

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**DOĞU KARADENİZ'İN KAFES BALIĞI YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN KIYISAL
ALANINDA TRIX İNDEKSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ (YOMRA ÖRNEĞİ)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Müh. Dilek FİDAN

**HAZİRAN 2011
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**DOĞU KARADENİZ'İN KAFES BALIĞI YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN KIYISAL
ALANINDA TRIX İNDEKSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ (YOMRA ÖRNEĞİ)**

Kimya Müh. Dilek FİDAN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“YÜKSEK LİSANS (ÇEVRE BİLİMLERİ)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20.05.2011
Tezin Savunma Tarihi : 17.06.2011**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ

Trabzon 2011

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Bilimleri Anabilim Dalında

Dilek FİDAN tarafından hazırlanan

**DOĞU KARADENİZ'İN KAFES BALIĞI YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN KIYISAL
ALANINDA TRIX İNDEKSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ (YOMRA ÖRNEĞİ)**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 31/05/2011 gün ve 1407 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından 17/06/2011 tarihinde yapılan sınavda**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ

Üye : Prof. Dr. Hasan Basri ŞENTÜRK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

‘Doğu Karadeniz’in Kafes Balığı Yetiştiriciliği Yapılan Kıyısal Alanında TRIX İndeksinin Değerlendirilmesi’ adlı bu alışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı’nda “yüksek lisans” tezi olarak hazırlanmıştır. Bu alışma Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü imkanları ile yürütülmüştür.

Tez süresince yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmanın planlanmasından sonuçlandırılmasına kadar yardımlarını ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ’ye, bu çalışmanın yürütülmesine imkan sağlayan enstitü müdürü sayın Dr. Atilla ÖZDEMİR’e, deniz çalışmalarında ve tez yazımı esnasında yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarıma ve enstitü elemanlarına teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi bu süreçte de beni yalnız bırakmayan canım anneme, babama, kardeşlerime, halama ve en zor dönemlerimde hep yanımda olan sevgili eşime çok teşekkür ederim.

Dilek FİDAN
Trabzon 2011

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Doğu Karadeniz’in Kafes Balığı Yetiştiriciliği Yapılan Kıyısal Alanında TRIX İndeksinin Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ’nin sorumluluğumda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.18/05/2011

Dilek FİDAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Kafes Balıkçılığı ve Karadeniz'deki Gelişimi.....	4
1.2.1. Karadeniz'in Genel Özellikleri	7
1.2.1.1. Karadeniz'in Genel Konumu.....	7
1.2.1.2. Karadeniz'in Hidrokimyasal Özellikleri	8
1.2.2. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Avantajları.....	10
1.3. Kafes Balıkçılığının Çevresel Etkileri.....	12
1.3.1. Katı ve Çözünebilir Atıklar	13
1.3.2. Balık Yetiştiriciliğinde Kullanılan Kimyasal Maddelerin Etkileri	16
1.3.3. Yabani Türler ile Çiftliklerden Kaçan Kültür Balıklarının Etkileşimleri.....	16
1.3.4. Hastalıklar ve Parazitler	17
1.3.5. Yem Olarak Kullanılan Doğal Balıklar.....	17
1.3.6. Görsel Kirlilik.....	18
1.4. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Sürdürülebilirlik	18
1.5. Kafes Balıkçılığına Çevrenin Etkisi	21
1.6. TRIX İndeksi Hesaplaması ve Ötrofikasyon Riski Skalası.....	22
1.6.1. Deniz Sistemleri İçin Trofik (TRIX) İndeks'in Tarihçesi.....	23
1.6.2. TRIX'in Değerlendirilmesi	27
1.6.3. Ötrofikasyon Risk İndeksi.....	29
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	30
2.1. Materyal.....	30
2.1.1. Örnekleme	30

2.1.2.	Araştırma Teknesi	31
2.2.	Yöntem	32
2.2.1.	Su Kolonu CTD Ölçümleri.....	32
2.2.2.	Deniz Suyunda pH Ölçümü.....	33
2.2.3.	Deniz Suyunda Çözünmüş Oksijen Ölçümü	33
2.2.4.	Deniz Suyunda Toplam Fosfor Tayini	34
2.2.5.	Deniz Suyunda Klorofil-a Tayini	35
2.2.6.	Deniz Suyunda Toplam İnorganik Azot Tayini	35
3.	BULGULAR	37
4.	TARTIŞMA.....	46
5.	SONUÇLAR	61
6.	ÖNERİLER	63
7.	KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

DOĞU KARADENİZ'İN KAFES BALIĞI YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN KIYISAL ALANINDA TRIX İNDEKSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ (YOMRA ÖRNEĞİ)

Dilek FİDAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ
2011, 70 Sayfa

Su ürünlerine talebin gelecekte artacağı ve doğal stoklardan daha fazla üretim yapılamayacağı dikkate alınır, yetiştiricilik yoluyla yapılan üretimin düzenli olarak artırılması gerektiği açıktır. Ancak bu artış bazı çevresel etkilere neden olmakta ve ötrofikasyon riski oluşturmaktadır. Bu çalışmada, bir su ürünleri yetiştiricilik işletmesinde toplam fosfor, toplam inorganik azot, klorofil-a derişimleri ve % doymuş oksijenden sapma değerleri belirlenerek TRIX İndeksi bir tam yıl olmak üzere aylık olarak hesaplanmıştır. TRIX İndeksi, yetiştiricilik yapılan alanda su kalitesinde oluşacak değişimlerin izlenerek ötrofikasyon riskinin belirlenmesi ve ortamsal hasarın tanımlanması için kullanılmıştır. Çalışmanın amacı Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Trabzon ilinin Yomra ilçesi sınırları içindeki kafes balığı yetiştiriciliği yapılan bir kıyı alanında TRIX İndeksi temel alınarak ötrofikasyon riskinin hesaplanması ve değerlendirilmesidir. Belirlenen yedi istasyondan çalışma süresince her ay su örnekleri alınmış ve elde edilen değerler (en küçük, en büyük, ortalama) şu şekilde bulunmuştur: çözünmüş oksijen (6.254-10.640-8.830±0.057 mg/L), klorofil-a (0.001-2.630-0.601±0.028 µg/L), nitrat+nitrit azotu (NO₃⁻+NO₂⁻)-N (0.098-54.040- 7.264±0.426 µg/L), amonyum azotu (NH₄⁺ -N) (0.420-45.210- 10.909±0.508 µg/L), toplam fosfat (0.100-63.496-5.006±0.503 µg/L) ve TRIX İndeksi (0.258-4.516-2.702±0.049).TRIX İndeksi değerleri bölgede iyi bir trofik düzeyi göstermekte ve birkaç istasyon dışında hiçbir istasyonda kritik değer olan 4'ün üzerine çıkmayarak oligotrofik temiz su özelliğini kanıtlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: TRIX İndeksi, Ötrofikasyon, Kafeslerde Su Ürünleri Yetiştiriciliği.

Master Thesis

SUMMARY

A RE-ASSESSMENT OF TRIX FOR TROPHIC STATUS ASSESSMENT OF THE NORTH-EASTERN COASTAL AREA OF TURKEY (YOMRA AREA)

Dilek FİDAN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Environmental Science Graduate Program

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ
2011,70 Pages

Since the ability to meet world demand for fish from natural fish stocks has reached its peak and now is declining, it is obvious that demand for fish in future can only be provided by aquaculture and should be increased every year. But this increase is causing some environmental impacts and creates the risk of eutrophication. This study is aiming at to determine Trix index through the concentrations of total phosphorus, total inorganic nitrogen, chlorophyll-a and % saturated oxygen in a full year to be calculated monthly basis at the one of the selected cage farm operating in the eastern Black Sea coast of Turkey. The index is used eutrophication status. The purpose of this study is to determine and assessment eutrophication risk based on TRIX Index of cage farm which is located at the coast of Yomra, in Trabzon at Eastern Black Sea. During the study, the water samples were taken periodically from seven chosen stations in every month. The measured data were given as following (minimum, maximum and average): dissolved oxygen (6.254-10.640-8.830±0.057 mg/L), chlorophyll-a (0.001-2.630-0.601±0.028 µg/L), nitrate+nitrite nitrogen (NO₃⁻+NO₂⁻)-N (0.098-54.040- 7.264±0.426 µg/L), ammonium nitrogen (NH₄⁺ - N) (0.420- 45.210- 10.909±0.508 µg/L), total phosphate (0.100-63.496-5.006±0.503 µg/L) and TRIX Index (0.258-4.516-2.702±0.049). TRIX Index value showed a good degree of tropic level. Obtaining smaller values than 4, which is critical value, proved that most of the stations have oligotrophic fresh water properties.

Key Words: TRIX Index, Eutrophication, Aquaculture in Cage.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Türkiye’de yıllara göre su ürünleri yetiştiricilik miktarı	6
Şekil 2.	Karadeniz’in koordinatları	8
Şekil 3.	Azot ve fosforun kütle denklığı	13
Şekil 4.	İntensif balık yetiştiriciliğinde su kolonunda atık maddelerin oluşması ve birikimi.....	14
Şekil 5.	Araştırma sahası ve istasyonlar	30
Şekil 6.	Çalışma istasyonlarının koordinatları	31
Şekil 7.	Çalışma süresince kullanılan sürat-araştırma 1 gemisi.....	31
Şekil 8.	Ölçümlerde kullanılan nansen şişesi.....	32
Şekil 9.	Ölçümlerde kullanılan CTD probu	33
Şekil 10.	İstasyonların yüzey (a), orta (b), dip (c) derinliklerindeki çözünmüş oksijen (mg/L) değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	46
Şekil 11.	İstasyonların yüzey (a), orta (b), dip (c) derinliklerindeki klorofil-a ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin aylara bağlı değişimi	49
Şekil 12.	İstasyonların yüzey (a), orta (b), dip (c) derinliklerindeki ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$)-N ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin aylara bağlı değişimi	51
Şekil 13.	İstasyonların yüzey (a), orta (b), dip (c) derinliklerindeki NH_4^+ -N ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin aylara bağlı değişimi	54
Şekil 14.	İstasyonların yüzey (a), orta (b), dip (c) derinliklerindeki toplam fosfat ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin aylara bağlı değişimi	56
Şekil 15.	İstasyonların yüzey (a), orta (b), dip (c) derinliklerindeki trofik indeks değerlerinin aylara bağlı değişimi	58

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan balık türleri.....	5
Tablo 2. Kafes yeri seçimi kriterleri	19
Tablo 3. Balık çiftliği kurulamayacak hassas alan niteliğindeki alanlara ait kriterler	20
Tablo 4. Ötrofikasyon riski skalası	22
Tablo 5. Kuzey Denizi'nin farklı alt alanlarında TRIX İndeksinin hesaplanmasına ait örnek.....	25
Tablo 6. Kuzey Denizi/ Skagerrak/Kattegat alanının alt alanlarındaki genel limitler, aralıklar ve mevsimsel TRIX değerleri.....	26
Tablo 7. İstasyonların çeşitli derinliklerindeki çözünmüş oksijen (mg/L) değerlerinin aylara bağlı değişimi	38
Tablo 8. İstasyonların çeşitli derinliklerindeki klorofil-a (µg/L) değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	39
Tablo 9. İstasyonların çeşitli derinliklerindeki (NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻)-N (µg/L) değerlerinin aylara bağlı değişimi	40
Tablo 10. İstasyonların çeşitli derinliklerindeki NH ₄ ⁺ -N (µg/L) değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	41
Tablo 11. İstasyonların çeşitli derinliklerindeki toplam fosfat (µg/L) değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	42
Tablo 12. İstasyonların çeşitli derinliklerindeki trofik indeks değerlerinin aylara bağlı değişimi.....	43
Tablo 13. Referans, çiftlik ve kıyı istasyonlarının çeşitli derinliklerindeki trofik indeks değerlerinin aylara bağlı değişimi	44
Tablo 14. Referans, çiftlik ve kıyı istasyonlarının çeşitli derinliklerindeki trofik indeks değerlerinin ortalamalarının aylara bağlı değişimi.....	44
Tablo 15. Referans, çiftlik, kıyı ve tüm istasyonlarının fiziko-kimyasal özelliklerinin ortalama, en yüksek ve en düşük değerleri.....	45

