003).

Yetiştiricilik, diğer bir deyişle akuakültür "Balık, yumuşakça, eklembacaklı ve sucul bitkilerin üretilmesi" olarak tanımlanmaktadır (FAO 1990). Türkiye'de 1970'li yıllarda başlayan yetiştiricilik, 1980'lerin ortalarından itibaren deniz

balıklarının da yetiştirilmeye başlanması ile hız kazanmıştır. 2007 yılı rakamları ile yıllık toplam yetiştiricilik üretimi 139873 tona ulaşmış, 1987'de toplam balık üretiminde yetiştiriciliğin payı %0,5 iken 2007 yılında bu oran %18,1'e kadar yükselmiştir (TUGEM 2010). Üretimdeki bu artış, daha fazla alan kullanımı, daha fazla yem ve kimyasal madde kullanımı gerektiren daha yoğun ve modern yetiştirme tekniklerinin uygulanması ile gerçekleştirilmiştir. Çiftlik girdilerinin artması sistemden çıkan atık yüklerini de arttırmıştır. Yetiştiriciliği yapılan türler tarafından tüketilmeyen yemler ve dışkıları su sütununda ve sedimentte istenmeyen değişimlere neden olmuştur (Aksu 1998). Denizde, ağ kafeslerde balık yetiştiriciliğinin çevresel etkileri, yetiştirilen balık türüne, yetiştirme yöntemlerine, stok yoğunluğuna, kullanılan yemlerin türüne, alanın hidrografisine ve çiftlik yönetim uygulamalarına bağlı olarak değişim gösterir. Genel olarak, yemle birlikte kültür ortamına giren fosforun %85'i, karbonun %80-88'i ve azotun da %52-95'i yem artıkları, balık ekskresyonu ve feçesleri yolu ile çevreye yayılabilir (Wu 1995, Gowen and Bradbury 1987, Achefors and Enell 1994).

Bu çalışmanın amacı, biri yarı kapalı koyda faaliyet gösteren, 100 ton/yıl'dan daha düşük üretim kapasitesine, diğer ikisi ise kapalı koylarda faaliyet gösteren, 100 ton/yıl'dan daha fazla üretim kapasitesine sahip ağ kafes işletmelerinin su kolonu ve sediment ortamlarında yol açtıkları çevresel etkilerin karşılaştırmalı olarak belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı olarak seçilen İzmir Körfezi'nde faaliyet gösteren üç balık çiftliğinden birincisi, Gülbahçe Körfezi, Balıklıova Köyü mevkiinde, 1996 yılında faaliyete geçmiştir (Şekil 1). Tesiste çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) yetiştiriciliği yapılmaktadır. Örneklemenin yapıldığı dönemde yıllık üretim kapasitesi 60 ton, kafeslerin karadan uzaklığı yaklaşık 50 metre, ve 46 adet 5x5 m ahşap ve 4 adet 12 metre çapında dairesel kafesler mevcuttur. Kafeslerin kurulu olduğu alanda derinlik 8 metre, kafeslerin açığında belirlenen referans istasyonunda ise 16 metredir. Çiftlik yarı kapalı koyda yer almaktadır. Rüzgar ve dalga hareketlerine açıktır. Yıl içinde hakim rüzgar yönü kuzeydoğudur.

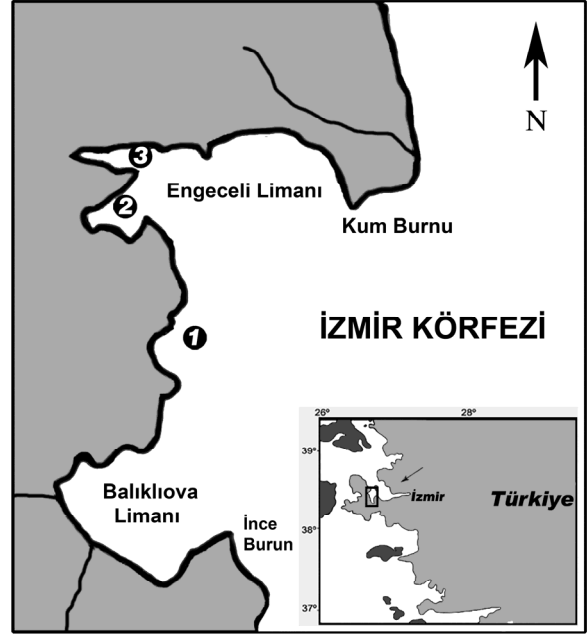
Gülbahçe Körfezi, Engeceli Limanı Körfez Mevkiinde kurulu olan ikinci çiftlik 1991 yılında faaliyete geçmiş, çiftlikte çipura ve levrek yetiştirilmekte, üretim kapasitesi ise yıllık 240 tondur. Kafeslerin karaya uzaklığı 300 metre, 30 adet 5x5 m ahşap, 37 adet 12 m çaplı dairesel kafesler mevcuttur. Kafesler Engeceli koyunun içinde konumlandırılmıştır. Dolayısı ile dalga hareketlerinin ve rüzgarların etkisinden uzaktır. Kafeslerin kurulu olduğu alanda derinlik 13 ile 23 metre arasında değişmektedir. Örneklemenin yapıldığı kafes istasyonundaki derinlik 20 metre, referans istasyonundaki derinlik ise 22 metredir.

Üçüncü çiftlik Gülbahçe Körfezi, Engeceli Limanı Çatalca Körfez Mevkiinde yer almaktadır. Üretime 1995 yılında başlanmıştır. Çipura ve levrek yetiştiriciliği yapılmaktadır. Yıllık üretim kapasitesi 160 ton, çiftliğin karaya olan mesafesi 1500 metre, 2. çiftliğe olan uzaklığı ise 800 metredir. Tesiste 30 adet 5x5 m ahşap kafesler ve 16 adet 12 m çaplı dairesel kafesler bulunmaktadır. Kafesler koyun girişinde, korunaklı bir yerde konumlandırılmıştır. Kafeslerin bulunduğu alanda derinlik 10 m, referans istasyonunda ise 23 m civarındadır.

Örnekleme çalışmaları Haziran 2001 ile Mayıs 2002 tarihleri arasında aylık periyotlar ile gerçekleştirilmiştir. Kötü hava koşulları nedeni ile Kasım, Aralık ve Nisan aylarında 3. çiftlikte, Ekim ayında da 2. çiftlikte örneklem yapılamamıştır. Her çiftlikte biri ağ kafeslerin kurulu olduğu alanda diğeri ise kafeslerin yaklaşık 200 metre açığında olmak üzere 2 istasyon belirlenmiştir. Kafeslerin açığında seçilen istasyonlar referans olarak kullanılmıştır. Kafes istasyonları K, referans istasyonları ise R harfi ile gösterilmiştir.

Istasyonlardan su örnekleri yüzey ve dip olmak üzere Nansen şişesi ile, sediment örnekleri ise Van-Veen grap yardımı ile alınmıştır. Berraklık Secchi diski ile ölçülmüştür. Alınan su örneklerinde sıcaklık ve çözünmüş oksijen tayinleri arazide, pH, tuzluluk, klorofil-a, besleyici element tayinleri ile

sediment örneklerindeki organik karbon tayinleri laboratuvarında yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışmanın gerçekleştirildiği balık çiftlikleri.