SEMBOLLER DİZİNİ

JICA	: Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı
WFD	: Avrupa Su Çerçeve Talimatı
JRC	: Ortak Araştırma Merkezi
ECJRC	: Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
GESAMP	: Birleşmiş Milletlerin Deniz Kirlenmesinin Bilimsel Yönlerinin Uzman Grubu
SKKY	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
AB	: Avrupa Birliği
CIW	: Soğuk Ara Sular
CIL	: Soğuk Ara Tabaka
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
TİN	: Toplam Çözünmüş İnorganik Azot
TP	: Toplam Fosfor
DİN	: Çözünmüş İnorganik Azot
% O	: Doygun Miktardan Sapan Mutlak Oksijen Yüzdesi
Tİ	: TRIX İndeksi
MgCO₃	: Magnezyum Karbonat
H₂SO₄	: Sülfirik Asit
NO₃⁻-N	: Nitrat-Azotu
NO₂⁻-N	: Nitrit-Azotu
NH₄⁺-N	: Amonyum-Azotu
PO₄⁻³	: Fosfat
µg/L	: Mikrogram/Litre
mg/L	: Miligram/Litre
nm	: nanometre
mm	: milimetre
mL	: mililitre
km	: kilometre

ha	: hektar
kg	: kilogram
g	: gram
m	: metreküp
°C	: Santigrat derece
%	: binde

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünya genelinde yaşanan nüfus artışı, plansız kentleşme, hızlı ve kontrolsüz sanayileşme sonucu deniz kirliliğinin artması ile birlikte, denizel kaynakların bilinçsiz ve aşırı tüketilmesi, balıkçılık sektörünün gün geçtikçe artan talepleri karşılayamaz hale gelmesine neden olmuştur. Araştırmacılar, avcılıkla elde edilebilecek balık üretiminin yılda % 1-2'den daha fazla artış gösteremeyeceğini, hatta fiziksel ve biyolojik kapasite, bozulan çevre ve avlanma giderlerindeki artışlar nedeni ile gittikçe azalacağını, yetiştiriciliğin ise geleneksel balıkçılıktaki bu azalmayı telafi edebileceğini ileri sürmüşlerdir (Muir ve Beveridge, 1994). Avcılık 1991 ile 2001 yılları arasında dünya ölçeğinde %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).

Su ürünleri sektörü protein açığının kapatılmasında oldukça önemli bir konuma gelmiştir. Dünya genelinde avcılık yoluyla sağlanan üretim 100 milyon ton civarında maksimum düzeye ulaşmışken su ürünlerinden elde edilen 50 milyon tonluk üretim toplam su ürünleri üretiminin 1/3 den fazlasını sağlamaktadır (Hoşsucu vd., 2001; Okumuş, 2000). Bu konum itibarıyla 1984'den beri her yıl %11'in üzerindeki büyümeyle, gıda sektörleri arasında en hızlı büyüyen ve gelişen sektör unvanını almıştır (FAO, 2002).

FAO istatistiklerine göre, dünya genelinde ortalama 16 kg olan kişi başına su ürünleri tüketimi AB ülkelerinde 22 kg, ülkemizde ise 8 kg civarındadır. Su ürünleri avcılığı yoluyla üretimin önemli oranda artırılamayacağı göz önüne alındığında üretim ve kişi başına tüketim büyük oranda yetiştiricilik veya kültür balıkçılığının geliştirilmesi ile artırılabilir. Çin bu üretimde en büyük paya sahiptir. Türkiye, su ürünleri üretimi açısından AB ülkeleri arasında 7. sırada, yetiştiricilik açısından 4. sırada yer almasına karşın, kişi başına düşen su ürünleri tüketimi açısından son sıralarda yer almaktadır (Savaş vd., 2006).

Su ürünleri yetiştiriciliğini ülkemizde artırmak için VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planında "su ürünlerinde sürdürülebilir üretimin artırılması amacıyla; doğal kaynakların rasyonel kullanımı sağlanacak, yetiştiricilik ve açık deniz balıkçılığı geliştirilecek, araştırma ve geliştirme faaliyetlerine önem verilecek ve kamuda etkin kurumsal bir yapının oluşturulması için gerekli düzenlemeler yapılacaktır" vurgusu yapılmaktadır. Ayrıca Tarım

ve Köyişleri Bakanlığı 2004 yılından itibaren yetiştiriciliğin geliştirilmesi amacıyla teşvik primi uygulamaya başlamıştır.

Ancak, zamanında kaynak tahsisi, rasyonel planlama ve yönetim stratejileri geliştirilemediği takdirde su ürünleri yetiştiriciliğinin hızlı gelişimi bazı problemleri de birlikte getirebilmektedir. Bu nedenle özellikle Ege kıyılarında gelişen kafes yetiştiriciliği kaynak tahsisi sınırlaması ile karşı karşıya kalmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliği ile ilgili faaliyetlerin ekonomikliği yanında çevresel etki boyutlarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu yaklaşım; çevresel dengenin korunması açısından, yetiştiriciliğin uygulama şekli, düzeyi ve akuakültür-çevre etkileşimi konusunda oldukça fazla araştırmaya ihtiyaç göstermektedir.

Su ürünleri kaynaklarının korunarak üretimin devamlılığının yanı sıra, yetiştiricilik yoluyla pazar ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik çalışmalar dünyada olduğu gibi ülkemizde de büyümekte ve önem kazanmaktadır. Yetiştiricilik alanında Türkiye’de önemli gelişmeler sağlanmasına rağmen henüz dünya ortalamasına yaklaşmamıştır. Su ürünlerine talebin gelecekte artacağı dikkate alınır, 15-20 yıl sonra avcılıkla karşılanamayan açığın yetiştiricilik yoluyla karşılanabileceği düşünülmektedir. Yetiştiricilik faaliyetlerinin sürdürülmesinde bu güne kadar karşılaşılan sorunlar dikkate alınarak sürdürülebilir koruma çerçevesinde geleceğe sağlıklı bir çevre ve üretim anlayışının bırakılması insanlığın ortak bilinci olmalıdır.

Sektörün hızlı gelişimi, yayılımı ve üretim yoğunluğunun artması ile birlikte doğal çevre ile potansiyel etkileşimler ve diğer doğal kaynak kullanıcıları ile olan çatışmalar gündeme gelmeye başlamıştır. Yetiştiriciliğin çevreye etkilerinin özellikle deniz eko sistemine yaptığı çevresel etkilerini belirlemede ilk araştırmalar salmon yetiştiriciliğinin yapıldığı Norveç, Danimarka ve İskoçya gibi Kuzey Avrupa ülkelerinde yapılmıştır. Ülkemizde ise akuakültür ve özellikle kafes balıkçılığı hızla gelişen bir sektör olmasına rağmen balık çiftliklerinin neden olabilecekleri ortamsal hasar ve ekolojik tahrip tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle yasal düzenlemeler, planlama ve yönetim kontrolleri etkin bir şekilde planlanıp uygulanmamaktadır. Bu etkiyi minimuma indirecek birçok önlem alınmaya çalışılmakta ve mevzuatta yeni düzenlemeler yapılmaktadır. Bu kapsamda önemli bir uygulama olarak Çevre ve Orman Bakanlığının 24.01.2007 tarih ve 26413 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe koyduğu ‘Denizlerde Balık Çiftliklerinin Kurulamayacağı Hassas Alan Niteliğindeki Kapalı Koy ve Körfez Alanlarının Belirlenmesine İlişkin Tebliğ’ ile bu etkinin en baştan önlenmesi ve izlenebilmesi için

TRIX İndeksi kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu indeksin hiçbir ayırım kriteri uygulanmadan tüm denizlerimiz için aynı değer olarak kullanılması bazı sorunlara neden olmaya başlamıştır.

Bu çalışmanın ana amacı, Doğu Karadeniz'in ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği yapılan kıyı alanında TRIX trofik indeksi temel alınarak ötrofikasyon riskinin hesaplanması ve değerlendirilmesidir.

Ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği, dünyada ve ülkemizde önemli ekolojik özelliklere sahip ve değişik sektörler tarafından farklı amaçlarla kullanılmak istenen koy, liman ve fiyort gibi yerlerde yapılmaktadır. Çevresel imkânlardan faydalanarak yapılan bu üretim tarzının deniz ekosistemlerinde istenmeyen etkilerinin olabileceği belirlenmiştir. Yetiştiricilik faaliyetleri sırasında kullanılan yemlerin ve kimyasal maddelerin etkileri hem ürün hem de ortamın ekolojik dengesini olumsuz yönde değiştirebilmektedir. Balık çiftliklerinde üretimin sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için kıyısız alanlarda yoğunlaşan akuakültür faaliyetlerinin çevresel etkilerinin belirlenmesi ve kapsamlı izleme çalışmalarının bir arada sürdürülmesi bir gerekliliktir. Ötrofikasyon riskinin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde uyulacak bilimsel kriter olarak TRIX (trofik) indeksi temel alınmıştır.

Yapılacak olan çalışmayla balık yetiştiriciliği yapılan çiftlikte, belirlenecek istasyonlardaki toplam fosfor, toplam inorganik azot, klorofil-a derişimleri ve % doymuş oksijenden sapma değerleri bir yıllık bir izlemeyle ortaya konulmuş ve TRIX İndeksi hesaplanmıştır. TRIX İndeksi ötrofikasyon seviyesinin ve su kalitesinin tanımlanmasında kullanılmıştır.

Çevresel etkinin saptanmasında kullanılan kriterler ve standartlar için uluslararası literatürden yararlanılacağı gibi bölge özelliklerinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çiftlik alanından alınan örneklerin yanı sıra çalışılan bölgeyi temsil edecek nitelikteki kontrol noktalarından alınan verilerle yapılan karşılaştırmalar, çevre etki değerlendirme çalışmalarının sağlıklılığı açısından önemlidir. Yapılan çalışmayla balık çiftliklerinin ve yerleşim alanlarının deniz ortamına taşıdığı besin tuzu değerleri bir yıllık bir izlemeyle ortaya konmuştur.

Bu çalışmanın diğer bir amacı da TRIX İndeksinin farklı ekolojik yapıdaki Karadeniz'e uygulanabilirliğinin araştırılmasıdır.

TRIX değerleri bazı Avrupa kıyı sularında belirlenmiştir (Pettine vd., 2007). Ancak TRIX sadece belli bir birim alanda anlamlıdır. İndeksin hesaplanmasında çalışılacak olan alanın özel değerlerinin bilinmesi gerekir. Kara kökenli azot (N) ve fosfor (P) kaynağın bu indeksi yükseltmesi mümkündür. Ülkemizde bu indekxin kullanılması 24.01.2007 tarih ve 26413 sayılı resmi gazetede yayınlanan ‘Denizlerde Balık iftliklerinin Kurulamayacağı Hassas Alan Niteliğindeki Kapalı Koy ve Körfez Alanlarının Belirlenmesine İlişkin Tebliğ’ ile başlamış olup farklı ekolojik özelliklere sahip kıyı şeridimiz için tek bir indeks değeri belirlenmiştir.

En çok sistemdeki nutrient zenginleşmesiyle artan birincil üretimle ilgili olan ötrofikasyon, ekosistemdeki organik madde oranındaki artışla ifade edilmektedir (Nixon, 1995). Nutrientce zengin dip sularının yüzeye geldiği Baltık ve Kuzey Denizi’nin kıyı kesimleri veya upwelling alanlarla karşılaştırıldığında; Akdeniz’in açıklarında birincil üretim çok düşük, Baltık Denizi’nin açıklarında ise nispeten düşüktür. Nixon (1995), fitoplankton birincil üretimine dayalı farklı ötrofikasyon seviyeleri (trofik düzey) için aşağıdaki tanımlamayı öngörmüştür (karbon olarak ölçülmüştür (C));

- Oligotrofik : < 100 g C m⁻² y⁻¹
- Mezotrofik : 100-300 g C m⁻² y⁻¹
- Ötrofik : 301-500 g C m⁻² y⁻¹
- Hipertrofik : > 500 g C m⁻² y⁻¹

Yapılan alışmada TRIX indeksi kullanılarak balık iftliklerinin olduğu alanlarda trofik düzeyin doğru olarak ayırımını yapabilmek için fiziko kimyasal (sıcaklık, akıntı hızı vs.) parametreler düzenli olarak ölçülmüştür. İzleme alışmaları esnasında balık çiftliklerinde izlenecek tüm parametreler referans olarak seçilen alandaki parametrelerle karşılaştırılmış ve kafes yetiştiriciliğinin etkileri ortaya konmaya çalışılmıştır. Karasal kaynaklı girdilerin tespiti için de dere ağzında seçilen bir istasyonda yetiştiricilik yapılan alanda belirlenecek bütün parametreler izlenmiş ve bu değerlerle karşılaştırılmıştır.

1.2. Kafes Balıkçılığı ve Karadeniz’deki Gelişimi

Türkiye, dünyadaki konumu itibariyle zengin bir su kaynakları potansiyeline sahiptir. Adalar dahil kıyı şeridi uzunluğu 8.333 km olan ülkemiz, 1 milyon hektara yakın 200 civarında doğal gle, 200.000 km²’ye yakın akarsu, 70.000 hektarlık lagün gölüne ve 3419

km²'yi aşkın baraj gölüne, 8.903 km² doğal göle ve genel toplamda 25.577.200 ha su ürünü üretim alanına sahip bulunmaktadır. Söz konusu bu alanın yaklaşık %95.48'ini denizler (24.135.000 ha), %3.52'sini doğal göller (890.300 ha), %1.35'ini baraj gölleri (341.900 ha), %0.79'unu akarsular (2.000 km²), %0.27'sini lagün gölleri (70.000 ha) ve de yaklaşık %0.04'ünü (10.000 ha) göletler oluşturmaktadır (Yıldırım ve Okumuş, 2004).

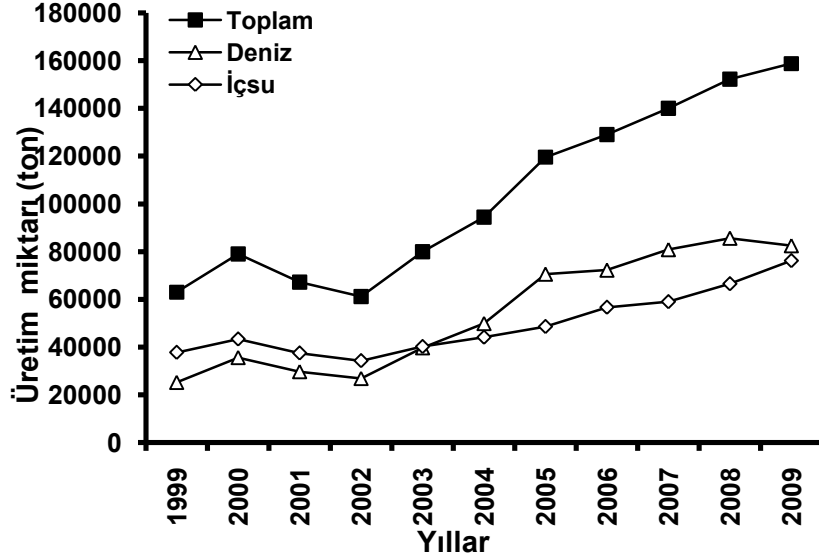
Türkiye'de ticari anlamda balık yetiştiriciliği 1970'li yıllarda gökkuşağı alabalığının iç sularda beton havuzlarda, deniz balıkları yetiştiriciliği ise 1980'li yıllarda kafeslerde başlamış ve günümüze kadar hızla gelişerek ülke ekonomisi için önemli bir sektör olmuştur. Ege kıyılarında çipura ve levrek yavru üretimi ve yetiştiriciliğinin başlaması ve Karadeniz'de kafeslerde alabalık ve salmon yetiştiriciliği girişimleri bu yıllarda gerçekleşmiştir. 1990'li yıllarda gözlenen gelişmeler iki kategori altında toplanabilir: Mevcut türlerin (alabalık, çipura ve levrek) üretiminde gözlenen artış ve yeni türlerle ilgili girişimlerde yine, Ege-Akdeniz ve Karadeniz olmak üzere iki ayrı gelişim gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, Akdeniz'de karides yetiştiriciliği çeşitli nedenlerle başarısızlıkla sona ererken, Japon Uluslararası İşbirliği Kuruluşu (JICA) destekli, Karadeniz'de kalkan balığı yetiştiriciliğinin geliştirilmesine yönelik Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı projesi yürütülmüştür. 2000'li yılların en önemli girişimi olarak ise Akdeniz ve Ege'de ton veya orkinos besiciliği ile ilgili başarılı girişimler gösterilebilir. Tüm girişimlere rağmen tür çeşitliliği artırılmamış ve 70.000 tona yaklaşan Türkiye su ürünleri yetiştiriciliğinde üretim üç tür üzerinde (alabalık, çipura ve levrek) yoğunlaşmıştır (Yıldırım ve Okumuş, 2004, Tablo 1).

Tablo 1. Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan balık türleri

Tür	Bilimsel Adı
Gökkuşağı Alabalığı	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Çipura	<i>Sparus aurata</i>
Levrek	<i>Dicentrarchus labrax</i>
Kalkan	<i>Psetta maxima</i>
Sarıkuyruk	<i>Seriola dumerili</i>
Sargoz	<i>Diplodus sargus</i>
Sivriburun karagöz	<i>Puntazzo puntazzo</i>
Sinagrit	<i>Dentex dentex</i>

Avcılıkla yapılan üretim 464.462 ton, yetiştiricilik üretimi ise 158.729 ton olarak gerçekleşmiştir. Yetiştiricilik üretiminin %48,04'ü içsularda, %51,96'sı ise denizlerde

gerçekleşmiştir. Yetiştirilen en önemli türler içsularda %47,66 ile alabalık, denizlerde %29,33 ile levrek, %17,87 ile çipura olmuştur (tuik.gov.tr., 2009). Şekil 1’de ülkemizde yıllara göre su ürünleri yetiştiricilik miktarları verilmiştir.



Şekil 1. Türkiye’de yıllara göre su ürünleri yetiştiricilik miktarı, (TÜİK).

Bölgeler itibariyle yetiştiricilikte %60’lık payla ilk sırada Ege Bölgesi gelmekte olup bunu Karadeniz, Marmara, Akdeniz ve İç Anadolu İzlemektedir. En düşük üretim %2 ile Doğu Anadolu ve %1 ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde gerçekleşmiştir.

Türkiye toplam 8400 km’lik bir kıyı şeridine sahip olup, bunun 1695 km’lik kısmını Karadeniz kıyıları oluşturmaktadır.

Ülkemizde ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği büyük oranda Ege Denizi’nde yoğunlaşmış olmasına rağmen, son yıllarda özellikle Doğu Karadeniz’de büyük ölçekli ağ kafes yetiştiriciliğine olan talebin arttığı bilinmektedir. Ancak, Karadeniz’de kıyı ve hidrografik özellikler (uygun koy ve körfezlerin olmayışı, kış aylarındaki sert deniz koşulları ve su sıcaklığının yaz aylarında aşırı yükselmesi) nedeniyle bu amaç için uygun yerler oldukça kısıtlıdır. Bu nedenle işletmeler Kefken, Sinop, Ordu - Perşembe, Trabzon - Yomra ve Rize açıkları gibi kısmen korunaklı sakin birkaç alanda kümelenmiş durumdadır. Günümüzde üretimin yaklaşık %80’i Ordu’nun Perşembe ilçesinde gerçekleştirilmektedir. Halen Perşembe’de 5, Yomra ve Rize’de ise 2’şer işletme bulunmaktadır. Perşembe’deki işletmelerde gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) diğer alanlarda ise sadece alabalık yetiştirilmektedir. Bu alanlardan özellikle Perşembe

sahilinde alanın taşıma kapasitesinin zorlandığı tahmin edilmektedir. Yomra ve Rize’de ise üretim kapasitesi artırılması yönünde girişimler mevcuttur.

Karadeniz Bölgesinde, yetiştiricilik çalışmaları ilk olarak 1990 yılında denizde ağ kafeslerde Atlantik salmonu ile başlamış daha sonra gökkuşuğu alabalığı ve levrek balığı ile sürmüştür. Buna rağmen bugün arzu edilen noktaya gelinememiştir. İlk etapta büyük bir ilgi gören ağ kafes yetiştiriciliği için Karadeniz kıyısı boyunca toplam 19270 ton / yıl kapasiteli 134 adet proje hazırlanmıştır. Ancak bunlardan 1500 ton/yıl kapasite ile 26 adet işletme üretime başlayabilmiştir (Anonim, 1992). Başlangıçta hızlı bir şekilde üretime yönelen üreticiler yetiştirme sürecinde karşılaştıkları bazı olumsuz koşullar nedeniyle yatırım isteklerini yavaşlatmışlardır. Yaz aylarında deniz suyu sıcaklığının artışı ile balık ölümlerinde büyük artışlar meydana gelmiştir. Bundan başka; işletme yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu, salmon gibi alabalık türlerine karşı tüketici alışkanlığının yeterince olmayışı ve iyi bir pazar ağının kurulamayışı denizdeki yetiştiricilik çalışmalarının başarılı olmasını engellemiştir (Rad ve Kıral, 1995).

Karadeniz’de ön etüt çalışmaları yapmadan salmon üretime başlayan birçok işletme başlangıçta hedeflenen üretim miktarlarına ulaşamamış, üretim düzenini Karadeniz koşullarına uyarlayamayan işletmeler de faaliyetlerine son vermek zorunda kalmışlardır.

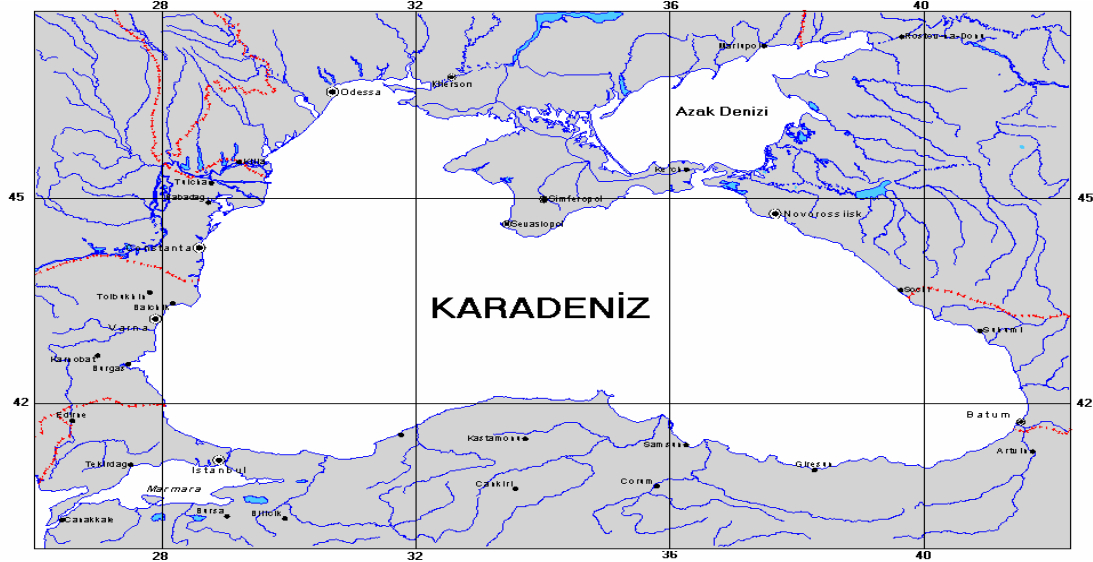
Karadeniz’de salmon yetiştiriciliği için kurulan ağ kafesler, deniz suyu sıcaklığının salmon için öldürücü sınırlar olan 22-23,5 °C’lerin üzerine yükselmesi ile salmonların yaşatılmasında karşılaşılan zorluklar nedeniyle, daha kısa sürede üretilebilen ve yaz başlangıcında pazara sunulabilen gökkuşuğu alabalığına bırakmıştır (Barton,1996). Ağ kafeslerde gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği su sıcaklığının uygun olduğu aylarda başarılı bir şekilde sürdürülmektedir.