Deniz suyu sıcaklıkları termometre ile, çözünmüş oksijen tayini Winkler yöntemi ile arazide yapılmıştır. Tuzluluk tayini Mohr-Knudsen yöntemi ile, pH ölçümleri Orion 420 A pH metre ile yapılmıştır. Besleyici elementler olan nitrit azotu, nitrat azotu, amonyum azotu ve fosfat fosforu tayinleri Spectronic 21 marka spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Strickland and Parsons 1972). Klorofil-a tayininde 2 litre deniz suyu GF/C filtre kağıdından süzümüştür. Bir gün boyunca asetonda bekletilen örneklerin seyreltik asit uygulamadan önce ve sonra spektrofotometrede absorbansları ölçülmüş ve klorofil-a değerleri hesaplanmıştır (Strickland and Parsons 1972). Sedimentte organik karbon tayini Modifiye Walkley-Black Titrasyon Yöntemi ile yapılmıştır (Gaudette et al. 1974).

İstatistiksel Analizler

İzmir Körfezi'ndeki üç balık çiftliğinde Haziran 2001 ile Mayıs 2002 tarihleri arasında aylık olarak gerçekleştirilen örneklem çalışmaları sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesi yapılmıştır. Öncelikle verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov & Lilliefors testi ile sınanmıştır. Test sonucunda bazı değişkenlerin normal dağılıma uymadığı saptanmıştır ($p < 0,05$). Normal dağılıma uygunluğun sağlanması için tüm verilere logaritmik transformasyon uygulanmıştır (Koray 1998). Verilerin normal dağılıma uygunluğu sağlandıktan sonra, kafes ve referans istasyonları arasındaki istatistiksel farklılıkları belirlemek için T-testi kullanılmıştır. Üç çiftlik kafes istasyonları arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı ise ANOVA ve LSD testi ile araştırılmıştır. Üç çiftlik kafes ve referans istasyonlarında tüm değişkenlerde mevsimsel farklılıklar ANOVA ve onu

izleyen LSD testi ile araştırılmıştır. Analizlerin gerçekleştirilmesinde SPSS 10.0 ve STATISTICA 6.0 programlarından yararlanılmıştır.

Sonuçlar

Araştırma bölgesinde deniz suyu sıcaklıkları mevsimsel olarak 13,8 ile 27,2°C arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). En düşük sıcaklık Aralık ayında ikinci çiftlik referans istasyonu (2R) dip suyunda (13,8 °C), en yüksek sıcaklık ise Temmuz örneklemeğinde ikinci çiftlik kafes istasyonu (2K) yüzey suyunda (27,2 °C) ölçülmüştür. Çalışma bölgesinde pH değerleri birinci çiftlikte 7,68 – 8,13, ikinci çiftlikte 7,54 – 8,29 ve üçüncü çiftlikte 7,74 – 8,12 arasında ölçülmüştür. Tuzluluk değerleri birinci çiftlikte %33,93 - %41,54, ikinci çiftlikte %33,35 - 42,41, üçüncü çiftlikte ise %33,64 – 42,12 arasında

değişmiştir. Üç çiftlik kafes ve referans istasyonlarında çözülmüş oksijen konsantrasyonları 5,8 ile 10,0 mg l⁻¹ arasında değişmiş ve sucul canlılar için kritik değer olan 5 mg l⁻¹'nin altında çözülmüş oksijen değeri ölçülmemiştir. Sıcaklık, pH, tuzluluk ve çözülmüş oksijen değerleri için üç çiftlikte de kafes ile referans istasyonları arasında önemli istatistiksel farklar bulunmamıştır (p > 0,05). Araştırmanın yapıldığı istasyonlarda Secchi disk derinlikleri 3,15 ile 20,10 m arasında ölçülmüştür. Birinci çiftlik kafes istasyonunda tüm örneklemeelerde secchi diski deniz tabanına kadar gözlenebilmiştir. Bu yüzden kafes ile referans istasyonları arasındaki fark istatistiksel olarak değerlendirilmemiştir. İkinci çiftlik kafes ve referans istasyonları arasında Secchi diski derinlikleri açısından önemli fark saptanmıştır (p < 0,05). Üçüncü çiftlikte de kafes ile referans istasyonları arasındaki farklar önemli bulunmuştur (p < 0,01).

Tablo 1. Üç çiftlik kafes ve referans istasyonlarındaki fiziko-kimyasal değişkenlerin minimum, maksimum, ortalama ve standart hata değerleri.

Istasyonlar	Sıcaklık (°C)	pH	Secchi diski (m)	Tuzluluk (%)	ÇÖ (mg l ⁻¹)	
K1	Min-maks	14,0-27,0	7,76-8,13	6,83-7,88	33,93-41,54	6,0-10,0
	ortalama±SH	19,5±0,8	7,98±0,02	7,28±0,08	36,67±0,44	7,4±0,2
R1	Min-maks	14,5-26,0	7,68-8,10	8,10-15,75	33,93-41,54	5,8-8,4
	ortalama±SH	19,4±0,9	8,00±0,02	11,77±0,72	36,72±0,42	7,2±0,2
K2	Min-maks	14,5-27,2	7,54-8,20	3,15-8,93	33,64-40,95	6,0-8,4
	ortalama±SH	19,7±1,0	7,98±0,03	6,02±0,57	37,07±0,42	7,3±0,1
R2	Min-maks	13,8-27,0	7,60-8,29	4,73-20,10	33,35-42,41	6,0-9,2
	ortalama±SH	19,6±1,0	8,02±0,03	8,80±1,27	37,15±0,51	7,3±0,2
K3	Min-maks	15,0-26,5	7,75-8,12	3,68-9,45	33,93-42,12	6,0-7,6
	ortalama±SH	20,7±1,0	7,99±0,02	6,77±0,67	36,87±0,47	6,9±0,1
R3	Min-maks	15,0-27,0	7,74-8,12	7,88-17,85	33,64-42,12	6,0-9,2
	ortalama±SH	20,7±1,0	8,00±0,03	12,02±1,21	36,50±0,49	7,6±0,2

Besleyici elementler olan nitrit ve nitrat azotu birlikte değerlendirilmiştir. Birinci çiftlikte ölçülen en düşük nitrat+nitrit azotu değeri 0,05 µgat l⁻¹ ile Aralık ayında referans istasyonu dip suyunda, en yüksek değer ise 5,77 µgat l⁻¹ ile Haziran ayında kafes istasyonu yüzey suyundadır. Üç çiftlik kafes ve referans istasyonları ortalama (yüzey ve dip) nitrat+nitrit değişimleri Şekil 2'de verilmiştir. İkinci çiftlikte ölçülen en düşük nitrat+nitrit azotu değeri 0,04 µgat l⁻¹ ile Eylül ayında kafes istasyonu yüzey suyunda, en yüksek değer ise 4,56 µgat l⁻¹ ile Haziran ayında referans istasyonu yüzey suyundadır. Üçüncü çiftlikte ölçülen en düşük nitrat+nitrit azotu değeri 0,14 µgat l⁻¹ ile Temmuz ayında referans istasyonu yüzey suyunda, en yüksek değer ise 6,43 µgat l⁻¹ ile Ağustos ayında referans istasyonu yüzey suyundadır.