1.2.1. Karadeniz’in Genel Özellikleri

1.2.1.1. Karadeniz’in Genel Konumu

Karadeniz, Avrupa ve Asya kıtalarının birbirine yaklaştığı bir bölgede, 40° 55’ ve 46° 32’ kuzey enlemleriyle, 27° 27’ ve 41° 42’ doğu boylamları arasında yer alır (Şekil 2). Dünya’nın en büyük kapalı iç denizidir ve İstanbul Boğazı gibi dar bir koridor vasıtasıyla güneyde Marmara Denizi ile Kerch Boğazı yoluyla kuzeyde Azak Denizi ile birleşir. Karadeniz’in yüzey alanı 423.000 km²’dir. Maksimum ve ortalama derinlikleri sırasıyla,

2200 ve 1240 m'dir (Ross vd., 1974; Zenkevich, 1963). Kuzey – Batı Karadeniz hariç sığ bölgeler dardır. Derinliği 200m'yi geçmeyen bölgeler toplam alanın %27'sini oluşturur ve daha çok Kuzey-Batı Karadeniz'de bulunur.



Şekil 2. Karadeniz'in koordinatları

Hacmi 547.000 km³'tür. Doğu-batı yönünde, en uç noktalar arasındaki uzaklık 1149 km ve kuzey-güney yönünde maksimum genişliği 611 km'dir.

Karadeniz, Akdeniz ve Ege Denizi'ne göre az sayıda körfez ve koya sahip olması ve kuzey-batı kıyıları hariç dik yapılı sıra dağlarla çevrili kıyıları ile karakterize edilir.

Karadeniz maksimum derinliği 2200 m olan eliptik bir basendir. Karadeniz morfolojik olarak dört üniteye ayrılır; kıta sahanlığı, kıta yokuşu, kıta yamacı ve deniz dibi düzlüğü. Kırım Yarımadası batısında 190 km den daha geniş olan kıta sahanlığı, Türkiye kıyıları, Doğu Rusya ve Kırım Yarımadası güneyinde 20 km' den daha dardır.

1.2.1.2. Karadeniz'in Hidrokimyasal Özellikleri

Karalarla çevrili büyük, kapalı bir basen oluşu nedeni ile Karadeniz'de toplam su kütesinin bütçesi ve hidrokimyasal yapısı kritik olarak hidrolojik dengenin elementlerine bağlıdır. Yüzeysel sularının karakteristiği, temelde tatlı su girdisi tarafından kontrol edilmektedir ve sığ İstanbul Boğazı boyunca gerçekleşen alış verişi oldukça kısıtlıdır. Diğer

yandan, daha derin suların havalanması ve haloklinin yapısı ise yine İstanbul Boğazından giren Akdeniz suları ile yakından ilişkilidir.

Büyük bir kısmı Tuna, Dinyeper ve Dinyester nehirlerinden sağlanan tatlı su girdisi ($\sim 400 \text{ km}^3 \text{ yıl}^{-1}$) buharlaşma ile gerçekleşen su kaybından ($350 \text{ km}^3 \text{ yıl}^{-1}$) daha yüksek olduğu için Karadeniz pozitif bir su dengesine sahiptir.

Soğuk ve az tuzlu suların daha sıcak ve tuzlu suların üzerinde yer aldığı Karadeniz özgün bir tabakalaşma yapısı gösterir. Yüzeydeki az tuzlu sular tatlı su girdisinin fazla olması ile oluşmuştur, derinlerdeki tuzlu sular ise Akdeniz etkisini yansıtırlar. Tuzluluk tabakalaşmasının konveksiyonu sınırlayıcı etkisi nedeniyle tuzluluk ara yüzeyi haloklin ile yoğunluk ara yüzeyi piknoklin yaklaşık 100-200 m derinlik aralığında yer alır ve 8°C sınır izotermi ile belirlenen soğuk orta suların alt sınırı ile çakışır. Benzer mekanizmalarla gerçekleşen çeşitli özelliklerin dikey değişimi sonucunda, oksijen ara yüzeyi “oksiklin” ve kimyasal ara yüzey “kemoklin” de aynı derinliklerde yer alır. Kimyasal tabakalaşmanın, suboksik bölge (oksik ve anoksik bölgeler arasında bir geçiş) ve partikül tabakaları vs. gibi, daha ince ayrıntıları bulunmaktadır (Murray vd., 1993). Tuzluluğu düşük ($\sim \%$ 18) ince bir karışım tabakası ($\sim 30 \text{ m}$) yüzeyde çok güçlü bir mevsimsel ısınma ve soğumaya uğrar. Minimum çekirdek sıcaklığı $\sim 6^\circ\text{C}$ olan soğuk ara sular tarafından (CIW) karakterize edilen, soğuk orta tabaka (CIL), sabit haloklin ile mevsimsel termoklin arasında yer alır. Soğuk ara sular yazın ılık bir yüzey tabakası ile kaplandığından soğuk ara tabaka, yüzey altı sıcaklık minimumu şeklinde ortaya çıkar. Kışın Karadeniz’in hemen hemen her tarafında ve Batı Karadeniz’in Anadolu kıyılarında soğuma ve konveksiyon nedeni ile 70-80 m derinlere kadar inebilen ve minimum sıcaklığı $6-7^\circ\text{C}$ olabilen izotermal bir tabaka meydana gelir. Sıcaklık ve tuzluluktaki mevsimsel ve yıllık değişkenlik 500 m derinliğe kadar devam eder. 500 m altındaki derin suları temelde durağandır (Özsoy vd., 1986 ve 1993). Yerel kararsızlıkların ince yapılar oluşturabildiği sınırlara yakın bölgeler dışında, özelliklerde çok büyük değişimler gözlenmez (Özsoy ve Beşiktepe, 1995). 1700 m’lik bir derinliğin altında deniz tabanından kaynaklanan jeotermal ısınmanın sürücü gücü ile oluşan ve $\sim 400 \text{ m}$ kalınlığında olan bir taban konveksiyon tabakası mevcuttur (Özsoy vd., 1993; Murray vd., 1993; Özsoy ve Beşiktepe, 1995). Geçmişte yapılan ve günümüzde uydu analizleri ile detaylı oşinografik çalışmaların sonucunda desteklenen geliştirilen incelemeler neticesinde, siklonik bir sınır akıntısı (Sırt Akıntısı (Rim Current): Oğuz ve ark., 1992 ve 1993’da sınır akıntısına verilen isim) Karadeniz’in genelindeki dolaşımın ana özelliğidir (Oğuz vd., 1996). Bu temel dolaşım sistemi; merkezi kısmı işgal eden, siklonik,

iki veya üç hücresi bulunan, bunların çevresi boyunca bir dizi antisiklonik girdapları ve basenin en doğu köşesinde yer alan bir antisiklonik dolaşımı (Batum Girdabı) içeren karmaşık bir sistemdir. Bunun yanında İstanbul Boğazının batısında, Sinop'un doğusunda ve Kırım Yarımadasının her iki tarafında, Sırt Akıntısının kıyılarında bulunan çeşitli girdaplar gözlenmiştir.

Son çeyrek yüzyılda, Karadeniz'in bilhassa kuzey batı kesimlerindeki besin tuzu yoğunlukları önemli miktarlarda artmıştır. Karadeniz'e besin tuzlarının taşınmasında, atmosfer önemli bir kaynak olmakla beraber, nehirlerin rolü büyüktür. Maalesef atmosfer yoluyla bu denize taşınan besin tuzu miktarları bilinmemektedir, ancak belli başlı nehirler yoluyla taşınan yıllık girdi miktarı hakkında birtakım çalışmalar mevcuttur. Tuna nehri Karadeniz için en önemli gübre kaynağıdır.

1.2.2. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Avantajları

Ülkemizde ilk yıllarda, teknolojik imkânların yetersizliği, henüz turizmin gelişmemiş olması ve yeterli çevre bilincinin oluşmamış olması nedeniyle diğer sektörlerle herhangi bir çatışma yaşanmamıştır. Son yıllarda, bir çok alanın entegre kıyı yönetimi disiplini içinde kıyıda faaliyet gösteren tüm sektörle birlikte bir bütün olarak planlanmadan ve yerel sosyo-ekonomik yapıyı yeterince dikkate almaksızın, çeşitli statülerle koruma altına alınmış olması sonucu, hem su ürünleri yetiştiriciliği hem de turizm yatırımları için çok uygun olan kıyı kesiminde sektörler arasında çok ciddi sorunlar yaşanmaktadır.

Su ürünleri yetiştiriciliği; tüketime uygun, ekonomik değeri olan deniz ve tatlı su canlılarının bilimsel yöntemler ile ticari olarak, doğal ve yapay ortamlarda optimum ekolojik şartlar sağlanarak, yumurta eldesinden başlayıp, canlının tüm yaşam evrelerinin kontrollü koşullar altında tutularak yapılan üretim şeklidir. Su ürünleri yetiştiriciliği gıda üretiminin artmasına, daha iyi beslenme olanakları yaratılmasına ve halk sağlığının gelişmesine, gelir sağlanmasına, döviz girdisinin artmasına, doğal balık avcılığına olan baskının azalmasına, düşük ekonomik değere sahip deniz sahalarının besin üretimine katkıda bulunmasına yardımcı olmaktadır. Tüm yetkililer tarafından kabul edilen kanı, avcılıkla elde edilecek üretimin büyük oranlarda artmayacağıdır. Bu açığın kapatılmasında su ürünleri yetiştiriciliği önemli bir yer tutacaktır. Su ürünleri yetiştiriciliğinin sosyoekonomik yararları yanında birçok yararı ve avantajı vardır (Dikel,2005);

- İstenilen su ortamına kolayca kurulup, kaldırılabilir ve yer değiştirilebilirler. İstenilen boyutta su hacmi denetim altına alınabilir.
- Ortam koşulları uygun olduğu ölçüde kafes içinde optimal su kriterlerinde devamlılık sağlanıp rizikolar azaltılabilir.
- Tesis ve havuzlama masrafları en az düzeye indirilir.
- Su temini ve iletimi masrafları içermez.
- Stoklama, besleme, bakım ve hasat kolaylığı sağlanır.
- Yılda birden fazla dönem ve tür ele alınabilir (yazın sıcak iklim balıkları, kışın soğuk iklim balıkları vb.).
- Aile işletmelerinde total iş gücü değerlendirme avantajı sağlanır.
- Açık deniz ve okyanus koşullarında havuzlama ve yetiştirme potansiyeli sağlanır. Bu yolla büyük su kütlesinin akuakültürde kullanımını temin edilir.
- Mekanizasyon ve otomasyonu optimal değerlendirme potansiyeli yaratarak büyük işletmelerde maksimum iş gücü tasarrufu sağlanır.
- Birim alandan yüksek verim temin edilir.
- Su ürünleri yetiştiriciliği temiz ve kaliteli suya ihtiyaç duyduğundan çevre bilincinin artmasına yardımcı olmaktadır.
- Çok büyük oranda kafes balıkçılığı çiftlikleri topografik açıdan turizme hizmet etmesi mümkün olmayan kıraç ve kayalık alanlarda konuşlandırılması sebebiyle ülke sınırları içerisinde kullanılmayan alanların değerlendirilip hem ülke ekonomisine hem de gelişimine katkı sağlamaktadır.
- Koruma altına alınmış nesli tükenmekte olan türler kültür balıkçılığı sayesinde doğaya kazandırılabilir.
- Üretilen balıklar, av yasakları zamanında piyasaya balık arz edilerek balık fiyatlarının dengede tutulması ve tüketiciye ucuz protein kaynağı sağlaması bakımından büyük öneme sahiptir.
- Kuluçkahanelerin gelişmesi sonucunda doğal balık stoklarının arttırılmasına ve stokların devamının sağlanmasına imkan vermektedir.