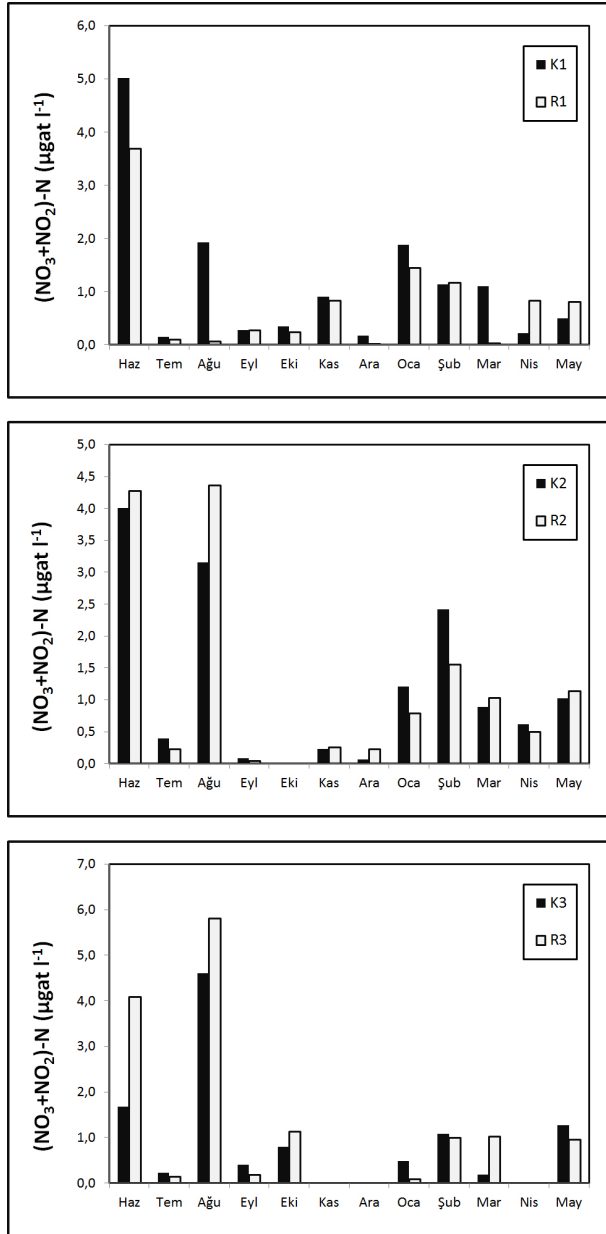
Birinci çiftlikte ölçülen en düşük amonyum azotu değeri 0,16 µgat l⁻¹ ile Aralık ayında kafes istasyonu dip suyunda, en yüksek değer ise 11,40 µgat l⁻¹ ile Ocak ayında yine kafes istasyonu dip suyundadır. Kafes ve referans istasyonları ortalama amonyum değişimleri Şekil 3'de verilmiştir. İkinci çiftlikte ölçülen en düşük amonyum azotu değeri 0,11 µgat l⁻¹ ile Nisan ayında kafes istasyonu yüzey suyunda, en yüksek değer ise 5,76 µgat l⁻¹ ile Ocak ayında kafes istasyonu dip suyundadır. Üçüncü çiftlikte ölçülen en düşük amonyum azotu değeri 0,24 µgat l⁻¹ ile Mayıs ayında kafes istasyonu dip suyunda, en yüksek değer ise 2,25 µgat l⁻¹ ile Haziran ayında yine kafes istasyonu dip suyundadır.

Birinci çiftlikte yapılan fosfat fosforu ölçümlerinde en düşük değer ölçüm sınırlarının altında (ösa) olduğundan saptanamamıştır. En yüksek fosfat fosforu değeri ise 0,87 µgat l⁻¹ ile Haziran ayında kafes istasyonu yüzey suyundadır. Kafes ve referans istasyonları ortalama fosfat değişimleri Şekil 4'de verilmiştir. İkinci çiftlikte ölçülen en düşük fosfat fosforu değeri 0,06 µgat l⁻¹ ile Temmuz ayında referans istasyonu dip suyunda, en yüksek değer ise 0,87 µgat l⁻¹ ile Şubat ayında kafes istasyonu yüzey suyundadır. Üçüncü çiftlikte ölçülen en düşük fosfat fosforu değeri 0,07 µgat l⁻¹ ile Eylül ve Ekim aylarında kafes istasyonu yüzey ve dip suyunda, en yüksek değer ise 1,20 µgat l⁻¹ ile Şubat ayında referans istasyonu dip suyundadır.

Bu çalışmada ölçülen besleyici element değerleri ile daha önce yapılmış çalışmalarda bulunan değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Birinci çiftlikte yapılan klorofil-a ölçümleri sonucunda en düşük değer ölçüm sınırlarının altında kalmıştır. En yüksek değer ise 2,56 µg l⁻¹ ile Temmuz ayında kafes istasyonu yüzey suyunda ve Ağustos ayında referans istasyonu dip suyunda saptanmıştır. Kafes ve referans istasyonları ortalama klorofil-a değişimleri Şekil 5'de verilmiştir. İkinci çiftlikte yapılan klorofil-a ölçümleri sonucunda en düşük değer 0,07 µg l⁻¹ ile Nisan ayında referans istasyonu dip suyunda, en yüksek değer ise 3,36 µg l⁻¹ ile Ağustos ayında kafes istasyonu dip suyunda saptanmıştır. Üçüncü çiftlikte yapılan klorofil-a

ölçümleri sonucunda en düşük değer $0,07 \mu\text{g l}^{-1}$ ile Mart ayında kafes istasyonu dip suyunda, referans istasyonu yüzey suyunda ve Mayıs ayında referans istasyonu yüzey suyunda, en yüksek değer ise $4,59 \mu\text{g l}^{-1}$ ile Şubat ayında referans istasyonu dip suyunda saptanmıştır.

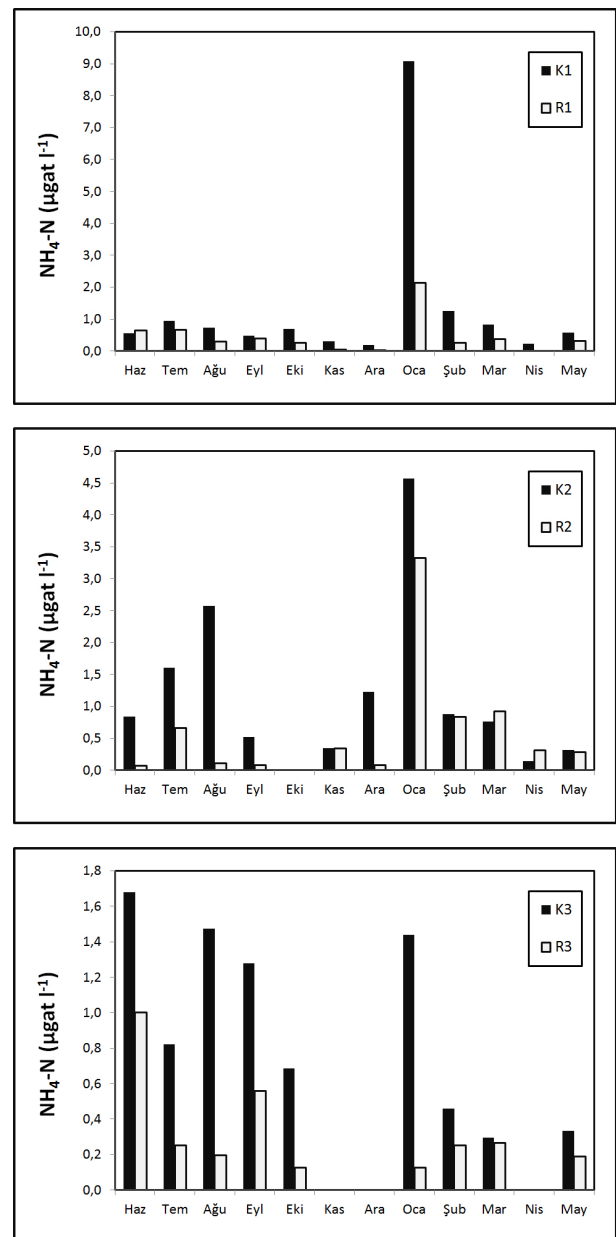


Şekil 2. Üç çiftlikte ortalama (yüzey-dip) NO_3+NO_2 konsantrasyonlarının aylık değişimleri.

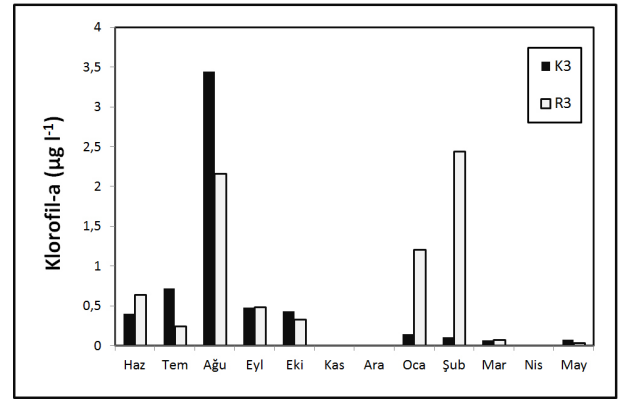
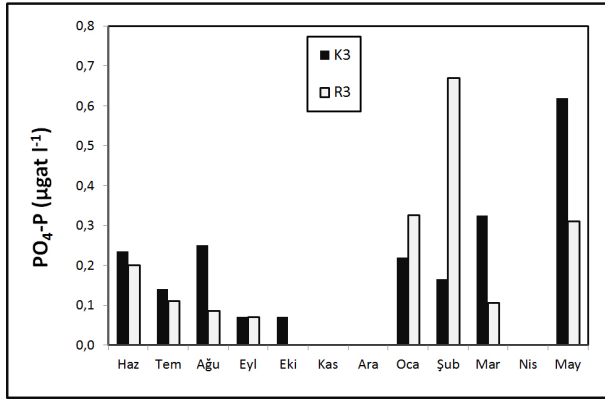
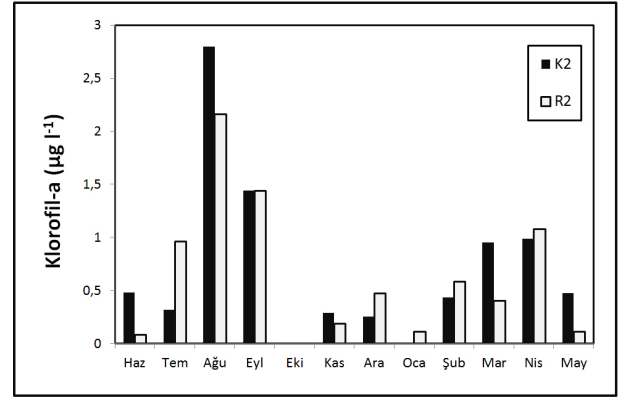
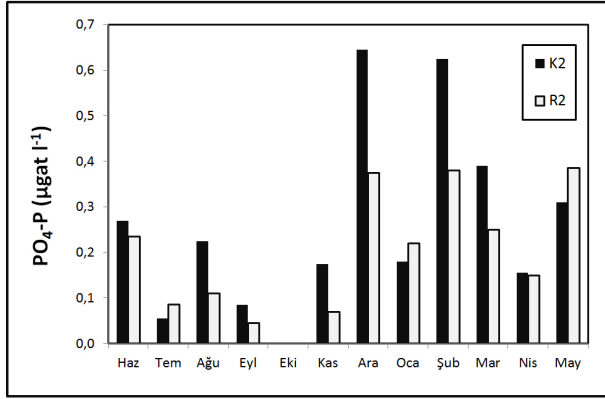
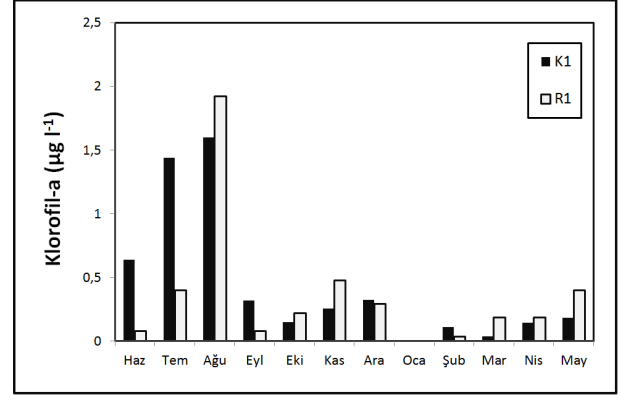
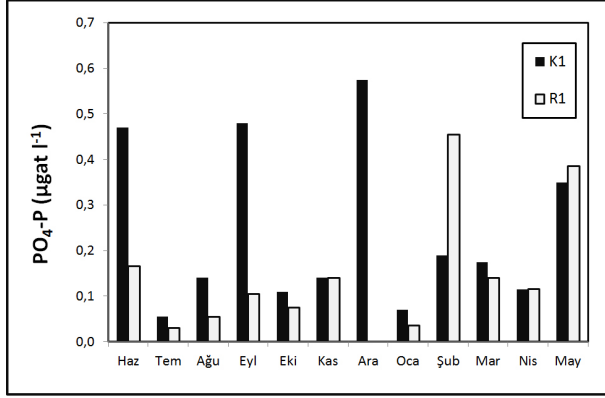
Üç çiftlikte ölçülen klorofil-a değerleri daha önce yapılmış çalışmalar ile karşılaştırılmıştır (Tablo 3).

Birinci çiftlikte yapılan organik karbon ölçümleri sonucunda en düşük değer % 0,21 ile Ekim ayında referans istasyonunda, en yüksek değer ise 10,54 ile Ocak ayında

kafes istasyonunda saptanmıştır (Şekil 6). Organik karbon değişimleri kafes istasyonunda %2,42-10,54, referans istasyonunda ise %0,21-1,40 arasındadır. İkinci çiftlikte en düşük değer % 0,66 ile Nisan ayında kafes istasyonunda, en yüksek değer ise % 3,67 ile Mart ayında kafes istasyonunda saptanmıştır. Bu çiftlikte kafes istasyonunda karbon değerleri %0,66-3,67, referans istasyonunda ise %0,80-2,04 arasında değişmiştir. Üçüncü çiftlikte en düşük değer % 0,48 ile Ekim ayında referans istasyonunda, en yüksek değer ise 3,50 ile Mayıs ayında kafes istasyonunda saptanmıştır. Değerlerin kafes istasyonunda %2,50-3,50, referans istasyonunda ise %0,48-1,35 arasında değiştiği belirlenmiştir.



Şekil 3. Üç çiftlikte ortalama (yüzey-dip) NH_4 konsantrasyonlarının aylık değişimleri.



Şekil 4. Üç çiftlikte ortalama (yüzey-dip) PO₄ konsantrasyonlarının aylık değişimleri.