1.3. Kafes Balıkçılığının Çevresel Etkileri

Yeni bir endüstri dalı olarak görülen ve sürekli gelişen kafeslerde entansif balık yetiştiriciliğinin diğer endüstriyel alanlarda olduğu gibi küresel, bölgesel ve yerel bazda bazı önemli çevresel etkiye sahip olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Folke ve Kautsky, 1989).

Açık deniz kafes balıkçılığı, dünyada özellikle gelişmiş ülkelerde hızla yaygınlaşmaktadır. Ancak yatırım ve işletme maliyetlerinin düşük olması nedeniyle günümüzde kafes balıkçılığı daha çok koy ve körfezlerde yapılmaktadır. Bu durum kirletici etkinin denizel ortamda daha da artmasına neden olmaktadır. Kafeslerin, daha iyi korunması ve kötü hava şartlarında yemlemenin yapılabilmesi amacıyla genelde kapalı olan koy ve körfez gibi alanlarda yerleştirilmeleri, su hareketlerinin az olduğu bu bölgelerde seyrelme az olacağından, kirlenmenin etkisini oldukça arttırmaktadır.

Gowen vd. (1987), üretim alanlarındaki bentoz ve su kolonunun organik maddece zenginleşmesini, buna bağlı olarak hipernütrifikasyonun boyutlarını kontrol eden temel faktörlerin, çiftliğin büyüklüğü ve yönetimi ile yetiştirici alanın hidrografisi (akıntı hızı ve şekli, su değişim oranı, vs.) olduğunu belirlemişlerdir. Çiftlik büyüklüğü ve hidrografiye bağlı olarak ana etkinin görüldüğü alan 30 m sınırı içinde kalmakta, korunaklı, sığ ve su yenilenmesinin zayıf olduğu yerlerde tahribatın boyutu daha da yüksek olmaktadır (Anonim, 1993). Yunanistan da yapılan bir çalışmada ise kafeslerin altından 20 m mesafeye kadar deniz tabanında ve su kolonunda değişimler gözlenmiştir. Kafeslerin altında sedimentin organik karbon ve azot derişimleri yüksek bulunmuş, bunun yanında poliket (*Capitella* spp.) populasyonunda artışlar gözlenmiştir (Karakasis, 1996).

Lokal (Zon A): Bu zonda çözünmüş maddeler ve serbest yüzebilen maddeler sadece birkaç saat kalır ve çoğu çökelen partiküller (yem artıkları, balık dışkıları ve ölü balık dahil) burada zemine çöker.

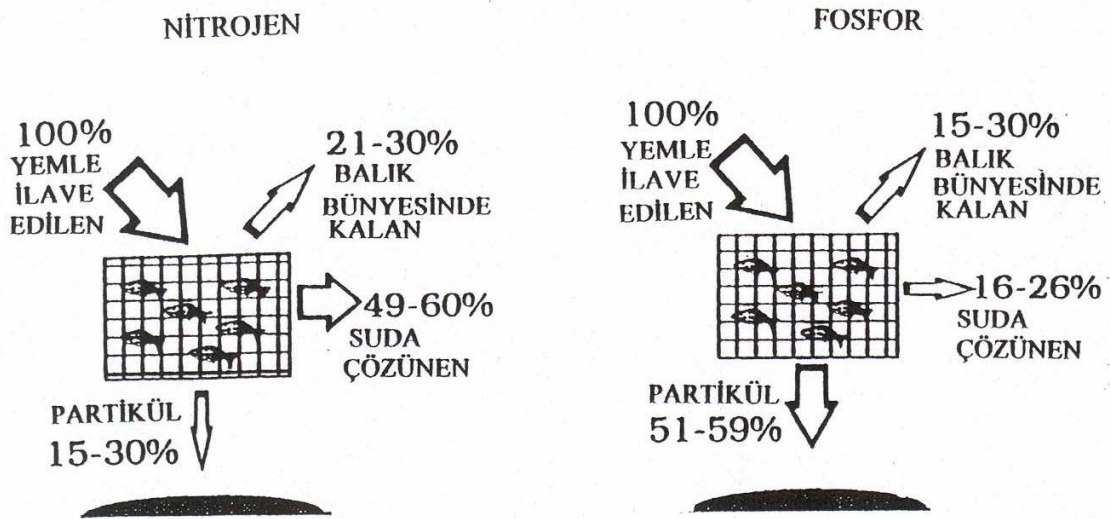
Yakın Alan (Zon B): Çözünmüş besin elementleri (ve kafesten gelen diğer çözünmüş maddeler) etrafa yayılır ve bu zonda birkaç gün kalarak ortalama derişimde uzun süreli yükselişe ve fitoplankton biyokütlesinde önemli artışa neden olabilir.

Uzak Alan (Zon C): Su değişim süresinin haftalar hatta aylar sürebildiği bölgesel ölçek, alansal olarak heterojen, sadece büyük ölçekli kirleticilerin birikimli çıktısı tarafından etkilenir.

1.3.1. Katı ve Çözünbilir Atıklar

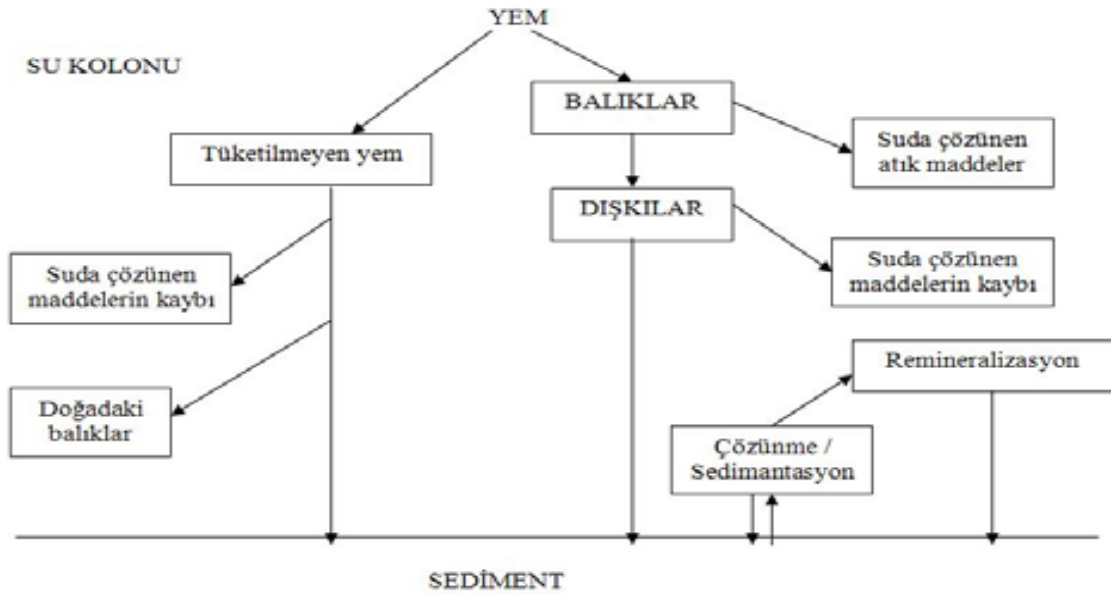
Kafeslerde balık yetiştiriciliğinin işletmenin büyüklüğüne, ortam ve su özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak yakın çevresindeki su kolonu ve bentik kesimde organik materyalce zenginleşmeye, su kalitesi ve özellikle bentik canlı komünitesinde değişikliklere neden olacağı belirtilmiştir (Barg, 1992; Okumuş, 1997).

Ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği, dünyada ve ülkemizde önemli ekolojik özelliklere sahip ve değişik sektörler tarafından farklı amaçlarla kullanılmak istenen koy, liman, fiyort gibi yerlerde yapılmaktadır. Balık çiftliklerinden denizel ortama karışan ana maddeler fosfor ve azot gibi organik maddeler ve suda asılı katı maddelerdir. Kafeslerden kaynaklanan atıklarda oldukça fazla bulunan azot, denizlerde fosfata nazaran daha fazla sınırlayıcı etkiye sahiptir (Bugdale, 1967). Su ürünleri yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı İsveç, Norveç ve Finlandiya sahillerindeki somon çiftliklerinde yapılan araştırmalara göre, balık çiftliklerinden denizel ekosisteme 260-650 ton/yıl azot yükünün girdiği ve bu miktarın diğer çeşitli kaynaklardan deniz ortamına giren azot yükünün sadece %2'sine tekabül ettiği belirlenmiştir (Ervik vd.,1989; Okumuş, 1997). Yetiştiricilikte balıklara verilen besinlerin % 90'ından fazlası, atık besin maddeleri ve balık dışkıları şeklinde suya ve sonra da sedimente geçerek etkiler. Bu etkilemeler kendini kültür ortamında; dipteki suyun oksijen bakımından zayıflaması, sedimentteki toplam sülfid miktarının artışı, geçici fauna bozulmaları ve bentik azalmalar şeklinde gösterir (Tsutsumi vd., 1991).



Şekil 3. Azot ve fosforun kütle denklığı (Wallin ve Hakanson, 1991).

Su içindeki çözülmüş nutrientlerin artışı su kalitesinde bozulmalara neden olmaktadır. Çözülmüş nutrientler NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{-3} ve vitaminlerden oluşmaktadır. Bu nutrientlerin ortama girişi yem kayıpları, besin atıkları, metabolik atıklar ve deşarj sistemlerinden ileri gelmektedir (Şekil 3). Ortamdaki nutrientlerin artışına bağlı olarak ortaya çıkan sorunların en büyüğü hipernütrifikasyon ve ötrofikasyondur. Hipernütrifikasyon suda çözünemeyen nütrientlerin derişiminin artışı ile meydana gelirken, ötrofikasyon ise hipernütrifikasyon sonucunda fitoplanktonların gelişimi ve verimliliğinin artışı ile ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4. İntensif balık yetiştiriciliğinde su kolonunda atık maddelerin oluşması ve birikimi

Aşırı element girdisi, ötrofikasyon dediğimiz su kalitesi bozulmasının başlıca sebeplerindendir. Ötrofikasyon olayı deniz sularında nitrojen ve fosfor başta olmak üzere alglerin ve diğer deniz bitkilerinin hızla çoğalmasına neden olan aşırı besin artışıdır. Bu bitkiler öldüğünde ortaya çıkan bakteriler oksijeni azaltarak balık ve diğer deniz canlılarını öldürmektedir. Çok ileri durumlarda balıkların ve diğer deniz canlılarının kitlesel ölümü görülebilmektedir. Söz edilen besinlerin temel kaynakları evsel atıklar (özellikle kanalizasyon), yoğun gübre kullanımı ile ortaya çıkan tarımsal atıklar, balık yetiştiriciliği ile oluşan atıklardır. Balık tarafından tüketilen azotlu bileşiklerin yaklaşık %70'i çözülebilir amonyum ve üre olarak atılır ve vitaminler gibi diğer çözülebilir bileşiklerle

birlikte besin elementlerinin derişimini arttırır. Son on beş yılda araştırmacılar bazıları toksik olan bu anormal bitki türlerinde artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu bitkiler ötrofikasyona neden olarak, direk toksik etkileri ile veya yenebilir olmadıkları için besin zincirini kırarak diğer organizmalara zarar verirler. Bunlar kırmızı, yeşil ve kahverengi kuşak olarak ortaya çıkarlar (red tide). Birçok balık çiftliğinde mavi-yeşil alg (cyanobacteria) kütlesi (biomass) oradaki fitoplanktonlar içerisinde en baskın türleri oluşturmaktadır. Ötrofikasyon ve patojen mikroorganizmalar açısından önemli olan kanalizasyonlar (insan dışkısı ve kullanım sularından oluşan atık sular) ile denizlere kişi başına yıllık 3,2 kg azot ve 0.6 kg fosfor atılmaktadır. Ötrofikasyon kapalı körfezlerde sorun yaratır. Dünya denizlerinde görülen ötrofikasyon olayları;

Kuzey Avrupa'da: Baltık Denizi koylarında ve Kuzey Denizi'nin Almanya sahillerinde Akdeniz'de: Lyon ve İzmir Körfezleri'nde Kuzey Adriyatik'de: Emilia-Romagna kıyı sularında Orta ve Batı Pasifik'te: Japonya'da Tokyo Körfezi, İse Körfezi ve Seto İç Denizi'nde Amerika kıyılarında: Louisiana güney sahilinde.