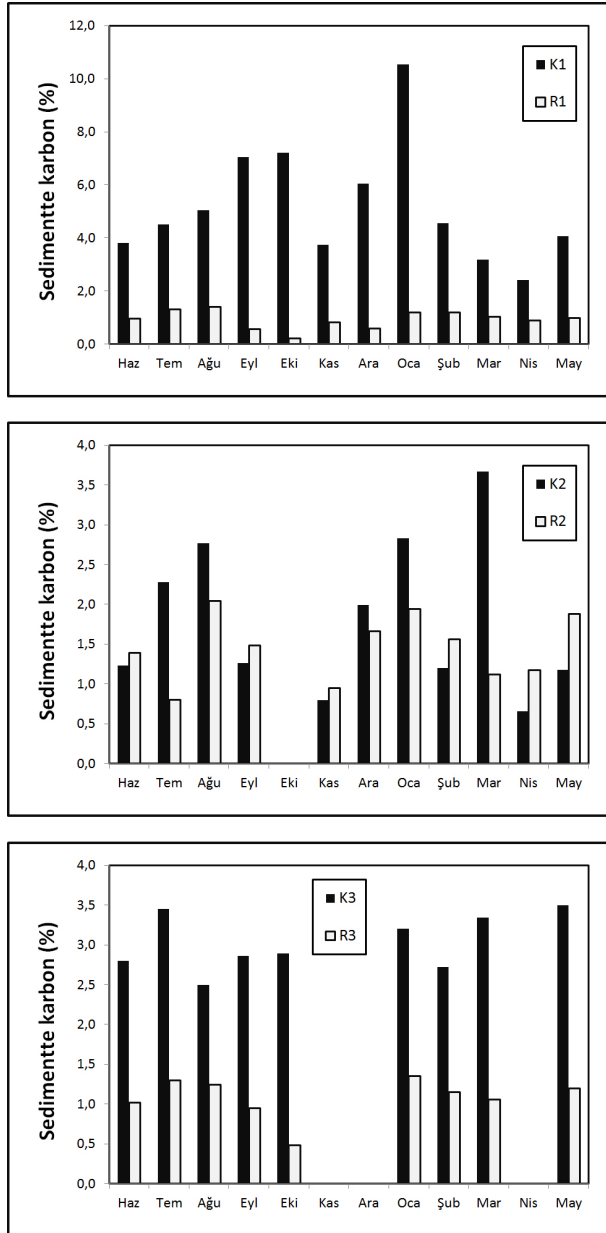
Şekil 5. Üç çiftlikte ortalama (yüzey-dip) klorofil-a konsantrasyonlarının aylık değişimleri.

Tablo 2. Üç çiftlikte ölçülen besleyici element düzeylerinin daha önce yapılmış araştırmalar ile karşılaştırılması (µgat l⁻¹).

Araştırma bölgesi	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ⁻³ -P	Referanslar
İzmir Orta Körfez		0,0-1,0		0,0-9,5	Sunlu ve diğ. 1998
İyon Denizi	0,0-0,22	0,1-2,9	0,1-3,7	0,0-0,2	Pitta ve diğ. 1999
Güllük Körfezi	0,1-1,3	0,1-2,5	0,1-3,2	0,1-0,6	Özfuçucu ve diğ. 2003
İzmir Körfezi		0,1-1,8	0,1-1,0	0,0-0,19	Küçüksezgin ve diğ. 2004
Ege Denizi, Gera Körfezi	(0,4)	0,0-6,0	0,2-5,83	(0,14)	Dimitriadis ve diğ. 2004
Siğacık Körfezi	0,0-3,25	0,1-5,1	0,0-13,5	0,0-5,5	Orçun 2004
Gülbağçe Körfezi		0,5-2,2	0,5-3,6	0,3-1,8	Koçak ve diğ. 2004
1. Çiftlik	0,1-5,77		0,2-11,4	0,0-0,9	
İzmir Körfezi 2. Çiftlik	0,0-4,56		0,1-5,76	0,1-0,9	Bu çalışma
3. Çiftlik	0,1-6,43		0,2-2,25	0,1-1,2	

Tablo 3. Üç çiftlikte ölçülen klorofil-a düzeylerinin daha önce yapılmış araştırmalar ile karşılaştırılması.

Araştırma Bölgesi	Klorofil-a ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Referanslar	
Ege Denizi, İyon Denizi	0,03-0,85	Pitta ve diğ. 1998	
Ege Denizi, İyon Denizi	0,10-1,75	Pitta ve diğ. 1999	
İzmir Körfezi (Dış Körfez)	0,02-0,69	Küçüksezgin ve diğ. 2004	
Güllük Körfezi	0,00-0,55	Özfuçucu ve diğ. 2003	
Sığacık Körfezi	0,00-1,97	Orçun 2004	
İzmir Körfezi	1. Çiftlik	0,00-2,56	
	2. Çiftlik	0,07-3,36	Bu çalışma
	3. Çiftlik	0,07-4,59	



Şekil 6. Üç çiftlikte sedimentte karbon konsantrasyonlarının aylık değişimleri.

Üç çiftlikte ölçülen sedimentte organik karbon değerleri ve diğer çalışmalarda saptanan değerler Tablo 4'de verilmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Araştırma bölgesindeki üç çiftlikte de kafes ve referans istasyonlarında ölçülen sıcaklık değerlerinin paralellik gösterdiği ve mevsimsel değişimlere uygun olarak değiştiği gözlenmiştir. Sucul ortamlarda pH düzeyleri biyolojik olaylara ve sıcaklığa bağlı olarak mevsimsel hatta günlük değişimler gösterebilir. Birinci çiftlikte pH değerleri yaz ve bahar aylarında yüksek, kış aylarında ise düşük bulunmuştur. İkinci ve üçüncü çiftlikte pH değerleri yaz aylarında yüksek, kış aylarında ise düşük bulunmuştur. İkinci çiftlikte yapılan bir çalışmada pH değerleri 7,75-8,83 arasında bulunmuştur (Koçak ve diğ. 2004). İkinci ve üçüncü çiftlik kafes ve referans istasyonlarında tuzluluk değerlerinde yaz aylarında buharlaşma ile birlikte artış gözlenmiştir. Birinci çiftlik kafes istasyonu yüzey suyunda ise kış aylarında da akıntı hareketlerine ve dolayısı ile vertikal ve horizontal su kütlelerinin karışımına bağlı olarak yüksek tuzluluk değerleri kaydedilmiştir. İkinci çiftlikte yapılan mevsimsel çalışmalarda bu çalışmada ölçülen tuzluluk değerlerine benzer değerler bildirilmiştir: Tuzluluk değerlerini Koçak ve diğ. (2004) %40,1-41,7, Yücel Gier ve diğ. (2004) %38,79-39,57 arasında ölçmüşlerdir.

Çalışma bölgesindeki tüm istasyonlarda yaz aylarında yüksek sıcaklığa bağlı olarak çözülmüş oksijen değerleri de düşüktür. Sıcaklığın düşmesi ile birlikte çözülmüş oksijen değerleri de artış göstermiştir. Kafes ve referans istasyonları arasında önemli farklar saptanmamıştır. Koçak ve diğ. (2004) ikinci çiftlikte yaptıkları araştırmada çözülmüş oksijen değerlerini kafes istasyonunda 4,65-7,37 mg l⁻¹ arasında ölçmüşlerdir. En düşük değer yaz örneklemede ölçülmüştür. Araştırmacıların kafes istasyonunda 4,65 mg l⁻¹ olarak ölçtükleri en düşük değer bu çalışmada saptanan değerden (6,00 mg l⁻¹) daha düşüktür. Orçun (2004), Sığacık Körfezi'nde kurulu bir çiftlikte yaptığı ölçümlerde çözülmüş oksijen değerlerini 5,91-11,00 mg l⁻¹ arasında bulmuştur. Güllük Körfezi, Salih Adası civarında kurulu çiftliklerde yapılan araştırmada ise çözülmüş oksijen değerleri 4,6-10,4 mg l⁻¹ arasında ölçülmüştür (Özfuçucu ve diğ. 2003).

İkinci ve üçüncü çiftliklerde kafes ve referans istasyonları secchi disk değerleri arasında önemli farklar saptanmıştır. Üç çiftlik kafes istasyonları arasında ise secchi disk değerleri açısından istatistiksel olarak fark saptanmamıştır. İzmir Körfezi'nde yapılan bir çalışmada secchi disk derinliği iç körfezde karasal kaynaklı kirlenmeye bağlı olarak 2-4 m, dış körfezde ise 10-22 m arasında ölçülmüştür (Pazı ve Öztürk 2004). İkinci ve üçüncü çiftlik kafes istasyonlarında ölçülen secchi disk değerleri İzmir iç körfez değerlerine yakındır.

Birinci çiftlikte en yüksek nitrat+nitrit azotu konsantrasyonları Haziran ve Ağustos aylarında kafes istasyonunda saptanmıştır. Ocak ayındaki artışlar bölgede görülen yağışlar ile açıklanabilir (Ocak ayı toplam yağış miktarı 84,3 mm)(DMİ 2004). Yaz aylarında birinci çiftlikteki istasyonlarda görülen dalgalanmalara benzer değerler ikinci çiftlikte de saptanmıştır. Ocak ayında yağışların da etkisi ile nitrat azotu değerlerinde artış gözlenmiştir. Şubat ayında nitrifikasyonun etkisi ile nitrat+nitrit azotu değeri kafes istasyonunda 4,06 $\mu\text{gat l}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Üçüncü çiftlikte yaz aylarında, Haziran ayında kafes istasyonunda ölçülen düşük değer hariç diğer iki çiftlikte gözlenen değerlere benzer konsantrasyonlar saptanmıştır. Kafes ile referans istasyonunda ölçülen değerler Haziran hariç paralellik göstermektedir. Araştırma sonunda çiftlikler ve kafes ile referans istasyonları arasında nitrat+nitrit azotu için önemli fark olmadığı saptanmıştır. Mevsimsel farkların da istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır.

Sıcaklığın artması ile yemlemenin de arttığı yaz aylarında, özellikle Temmuz ve Ağustos döneminde birinci çiftlik kafes istasyonu yüzey suyunda amonyum azotu değerleri referans istasyonuna göre daha yüksek düzeyde ölçülmüştür. İstatistiksel olarak da iki istasyon yüzey suları arasında fark olduğu saptanmıştır. Ocak ayında kafes istasyonunda kaydedilen yüksek değerler o ayda görülen yağışlara bağlanabilir. İkinci çiftlikte yaz aylarında kafes istasyonunda amonyum azotundaki artışlar çiftlik aktivitelerinden kaynaklanmaktadır. Ocak ayında bölgede görülen yağışlar ile birlikte amonyum değerlerinde de artışlar kaydedilmiştir. Verilerin istatistiksel açıdan değerlendirilmesi sonucunda kafes ile referans istasyonları arasında önemli farklılık saptanmamıştır. Üçüncü çiftlikte Haziran-Eylül ayları arasındaki dönemde balık boşaltımı ve yem artıkları nedeni ile kafes istasyonu amonyum azotu konsantrasyonları referans istasyonuna göre daha yüksek ölçülmüştür. T-testi sonuçları da iki istasyon yüzey suları arasında önemli fark olduğunu göstermektedir. Üç çiftlik

değerleri birbirileri ile karşılaştırıldığında ise önemli farklar bulunmamıştır.

Fosfat fosforu konsantrasyonu Haziran ve Eylül aylarında birinci çiftlik kafes istasyonu yüzey suyunda çiftlik aktivitelerine bağlı olarak referans istasyonundan yüksek bulunmuştur. İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda iki istasyonun yüzey suyu arasında önemli fark olduğu belirlenmiştir. İkinci çiftlikte Ağustos ayında kafes istasyonunda fosfat fosforu referans istasyonuna göre daha yüksektir. Koçak ve diğ. (2004) aynı çiftlikte yaptıkları ölçümlerde kafes istasyonunda en yüksek fosfat fosforu değerini kış periyodunda 1,47 $\mu\text{gat l}^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Yıllık ortalamalar göz önüne alındığında iki istasyon arasında önemli istatistiksel fark olmadığı saptanmıştır. Üçüncü çiftlikte yaz aylarında çiftlik aktivitelerine bağlı olarak kafes istasyonu yüzey suyunda fosfat değerleri referans istasyonuna göre daha yüksek bulunmuştur. Yıllık değişimlerin göz önüne alındığı istatistiksel analizler sonucunda ise kafes ile referans istasyonları arasında önemli fark olmadığı belirlenmiştir. Çiftlikler arasında fosfat fosforu değerleri için önemli farklılık bulunmamıştır. İkinci çiftlik referans istasyonunda mevsimsel değişimlerin de istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır.

Üç çiftlikteki nitrat+nitrit değerleri de İzmir Körfezi'nde yapılan çalışmada (Küçüksezgin ve diğ. 2004) bulunan dış körfez değerlerinden yüksektir (Tablo 2). Ayrıca, İzmir Orta Körfez, Güllük Körfezi, Gülbahçe Körfezi (Koçak ve diğ. 2004) ve Ege Denizi'nde (Pitta ve diğ. 1999) yapılan çalışmalarda bulunan değerler de bu çalışmada bulunan değerlerden düşüktür. Gera Körfezi'nde kurulu çiftliklerde (Dimitriadis ve diğ. 2004) bulunan değerler ile ise benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada ölçülen amonyum azotu değerleri de İzmir Körfezi'nde bulunan değerlerden yüksektir. En yüksek konsantrasyonların saptandığı birinci çiftlikteki değerler, Sığacık Körfezi'nde yapılan çalışmada bulunan değerlere yakındır. Fosfat fosforu değerleri de İzmir dış körfez istasyonlarında bulunan değerlerden yüksek ölçülmüştür.

Tablo 4. Karbon düzeylerinin daha önce yapılmış araştırmalar ile karşılaştırılması.

Araştırma Bölgesi	Organik karbon (%)	Referanslar
İyon Denizi	0,10-5,52	Voutsinou-Taliadouri 1998
Ege Denizi	0,20-0,77	Friligos ve diğ. 1998
İzmir Orta Körfez	0,53-2,10	Sunlu ve diğ. 1999
Güllük Körfezi	0,09-8,68	Özfuçucu ve diğ. 2003
İzmir İç Körfez	1,12-2,41	
İç Körfez (Liman)	2,63-3,39	Sunlu ve diğ. 2008
	1. Çiftlik	
	2. Çiftlik	
	3. Çiftlik	
İzmir Körfezi	0,21-10,54	
	0,66-3,67	Bu çalışma
	0,48-3,50	

Klorofil-a, fotosentetik fitoplankton biyokütlesinin bir ölçüsü olup, sıcaklığa güneş ışığına ve besleyici elementlere bağlı olarak değişim gösterir. Akdeniz gibi ılıman bölgelerde fitoplankton çoğalması ilkbahar ve sonbaharda en yüksek değerlere ulaşır. Yazın ise tabakalaşmanın etkisi ile yüzeyde nütrient tükenmesi sonucu artan ışık miktarına karşın büyümede de düşüş görülür. Bununla birlikte, balık çiftliklerinden sucul ortama nütrient girdisi süreklidir ve yaz aylarında su sıcaklığına bağlı olarak artan yemleme sonucu maksimum değerlere ulaşır