Dünya'da kültür balıkçılığı üzerine fitoplanktonun etkisi (toksik algal gelişimler nedeniyle görülen ölümler; anoksik ve hipoksik ortam şartlarının oluşması gibi) ile ilgili olarak yapılmış çalışmalar vardır. Ancak kültür balıkçılığının plankton üzerine etkisi ile ilgili olarak yapılmış çalışmalar oldukça sınırlıdır. Aktan (2007)'ye göre Türkiye kıyılarında aşırı alg üremelerinden kaynaklanan balık ölümleri ilk kez 1955 ilkbaharında W. Nümann tarafından Ege Denizi'nde kaydedilmiştir. Bunu takiben özellikle son 30 yıldır yoğun olarak karasal girdiler etkisi altında kalan kıyısal alanlarda, koy ve körfezlerde zararlı veya toksik algal artışlar, red tide oluşumu ve bazı bölgelerde bu artışları takiben görülen balık ölümleri birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Aşırı algal artışlar toksik etkilerinin yanı sıra balıkların solungaçlarında birikip boğulmalarına neden olarak kafes balıkçılığını ve çökeltme sonucunda sedimanda dekompozisyonu sırasında oksijeni tüketerek ekosistemi tehdit ederler.

Sediment, su kolonundaki parçacıkların nihai durağı olan çökelen materyaldir. Sedimentin organik maddece zenginleşmesi su dibinin dinamik yapısı ve su değişimi ile doğrudan etkilidir. Organik atıklar, işletmelerin su tahliye borularının döküldüğü yerlerde ve ağ kafeslerin altında toplanmaktadırlar. Bu toplanma sonucu sediment havasız kalmakta ve dolaylı olarak sisteme geçen organik karbon miktarı artmaktadır. Organik atıkların ekosisteme girmesiyle bir seri kimyasal ve biyokimyasal olaylar ortaya çıkmaktadır. Ortama giren karbon aerobik metabolizmaların artışına sebep olabilmektedir. Sedimentteki

organik karbon içeriği organik kirliliğin bir göstergesidir (Özfuçucu vd., 2003). Zemine çöken karbon (katı veya dışkı şeklinde) mevcut oksijeni tüketir ve sedimentler yavaş yavaş oksijensiz hale gelmeye başlar. Mikroflora anaerobik türlere değişir; metan ve hidrojen sülfid üreten bakteriler ortaya çıkar. Suda askıda kalan atıkların suyu bulandırmasıyla üzerlerindeki su kolonunun kalitesini bozmakla beraber balığın beslenmesinin de zorlaşmasına neden olmaktadır. Bu sediment kalitesi önemli bir su kirliliği göstergesi olarak değerlendirilir (Yıldırım ve Korkut, 2004).

1.3.2. Balık Yetiştiriciliğinde Kullanılan Kimyasal Maddelerin Etkileri

Denizde balık üretiminin devamlılığının sağlanması, sağlıklı ve optimal üretim yapabilmek için kullanılan yem ve ilaç gibi doğal olmayan girdilerin çevreye olan etkileri yapılan birçok çalışma ile belirlenmiştir (Midlen ve Redding, 1998; Evrik vd., 1997; Gowen ve Bradbury, 1987; Ackefors ve Enell, 1994; Kelly vd., 1996; Boran vd., 2005). GESAMP, balık yetiştiriciliğinde kullanılan kimyasal maddelerin çevre ve halk sağlığını olumsuz etkilediğini bildirmektedir. Kafes ünitelerinde hastalıklara karşı kullanılan kimyasal maddeler hem denizel ortama hem de çalışanlara zarar vermektedir. Kafeslerde bazı hastalıklara karşı kullanılan kimyasal maddeler hem kafes içerisinde ve hem de doğal çevrede bulunan balıkların vücudunda birikerek halk sağlığını tehdit etmektedir (Sağlam vd., 2010). 1989 yılında Norveç balık çiftliklerinde 48.5 ton antibiyotik kullanıldığı literatür bilgileri arasında yer almaktadır (John,1990). Balık çiftliklerinin geniş anlamda estetik kirliliğe de neden olduğu yine literatür çalışmalarında belirtilmiştir (O Sullivan, 1992; Garret vd., 1997; Midlen ve Redding, 1998).

1.3.3. Yabani Türler ile Çiftliklerden Kaçan Kültür Balıklarının Etkileşimleri

Çiftliklerden kaçan balıkların doğal türlere karışması ve genetik modifikasyona neden olmaları bir başka önemli konudur (Heggberget vd., 1993). Yapılan araştırmalarda, kafeslerden doğal ortama geçen kültür balıklarının doğal balıkları yaşam evrelerinin değişik aşamalarında olumsuz etkilediği, yem bulmada rekabeti arttırdığı, hibritleşme sonucu doğal balıkların genetik yapısının değiştiği belirlenmiştir. (Edwards ve Griffiths, 1996). Ayrıca

kaçan balıkların doğal balık stoklarında enfeksiyon hastalıklarını arttırdığı ve hibridleşme ile genetik kirlenmeye sebep olduğu aynı araştırmacı tarafından tespit edilmiştir.

1.3.4. Hastalıklar ve Parazitler

Yetiştiricilikteki en büyük problemlerden biri de enfeksiyon hastalıklarıdır. Kafes ünitelerinde hastalıkların kolayca yayılmasının başlıca nedenlerinden biri balıkların yoğun olarak stoklanmasıdır. Kafes ünitelerinde gelişen bu hastalıklar çeşitli yollarla doğal popülasyonu oluşturan balıklara da bulaşmaktadır.

1.3.5. Yem Olarak Kullanılan Doğal Balıklar

Kafes balıkçılığının diğer bir çevresel etkisi ise balıkların beslenmesinde kullanılan yemlerin doğadan elde edilmesinden kaynaklanmaktadır. Kafes balığı yetiştiriciliğinin balık unu ve yağı ihtiyacının karşılanması, doğal balıkçılık sektörünü olumsuz olarak etkilemektedir. Dünya toplam balık unu üretiminin %35'i, balık yağı üretiminin %70'i salmon üretiminde kullanılmaktadır (Tacon ve Forster, 2001). Bu durum doğal stoklar üzerinde önemli bir yük oluşturmaktadır.

Kültür balıkçılığının uzun vadede önemi doğal balıkçılığa destek olması beklenirken yanlış yönetim yüzünden doğal stokların azalmasına neden olmaktadır. (Hanneson, 2003). Doğal balıklar özellikle hamsi gibi küçük balıklar kültür balıkçılığında balık yemi olarak kullanılmaktadır. Kültür balıkçılığının olumlu senaryosunu iki faktör azaltmaktadır. Bunlardan birincisi çiftliklerin çevresel hasara neden oldukları (yemleme, genetik kontaminasyon ve turizme olan olumsuz etkisi), ikincisi ise bazı tür çiftlik balıklarının (Çipura, levrek vs) genel olarak çiftlik balıklarının yemi doğal kaynaklardan sağlandığı için doğal tür stoklarındaki azalma çiftliğin gelişmesini de olumsuz yönde etkilemektedir (Hanneson, 2003). Balık yemi üretiminde son on yıl içerisinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. 94 bin tonluk yıllık balık üretimi göz önüne alındığında, Türkiye'nin balık yemi gereksiniminin 150 bin ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. Halen 10 fabrikada büyük-küçükbaş hayvan yemi yanı sıra balık yemi de üretilmektedir. Sadece balık yemi üreten 5 fabrika bulunmaktadır. Ayrıca Avrupa'nın önemli bazı balık yemi üreticileri de Türkiye'de faaliyet göstermektedirler. Balık yeminin temel hammaddelerinden olan balık

unu ve yağı gereksinimi 55-60 bin ton balık unu ve 15-20 bin litre balık yağı olarak tahmin edilmektedir. Halen 9 adet balık unu ve yağı fabrikasında 23-25 bin ton balık unu ve 14-15 bin litre balık yağı üretilmektedir. İhtiyaç duyulan balık ununun kalan bir kısmı ithal edilmektedir.

1.3.6. Görsel Kirlilik

Su ürünleri yetiştiricilik işletmelerinin diğer sektörler tarafından tepki almasının en önemli nedenlerinden biri de oluşturdukları görüntü kirliliğidir. Özellikle ülkemizde hızlı ve plansız bir yayılım gösteren ağ kafes işletmeleri bu kirliliğin ana nedenleridir (Yıldırım ve Korkut, 2004).

1.4. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Sürdürülebilirlik

Kıyasal alanı kullanan sektörler arasındaki sürtüşmeleri gidermek, doğal kaynakları, özellikle de denizleri kullananların birbirine verdikleri zararı en aza indirmek, bir ekosistemin çeşitli kullanımlarını bağdaştırma işlemi olan “Çok Yönlü Kullanım Planlaması” hayata geçirilmesiyle mümkündür. Bu planlamanın ilk adımı ise sistemdeki streslerin ve bu doğrultudaki değişimlerin belirlenmesi olmalıdır. Ayrıca, FAO teşkilatının sorumlu balıkçılık ve yetiştiricilik için koymuş olduğu kurallardan biri de “Akuakültür aktivitelerinden kaynaklanan ekolojik değişiklikler ile ekonomik ve sosyal sonuçların minimize edilmesi amacıyla devlet, uygun çevresel değerlendirme ve izlemeyi (monitoring) yürütmek ve akuakültüre özgü etkin prosedürleri tespit etmek zorundadır” kuralıdır (DESAMP, 1996).

Ülkemizde su ürünleri yetiştiricilik ile ilgili faaliyetlerine Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı’ndan verilecek onay ile başlanılmakta, Çevre Etki Değerlendirme (ÇED) uygulamaları da Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yapılmaktadır.

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED); gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ya da olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmaları içermektedir

(Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, 2008). Su ürünleri tesislerinin kuruluşundan sonraki aşamada izleme çalışmaları ise Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Koruma Kontrol Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Bu aşamada kontrol amacıyla yapılan incelemeler sadece su kalitesine bağlı olarak geliştirilmekte, ÇED uygulaması izin ve kuruluş aşamasıyla sınırlı kalmaktadır. Önerilen aktivite veya gelişimin olası çevresel risk veya etkilerini değerlendiren yasal bir süreç olan ÇED, söz konusu gelişimin onaylanmasının mı yoksa reddedilmesinin mi çevre ve toplum çıkarı için daha yararlı olduğunun değerlendirilmesine olanak sağlar. Değerlendirme kriterleri ekolojik, sosyal, ekonomik ve yerel çıkarlar yanında söz konusu alanın mevcut ve gelecekte kullanımı gibi unsurları içerir.

Kafes balığı yetiştiriciliğinde, yetiştiricilik alanlarının uygun bir şekilde seçimi ilk adımdır (Tablo 2).

Ön ÇED ile bölgenin yetiştiricilik aktiviteleri başlamadan önceki ekolojik yapısı tespit edilmelidir. Bölgede oluşabilecek ekolojik hasarın izlenmesi ile de sürdürülebilirlik sağlanabilecek ve herhangi bir olumsuzluk halinde gerekli önlemler zamanında alınarak ekolojik yapının korunması sağlanabilecektir (Yurga vd., 2005). Balık yetiştiriciliği yapan, gerçek ve tüzel kişilere ait tesisler, faaliyete geçmelerine müteakip Tablo 2’de belirtilen kriterlere göre izlenir.