(Pitta ve diğ. 1999, Karakassis 2001). Bu çalışmada her üç çiftlikte de en yüksek klorofil-a değerleri yaz aylarında ölçülmüştür. Birinci çiftlikte en yüksek klorofil-a konsantrasyonu Temmuz ayında kafes istasyonu yüzey suyunda ölçülmüştür. Besleyici elementler ise düşüktür. Referans istasyonunda klorofil-a değeri daha düşük bulunmuştur. Diğer aylarda klorofil-a değerleri düşük düzeydedir. Kafes istasyonunda mevsimsel değişimlerin istatistiksel olarak da önemli olduğu saptanmıştır. Kafes ile referans istasyonları arasında istatistiksel olarak

önemli fark bulunmamıştır. İkinci çiftlikte en yüksek klorofil-a değerleri Ağustos ayında kafes istasyonu yüzey ve dip suyunda ölçülmüştür. Ortamda besleyici element artışına bağlı olarak klorofil-a değerleri de artış göstermiş ve Ağustos ayında maksimum değerlere ulaşmıştır. Nisan ayında besleyici elementlerin kullanıldığı ve klorofil-a değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Aylık değişimler incelendiğinde, kafes istasyonu ile referans istasyonu klorofil-a konsantrasyonları arasında paralellik görülmektedir. İstatistiksel olarak da önemli fark bulunmamıştır. Üçüncü çiftlikte kafes ve referans istasyonu yüzey suyunda en yüksek konsantrasyonlar Ağustos ayında saptanmıştır. Yıllık ortalamalara bakıldığında istasyonlar arasında önemli fark olmadığı görülmektedir. Besleyici elementlerdeki artışa rağmen klorofil-a değerlerinde önemli artışlar gözlenmemesi, su değişiminin hızlı olması nedeni ile fitoplanktonun besleyici elementleri yeterince kullanamamasına bağlanabilir (Pitta ve diğ. 1999, La Rosa ve diğ. 2002, Kaymakçı-Başaran ve diğ. 2010). Aylık değişimler incelendiğinde üç çiftlikte ölçülen klorofil-a değerleri de İzmir Dış Körfez'de ölçülen değerlerden yüksektir (Tablo 3). Güllük Körfezi, Sığacık Körfezi ve Ege Denizi ile Lyon Denizi'nde kurulu çiftliklerde ölçülen klorofil-a değerleri bu çalışmada bulunan değerlerden daha düşük bulunmuştur.

Yetiştiriciliğin en belirgin etkilerinden biri artık yemlerin ve dışkıların kafeslerin altında birikmesidir. Sedimentteki organik karbon konsantrasyonları, sediment kalitesinin belirlenmesinde önemli parametrelerdendir. Çiftlik aktivitelerine bağlı olarak Haziran ayından Ekim ayına kadar birinci çiftlik kafes istasyonunda karbon değerlerinin giderek arttığı görülmektedir. Ocak ayında kafes istasyonunda ölçülen yüksek sedimentte karbon değeri muhtemelen o dönemde yemlemede iskarta balık kullanılmasıyla kaynaklanmaktadır. Örnekleme yapılan aylarda kafes istasyonu organik karbon değerleri referans istasyonu değerlerinden 2,7-34,3 kat daha yüksek çıkmıştır. İstatistiksel analizler de iki istasyon arasında önemli fark olduğunu doğrulamaktadır. Karakassis ve diğ. (2000) kafes ile referans istasyonu toplam karbon değerleri arasında 1,5-5 kat fark bulmuşlardır. İkinci çiftlikte yaz aylarında artan yemleme ile birlikte kafes istasyonunda karbon değerlerinde de artış gözlenmiştir. Temmuz ve Ağustos aylarında kafes istasyonu değerleri referans istasyonu değerlerinden sırası ile 2,9 ve 1,4 kat daha fazladır. Kış aylarında yağışlar ile birlikte gelen karasal kökenli organik yükün sedimentte birikmesi sonucu karbon konsantrasyonlarında artış görülmüştür. Yıllık ortalamalar göz önüne alındığında kafes ile referans istasyonu arasında istatistiksel açıdan önemli fark olmadığı saptanmıştır. Üçüncü çiftlikte Haziran ve Temmuz aylarında sedimentte karbon değerleri kafes istasyonunda artış göstermiştir. Yıl boyunca kafes istasyonu karbon değerleri referans istasyonu değerlerinden 2-6 kat daha yüksek bulunmuştur. İstatistiksel olarak da iki istasyon birbirinden farklı bulunmuştur. Üç çiftlik kafes istasyonu karbon değerleri arasında da önemli fark saptanmıştır. Araştırma bölgesini oluşturan üç çiftlikte ölçülen sedimentte organik karbon değerleri diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında, ikinci ve üçüncü çiftlik istasyonlarında ölçülen karbon düzeyleri Birinci çiftlik istasyonlarında ölçülen

değerlerden daha düşük olmakla birlikte İzmir İç Körfez (Sunlu ve diğ. 2008) ve Ege Denizi (Friligos ve diğ. 1998) değerlerinden daha yüksektir. Üçüncü çiftlik kafes istasyonunda ölçülen değerler, İzmir Körfezi liman istasyonunda ölçülen değerlere (Sunlu ve diğ. 2008) benzerlik göstermektedir (Tablo 4).

Sonuç olarak, üç balık çiftliğinin de kıyıya yakın koylarda kurulmasından dolayı yakın sucul çevreyi olumsuz yönde etkilediği, Balıklıova Köyü mevkiinde yer alan birinci çiftliğin, Engeceli Limanında yetiştiricilik yapan diğer iki çiftliğe göre daha az korunaklı bir koyda faaliyet göstermesine rağmen, yanlış besleme stratejileri ve çiftliğin kurulu olduğu koyda derinliklerin düşük olmasından dolayı sucul çevre üzerindeki etkilerinin daha belirgin olduğu saptanmıştır. İkinci çiftlikte yapılan bilinçli yemleme sayesinde yem kayıpları daha düşüktür. Bununla birlikte, çiftliğin yarı kapalı bir koyda yer almasından dolayı özellikle yemlemenin sıcaklığa bağlı olarak arttığı yaz aylarında kafes istasyonunda besleyici elementler ve sedimentte karbon değerleri referans istasyonuna göre daha yüksek ölçülmüştür. Üçüncü çiftliğin de sucul çevreyi olumsuz etkilediği açıktır. Çalışmanın bundan sonra yapılacak araştırmalara kaynak teşkil edeceği düşünülmektedir. Yetiştiriciliğin çevresel etkilerinin belirlenmesi ve bu etkilerin nedenlerinin saptanarak azaltılabilmesi için, izleme çalışmalarının desteklenmesi gereklidir.

Bu çalışma da göstermiştir ki yetiştiriciliğin olumsuz etkilerini azaltmanın en etkin yolu doğru yer seçimidir. Yer seçiminde dikkate alınması gereken özelliklerin başlıcaları; akıntı hızı ve yönü, derinlik ve sediment yapısıdır. Proje aşamasındaki yer seçimi ve işletme kapasitesinin ortamın taşıma kapasitesine göre belirlenmesi, yetiştiriciliğin çevresel etkilerinin ve işletmenin kendi geleceği ile ilgili risklerin azaltılmasında son derece önemlidir. Balıklar tarafından tüketilmeyen yemlerin azaltılması da çevresel etkilerin önlenmesinde önemli bir role sahiptir. Yem kayıplarını azaltmak için öncelikle yetiştiriciliği yapılan türe uygun yem üretimi sağlanmalıdır. Beslemede türlerin yem alım davranışlarına uygun yemler kullanılmalıdır. Besleme sıklığı ve zamanı da önemlidir. Balıklar gün içinde daha aktif oldukları zamanlarda beslendikleri taktirde yem kayıpları da düşük olmaktadır. Yem kayıplarını en aza indirmek için yemleme sistemleri de doğru seçilmelidir. Çoğu zaman aşırı beslemeden kaynaklanan yem kayıpları dikkatli el ile besleme sayesinde azaltılabilmektedir. Otomatik besleyiciler ise kontrol altında tutulmalıdır. Yetiştiriciliğin başta turizm olmak üzere diğer bazı sektörlerle kıyasal kaynakların kullanımı açısından sorunları vardır. Sektörler arası sorunların giderilebilmesi için Bütünsel Kıyı Yönetimi'nden yararlanmalıdır. Bütünsel Kıyı Yönetimi çerçevesinde kıyasal kaynakların çeşitli ekonomik gelişmelere tahsisi için politikalar ve yönetim mekanizmaları oluşturulmalıdır.

Kaynakça

- Achefors H., and M. Enell. 1994. The release of nutrients and organic matter from aquaculture systems in nordic countries. *J.Appl. Ichthyol.*, 225-241.
- Aksu, M. 1998. Researches on the methods of reducing environmental impacts of coastal aquaculture activities (in Turkish). Yüksek Lisans Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, 80 s.
- Alpbaz, A. ve M. Hekimoğlu. 2003. Aquaculture in Turkey and World (in Turkish), Bildiri, XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 2-5 Eylül 2003, Frat Ü. Elazığ.

- D.M.İ. 2004. Annual observation data 2001-2002, (in Turkish). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Dimitriadis, Ch., D. Koutsoubas, and G. Tsirtsis. 2004. Interactions between fish cage farming and the marine environment in Gera Bay (Aegean Sea, Eastern Mediterranean). *Rapp.Comm.int.Mer Médit.*, 37.
- FAO 1990. The definition of aquaculture and collection of statistics. *FAO Aquacult.Min.*, 7:4p.
- Friligos, N., A. Moriki, E. Sklivagou, E. Krasakopoulou, and I. Hatzianestis. 1998. Geochemical characteristics of the surficial sediments of the Aegean Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 35.
- Gaudette, H.E., W.R. Flight, L. Toner, and W. Folger. 1974. An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44 (1): 249-253.
- Gowen, R.J., and N.B Bradbury. 1987. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: A review. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 25:563-575.
- Karakassis, I. 2001. Ecological effects of fish farming in the Mediterranean. *Cahier Options Méditerranéennes*, 55:15-22.
- Karakassis, I., M. Tsapakis, E. Hatziyanni, K-N. Papadopoulou, and W. Plaiti. 2000. Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 1462-1471.
- Kaymakçı-Başaran, A., M. Aksu, and Ö. Egemen. 2010. Impacts of the Fish Farms on the Water Column Nutrient Concentrations and Accumulation of Heavy Metals in the Sediments in the Eastern Aegean Sea (Turkey). *Environ. Monit. Assess.*, 162: 439-451.
- Koçak, F., M.R. Şahin, ve G.Y. Gier. 2004. Impact of aquaculture on macrobenthic population (in Turkish). *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, Yıl:2, Sayı:3, Ulusal Su Günleri 2004, İzmir, 541-549.
- Koray, T. 1998. Biometric methods in Fisheries (in Turkish). E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:45, 2. Baskı, Bornova, İzmir, 166 s.
- Küçüksegin, F., A. Konaş., O. Altay, E..Uluturhan, ve E. Danılmaz. 2004. Overview of chemical properties of İzmir Bay. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, Yıl:2, Sayı:3, Ulusal Su Günleri 2004, İzmir, 361-370.
- La Rosa, T., S. Mirto, E. Favalaro, B. Savona, G. Sarà, R. Danavaro, and A. Mazzola. 2002. Impact on the water column biogeochemistry of a Mediterranean mussel and fish farm. *Water Research*, 36: 713-721.
- Orçun, E. 2004. Investigation of the effects of net cage aquaculture on marine environment in Şiğaçık (Seferihisar-İzmir) (in Turkish). Yüksek Lisans Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, 66 s.
- Özfuçucu, G.E., T. Katağan, Ö. Egemen, M. Önen, M.E. Çınar, B. Öztürk, F. Kırkım,, O. Özaydın, A. Doğan, E. Dağlı, M. Sezgin, A. Kaymakçı, ve U.Y. Kesici. 2003. Possible environmental impact of developing aquaculture around İkiz Adalar and Salih Islands (in Turkish). *Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müd., TAGEM/HASYÜD/2001/09/02/06*, 53 s.
- Pazı, İ. ve C. Öztürk. 2004. Measuring and evaluation of physical properties of marine water (in Turkish). *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, Yıl:2, Sayı:3, Ulusal Su Günleri 2004, İzmir, 390-397.
- Pitta, P., I. Karakassis, M. Tsapakis, and S. Zivanovic. 1999. Natural vs. mariculture induced variability in nutrients and plankton in the eastern Mediterranean. *Hydrobiologia*, 391: 181-194.
- Pitta, P., M. Tsapakis, S. Zivanovic, and I. Karakassis. 1998. Seasonal variability of water column biogeochemistry in three coastal areas in the Ionian and Aegean Seas. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 35: 284-285.
- Strickland, J.D.H., and T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of sea water analysis. *Fisheries Research Board of Canada, Bull. 167*, Ottawa, 310 p.
- Sunlu, U., M. Aksu, B. Buyukisik, and F.S. Sunlu. 2008. Spatio-Temporal Variations of Organic Carbon and Chlorophyll Degradation Products in the Surficial Sediments of İzmir Bay (Aegean Sea/Turkey). *Environ Monit Assess.*, 146:423-432.
- Sunlu, U., Ö. Egemen, ve A. Kaymakçı. 1998. Investigating impact of net cage aquaculture on water quality in Urla (in Turkish). XIV.Ulusal Biyoloji Kongresi, Bitki Fizyolojisi-Bitki Anatomisi ve Hidrobiyoloji Seksiyonları, 7-10 Eylül 1998, Samsun, Cilt II., 116-125.
- Sunlu, U., Ö. Egemen, A. Kaymakçı. ve A. Tüzen. 1999. Investigating impact of net cage aquaculture on sediment quality in Urla (in Turkish). X.Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 22-24 Eylül 1999, Adana.
- TUGEM. 2010. Production figures of aquaculture by years (1986-2007) (in Turkish). <http://www.tugem.gov.tr/>.
- Voutsinou-Taliadouri, F. 1998. Geochemical features of surface sediments along the Ionian Coasts. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 35: 304-305.
- Wu.R.S.S. 1995. The environmental impact of marine fish culture: Towards a sustainable future. *Marine Pollution Bulletin*, 31: 159-166.
- Yücel Gier, G., E. Sayın, İ. Pazı, C. Öztürk, ve S. Adaloğlu. 2004. Impact of physical properties of Engeçeli bay water and current system on fish farm (in Turkish). *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, Yıl:2, Sayı:3, Ulusal Su Günleri 2004, İzmir, 494-501.