Tüm dünyada yetiştiricilik aktiviteleri hızlı bir şekilde başlamakta ancak izleme, koruma ve kontrol eylemleri yeterince duyarlı bir şekilde yapılamamaktadır.

Tablo 2. Kafes yeri seçimi kriterleri, (Beveridge, 1996).

Fizikokimyasal Analizler	Çevresel Koşullar	İş ve Karlılık
Çözünmüş Oksijen	Derinlik	Yasal durumlar
Sıcaklık	Korunma	Kabul edilebilirlik
İletkenlik	Substrat	Güvenlik
Besleyici Tuzluluk	Akıntılar	Pazar durumu
Bulanıklık	Hava durumu	
Besin tuzları		
pH		
Işık geçirgenliği		

Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 24.01.2007 tarih ve 26413 sayılı Resmî Gazete’de “Denizlerde Balık Çiftliklerinin Kurulamayacağı Hassas Alan Niteliğindeki Kapalı Koy ve Körfez Alanlarının Belirlenmesine İlişkin Tebliğ” yayınlanarak yeni

düzenlemelere gidilmiştir. Bu tebliğin amacı, denizlerimizin kirliliğe karşı korunması, hassas alan niteliğindeki kapalı koy ve körfez alanlarının belirlenerek, bu alanlarda yürütülecek faaliyetlerle ilgili usul ve esasların düzenlenmesidir. Tebliğe göre; Hassas alanlar ile doğal ve arkeolojik sit alanlarında balık çiftliği kurulamaz. Uygun olmayanlar 1 yıl içinde kapatılır. Hassas alanlar (Tablo 3);

- Ötrofikasyon riski yüksek olan ve bakanlıkça belirlenecek kıyı ve iç su alanları
- Kıyı yapısı itibari ile akıntı hızı su sirkülasyonunu sağlamakta yetersiz olan deniz alanları
- Biyolojik çeşitliliği yüksek, nadir türlerin yaşadığı ulusal ve uluslar arası yasalarla koruma altında olması kabul edilen türlerin yaşadığı alanlar
- 1.Dereceden doğal sit niteliğinde, arkeolojik ve kültür varlıklarını barındıran alanlar
- Koruma altındaki türlerin yaşam döngülerinde vazgeçilmez önemi olan endemik türlerin yaşam alanları
- Derinliği 25 m'den daha sığ olan alanlar olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 3. Balık çiftliği kurulamayacak hassas alan niteliğindeki alanlara ait kriterler (T.C. Resmi Gazete, 24.01.2007, 26413).

Parametre	Kriter
Derinlik	≤ 30 m
Kıyıdan Uzaklık	$\leq 0,5$ deniz mili
Akıntı Hızı	≤ 0.1 m/sn
Hakim Rüzgar Yönü	Açıktan kıyıya doğru
Hakim Akıntı Yönü	Açıktan kıyıya doğru

Tebliğe göre; tanımlanan hassas alanlar dışında kalan kapalı koy ve körfez alanlarında “yeni kurulacak balık çiftlikleri” yer seçimi aşamasında TRIX İndeksine göre ötrofikasyon riskinin bulunup bulunmadığını tespit ettirerek Çevre ve Orman Bakanlığı'na rapor etmekle yükümlüdürler. Yeni kurulacak balık çiftlikleri faaliyete geçtikten sonra her yıl TRIX İndeksine göre izleme yaparlar.

TRIX İndeksi hesaplanırken, ötrofikasyona neden olan birincil üretimin en yüksek olduğu Mayıs ve Ağustos aylarında olmak üzere yılda 2 (iki) kez balık çiftliğinin kapladığı alanın ortasından ve dört kenarının 20'şer metre açığından olmak üzere toplam beş noktadan örnekleme yapılır. Her örnekleme noktasından yüzeyden, ortadan ve dipten

olmak üzere toplam üç derinlikten üç örnekleme yapılır. Numuneler, 7/1/1991 tarihli ve 20748 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği’ne uygun olarak alınır. Bu numunelerin analizleri Çevre ve Orman Bakanlığınca yetki verilen özel veya kamu kurum ve kuruluş laboratuvarlarında yaptırılır. Çevre ve Orman Bakanlığı’na rapor edilen analiz sonuçları ilgili balık çiftliği işletmesi tarafından dosyalanarak muhafaza edilir ve denetimler esnasında istenildiğinde yetkililere gösterilir.

Bu madde hükümlerince TRIX İndeksine göre ötrofikasyon riski bulunduğu tespit edilen kapalı koy ve körfez alanları hassas alan olarak nitelendirilir, bu alanlarda balık çiftlikleri kurulamaz ve mevcut balık çiftlikleri kapatılır.

1.5. Kafes Balıkçılığına Çevrenin Etkisi

Kafes balıkçılığı birebir denizlerle etkileşim içinde olduğundan; çevresel etmenler yetiştirilen balık kalitesi, alınan verim ve balıkların sağlığı açısından son derece önemlidir. Her türün ayrı gereksinim ve ihtiyaçları olacağından çevresel kriterler farklılık gösterebilir.

Derinlik açısından uygun olmayan bir yerde kafes balıkçılığı yapmak uygun olmayabilir veya ekonomik olmayabilir. Derinliğin maksimum su değişimine izin vermesi gerekmektedir. Kültür balıkçılığı ile artık sedimantasyon ve su kalitesi ile balık hastalıkları üzerinde doğrudan doğruya bir ilişki vardır.

Substrat faktörünün önemi sahip olduğu biyokimyasal içeriğinden gelir. Substratta birikmiş olan organik oluşumun balıklar tarafından tüketilmesi yem masraflarını azalttığı gibi biriken maddeler iyi bir biçimde yukarı doğru çıkmazsa bu kez de toksin etki yapıp balıklara zarar verir.

Hava şartları; aşırı soğuma, fırtına gibi özel durumlar kafes balıkçılığı açısından önemli bir yaptırıma sahiptir. Ağır hava şartlarının gözlendiği bölgelerde yetiştiriciler, bazı durumlarda taşınabilir kafesle (Norveç’te ağır buz kütlelerinin ve dağların oluşturduğu kafes hasarlarını önlemek için) veya su altında kalabilen kafesler geliştirilmiştir (Japonya’da şiddetli tayfunlardan etkilenmemek için).

Akıntı hızı kafes dizaynı ve stok yoğunluğunu etkileyebileceği için daima göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Akıntı hızının fazla olması stok yoğunluğunun artmasına izin verirken bu durum bağlama sistemleri masraflarını arttırmaktadır. Bu iki olgunun optimal seviyede tutulması gerekmektedir.

1.6. TRIX İndeksi Hesaplaması ve Ötrofikasyon Riski Skalası

Toplam fosfor, toplam inorganik azot, klorofil-a konsantrasyonları ve % doymuş oksijenden sapma değerleri kullanılarak ötrofikasyon seviyesi ve suların kalitesini belirlemek amacıyla TRIX İndeksi (Trofik Index) hesaplanmaktadır (Vollenweider vd., 1998). Bu indeks kullanılarak deniz ve göl sularının kirlilik seviyesi belirlenebilmektedir. TRIX İndeksi hesaplanması aşağıda verilmiştir (T.C. Resmi Gazete, 24.01.2007, 26413).

$$\text{TRIX İndeksi} = [\text{Log}_{10} (\text{Klorofil-a} \times \% \text{O}_2 \times \text{TİN} \times \text{TP}) + 1.5] \times 0.833 \quad (1)$$

Klorofil-a : Sudaki klorofil-a konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$);

% O₂ : Doymun miktardan sapan mutlak oksijen yüzdesi = $|\% \text{ÇO} - 100|$

TİN : Toplam çözünmüş inorganik azot, N-(NO₃+NO₂+NH₄), ($\mu\text{g/L}$);

TP : Toplam fosfor ($\mu\text{g/L}$).

Formülde kullanılan klorofil-a ve oksijen yüzdesi (%O₂) bileşenleri üretimle, yani fitoplankton biyo-kütlesiyle ve üretim dinamiğiyle, doğrudan ilişkili indikatörlerdir. Başka bir deyişle, TRIX İndeksi, besin tuzları girdisine ve ortamdaki biyo-kütle üretimine bağlı olarak kıyasal sistemde neler olduğunu ve olabilecekleri özetlemektedir. Formüldeki dört değişkene göre hesaplanan TRIX İndeksi değerleri, 0-10 arasında değişen katsayılarla ifade edilir. Buna göre hesaplanan TRIX İndeksine göre belirlenen ötrofikasyon riski skalası aşağıdaki tabloda verilmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Ötrofikasyon riski skalası

TRIX İndeksi	Özellikleri
< 4	Ötrofikasyon Riski Yok
4 - 6	Ötrofikasyon Riski Var
> 6	Ötrofik

Ortamın ötrofikasyon seviyesini ve suların kalitesini belirlemek amacıyla Trofik indeks (TRIX) değerleri hesaplanmıştır. TRIX İndeksi 0-6 arasında değişen 3 ana gruba ayrılmıştır. TRIX birimi 4'ten küçük olanlar birincil üretimi az, 6'yı aşanlar yüksek üretime sahip sular olarak değerlendirilmiştir. Bu tür alanlarda ötrofikasyon etkisi, kendini sık gözlenen dip oksijensizliği olarak göstermektedir. TRIX birimi 4'ten düşük olan alanlar birincil üretimi az olarak ve 2'den daha düşük bölgeler ise açık denizle ilişkilendirilmektedir.

1.6.1. Deniz Sistemleri İçin Trofik (TRIX) İndeks'in Tarihçesi

Avrupa deniz alanlarının trofik koşulları bölgeden bölgeye ve bölgeler içinde önemli ölçüde değişkendir. Ancak; Nixon (1995) tarafından öngörülen uygun trofik referans sistemi, bu durumu ve Avrupa kıyı sularındaki ötrofikasyon gelişimini değerlendirmek için çok uygun değildir. Bu değişken denizlerin izleme programlarına nadiren dahil edilen ve düşük yeniden üretilebilirlikten zarar gören birincil fitoplankton üretimidir. Bir değişkene bağlı olarak dört trofik sınıf tanımlanır.

Vollenweider vd. (1998) yeni bir trofik indeks öngörmüşlerdir. Bu indeks deniz sularındaki trofik durumu karakterize etmek için klorofil-a, oksijen doygunluğu, toplam nitrojen ve toplam fosforu temel almaktadır. TRIX geliştirilirken şu ilkeler gözlemlenmiştir:

- İndeksin bileşen değişkenliği, üretim ve üretim dinamiğini tanımlamada anlamlı olmalıdır.
- Ana nedensel faktörleri içermelidir.
- Diğer önemli bir nokta da, birçok deniz araştırmasında değişmeyen ölçümler olmalıdır.

Trofik durum, birincil üretim için hazır bulunan nitrojen ve fosfora dayanmaktadır. Bu, fitoplankton biokütlesi ve oksijen doygunluğuyla tanımlanabilir. TRIX'de nutrientler nitrojen ve toplam fosfor tarafından temsil edilmektedirler; klorofil-a fitoplankton biokütlesinin yerine kullanılan bir parametredir; üretim katmanındaki oksijen doygunluğunun %100'den sapması, sistemin üretim yoğunluğunun göstergesidir. Bu hem aktif fotosentez safhalarını hem de hakim solunum safhalarını ihtiva etmektedir.

İndeks, seçilen dört değişkenden türetilmiştir:

$$X_c = k / n \sum^{i=n} ((M-L) / (U-L))_i \quad (2)$$

- n : Değişkenlerin sayısı
- M : Değişkenin ölçülen değeri
- U : Üst limit
- L : Alt limit

Bu basit indeks, bilindik trofik terminolojinin kullanımında subjektiflikten kaçınıyorken, trofik durumları geniş aralıkta mukayese edebilmek için ötrofikasyon değişkenlerinin sentez anahtarında basit nümerik ifadelerle izin verir. Kendi içinde TRIX, bir alanın trofik durumunun ifadesidir. Ötrofikasyonun meydana geldiğinin veya gelmediğinin göstergesidir. TRIX bir indeks içinde dört ötrofikasyon indikatörünün

birleşimiyle oluşmuştur. TRIX ötrofikasyona eğilimin değerlendirilmesine ve daha iyi bir izleme yapılmasına olanak sağlamalıdır.

TRIX, Vollenweider vd. (1998) tarafından Akdeniz suları için geliştirilmiş ve İtalyan yetkililer tarafından Adriatik Denizi'nin trofik seviyesinin izlenmesi için kullanılmıştır. Ancak, bütün kıyı ve deniz alanlarında genel TRIX'in geliştirilmesi imkanının yanı sıra TRIX'in diğer bölgelere de uygulanabilirliği değerlendirilmelidir.

Kıyı ve deniz sularının izlenmesi ve değerlendirilmesi için Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (ECJRC) tarafından metotlar geliştirilmiştir. TRIX İndeksinin değerlendirilmesi için Kuzey Denizi/ Skagerrak/ Kattegat alanı test bölgesi olarak seçilmiştir. Bu çalışmada ilk basamak, TRIX'in kuzey kıyı alanlarına uygulanabilirliğinin değerlendirilmesidir. Test alanı 4°-14° doğudan 53°-60° kuzeye Danimarka'daki bütün kıyı alanlarını kapsar. Ancak, ileride verilecek sonuçlar hazırlayıcı olarak düşünülmüş olmalıdır. Su cisimlerinin spesifik hidrodinamiği ve biyolojik karakterlerinin hesaplanmasında daha fazla detaylandırılmış değerlendirmeler ve yorumlar talep edilmektedir.

Trofik İndeksin (TRIX), ilk hesaplama çalışmaları için iki büyük veri seti ile beraber 1998'de Danimarka, İsveç ve Norveç tarafından paylaşılan istasyonlardan elde edilen veriler kullanılabilir hale getirilmiştir. Bu veriler, değişkenlerin oldukça uygun ayırıcılığı ile ölçümler tarafından gösterilmektedir. Fakat bütün istasyonlar istenen değişkenleri yeterli derece desteklememektedir.

İlk yaklaşım olarak, sadece aylık verilerin sağlandığı istasyon dikkate alınmıştır. Bu geçici ayırmayı gerçekleştirmek amacıyla, bu ana alan beş alt alana bölünmüştür. Böylece oldukça homojen verilerin elde edilmesi sağlanmıştır. Bu alt alanlar;

- Kuzey Denizi
- Skagerrak
- Kattegat ve Kemer Denizi
- The Sound
- Baltığın Batısı

Vollenweider vd. (1998), değişkenlerin üst ve alt limitlerini tanımlamak için, nadiren ortaya çıkan ekstrem değerleri hariç tutmayı önermiştir. Aksi takdirde, farklı TRIX'ler arasında ayırt etmeye olanak sağlamak çok büyük bir risk taşır.

Beş alt alanda bazı istatistikçiler görevlendirilmiştir (iki durum söz konusudur: aynı alana ait istasyonları gruplama ve her istasyon için ayrı ayrı verileri kullanma). Her bir değişken için, değerlerin logaritmalarının normal dağılımı kanıtlanmıştır.

TRIX ögeleri için logaritmalar, dönüştürülmemiş verilerin yerine kullanılır, TRIX hesaplanır;

$$TRIX = (k/n) \sum_{i=1}^n ((\log M - \log L) / (\log U - \log L))_i \quad (3)$$

Her bir alt alan için en yüksek ve en düşük limitler (minimum değer ve maksimum değer) ORTALAMA+2STD (standart sapma) olarak tanımlanmıştır birinci mevsimlik TRIX tablodaki gibi hesaplanmıştır (Tablo 5)

Birinci TRIX İndeksinde önemli bir problem vardır. Her bir ölçülen değer, iyi tanımlanmış lokal anlamları olan sayı (aralık) tarafından bölünmüştür. Bu şekilde belirlenen sonuçları karşılaştırmak mümkün değildir ve ilgili bölgeler veya alt bölgeler için belirlenen TRIX değerlerini yorumlamak zordur.

İlk TRIX İndeksinde yaşanan olumsuzluklardan dolayı tekrar görevlendirilen istatistikçiler ortalamayı ve standart sapmayı hesaplamak için farklı istasyonlardaki tüm değerleri beraber kullanmışlardır. Bu durum, kuzey denizlerinde bulunabilen genel minimum değer, maksimum değer ve oranın hesaplanmasına imkan sağlar. Daha sonra her alt alan için ve her dönem için ikinci TRIX hesaplanmıştır. Bu durumda kullanılan her bir değişken için her zaman aynı minimum, maksimum ve aralık değerler hesaplanır (Tablo 6).

Tablo 5. Kuzey Denizi'nin farklı alt alanlarında TRIX İndeksinin hesaplanmasına ait örnek

Limitler ve aralıklar	Minimum log birimleri	Maksimum log birimleri	Aralık log birimleri
Klorofil-a µg/l	-0.3	1.16	1.46
Oksijen abs (100-%O)	1.17	0.6	-2.17
Toplam azot µM	0.9115	1.73	0.82
Toplam fosfor µM	-0.818	0.41	1.23
Trofik index	$\{((\log C - \log \text{min. C}) / \text{Range C}) +$ $\{((\log O - \log \text{min. O}) / \text{Range O}) +$ $\{((\log N - \log \text{min. N}) / \text{Range N}) +$ $\{((\log P - \log \text{min. P}) / \text{Range P})\} * \{10/4\} =$		
Kış	(0.48 + 0.1 + 0.84 + 0.9) * 2.5 = 5.81		
İlkbahar	(0.82 + 0.86 + 0.8 + 0.73) * 2.5 = 5.81		
Yaz	(0.69 + 0.15 + 0.54 + 0.67) * 2.5 = 5.81		
Sonbahar	(0.58 + 0.22 + 0.57 + 0.8) * 2.5 = 5.81		

TRIX değerleri, kendi aralarında karşılaştırılabilen çeşitli alt bölgeler için yeniden revize edilmiş prosedürle belirlenmektedir. Kuzey Denizi alanları diğer alt bölgelerle karşılaştırılabilen anlamlı yüksek değerler gösterir. Muhtemelen bu durum, alandaki yüksek nutrient seviyesinden kaynaklanmaktadır. Bazı alanlar için mevsimler arası değişkenlik çok küçüktür.

İkinci TRIX hesaplanmasında ortaya çıkan problem, farklı yıllardaki sonuçların karşılaştırılmasıdır. Bu durumda minimum, maksimum ve aralık değerler birbirini takip eden yıllarda toplanan verilerin dağılımına göre yeniden hesaplanmalıdır. Karşılaştırma yapmak için TRIX'in belirlenmesi ve ötrofikasyon eğiliminin ayırt edilmesi zor olacaktır.

Avrupa sularında yapılan iç karşılaştırmalardan sonra, Vollenweider vd. (1998)'nin çalışmalarında kullandığı limitlerin benimsenmesine ve uygulanmasına karar verilmiştir. İstasyonların tamamında yapılan ölçümlerin dikkate alınmasıyla yapılan hesaplamalarla orijinal veri setleri işlenmiştir. TRIX değeri her bir istasyon ve mevsim için hesaplanmıştır.

Yaz mevsimi veri setlerinde en iyi temsildir. En yüksek TRIX değerleri Alman Körfezi'nde (yüksek nutrient ve klorofil derişimleri nedeniyle) ve Belt Denizi'nde (nispeten yüksek klorofil derişimlerinden dolayı) izlenmektedir. En düşük TRIX değeri ise nutrient ve klorofil derişimlerinin düşük olduğu Kuzey Denizi ve Skagerrak arasındaki bölgede izlenmiştir.

Tablo 6. Kuzey Denizi/ Skagerrak/Kattegat alanının alt alanlarındaki genel limitler, aralıklar ve mevsimsel TRIX değerleri

Limitler ve aralıklar	Minimum log birimleri	Maksimum log birimleri	Aralık Log max. - log min.	
Klorofil-a µg/l	-0.3	1.12581	1.425	
Oksijen abs (100-%O)	-1	1.509	2.509	
Toplam azot µM	0.904	1.51	0.608	
Toplam fosfor µM	-0.65	0.1307	0.78665	
Trofik index	$\{((\log C - \log \text{min. } C) / \text{Range } C) +$ $\{((\log O - \log \text{min. } O) / \text{Range } O) +$ $\{((\log N - \log \text{min. } N) / \text{Range } N) +$ $\{((\log P - \log \text{min. } P) / \text{Range } P)\} * \{10/4\} =$			
Sub-area	TRIX kış	TRIX ilkbahar	TRIX yaz	TRIX sonbahar
Baltığın Batısı	6.12	5.43	6.09	6.2
Kattegat ve Kemer Denizi	7.09	6.15	4.85	6.04
Kuzey Denizi	9.04	7.47	8.125	7.71
The Sound	5.83	5.1	5.27	6.205
Skagerrak	6.565	7.51	5.55	6.1

1.6.2. TRIX'in Değerlendirilmesi

Dört değişken için Vollenweider vd. (1998)'nin maksimum ve minimum değerleri kullanılarak daha önceden hesaplanmış TRIX değerleriyle karşılaştırıldığında, TRIX değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Prensipite bu prosedür farklı coğrafik bölgelerden elde edilen TRIX değerlerinin karşılaştırılabilmesini sağlar. Ancak, üst ve alt limitler arasındaki geniş fark, farklı TRIX değerleri arasında ayırım yapma ihtimalini düşürerek TRIX'i daha duyarsız ve riskli hale getirir. Eğer Vollenweider vd. (1998) tarafından öngörülen ve kullanılan limitler, Avrupa kıyı ve deniz sularının izlenip değerlendirilmesi için kabul edilebilir ise, bu durum doğrulanmalı ve tartışılmalıdır. Aralıklar, TRIX hassasiyetini arttırmak için farklı bölgeler veya alanlar için tanımlanmalıdır. Aynı zamanda, TRIX hesaplaması için hangi verinin kullanılması gerektiğine (yıllık ortalama değerler, mevsimsel ortalama değerler, farklı yıllardaki ortalama değerler) karar verilmek zorundadır. Bu sayede indeks doğal meteorolojik zorunlu değişimler için daha az hassas olur.

Bu sorunlara rağmen TRIX'e genel yaklaşım oldukça yüksektir. Daha fazla gelişme ile Avrupa deniz ve kıyı suları için trofik seviyenin izlenmesi ve değerlendirilmesi, ötrofikasyon eğiliminin belirlenmesi daha pratik ve karşılaştırılabilir hale gelebilir.

TRIX'in hesaplanması için yerinde ölçümler kullanılmıştır. Kıyılarda uzun vadeli olarak amaç uzaktan algılanan veriler (birinci alanda klorofil verileri geniş saha sensörleri ile türetilir) ile beraber yerinde veriler kullanılarak uzaysal TRIX türetilmektedir. Uzaysal veriler genel amaçlı olarak kullanılan veri tabanlarının ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda kullanılan coğrafi bilgiler içeren veri tabanı türüdür.

Trofik durumun uzaysal ve zamansal tanımı; nehir girişlerinin ve sıcak noktalarının ötrofikasyonla ilgili etkilerinin izlenmesine ve eğilim hesaplamalarına izin vermelidir. Ne yazık ki, nutrientlerin ve oksijenin yerinde yapılan ölçümlerle elde edilen verileri genel olarak, uzaktan algılanan klorofil verileri ile birlikte kullanılmak üzere uzaysal ara değerini bulmaya çok az izin verir. Ancak, örnek istasyonlardan alınan yerinde ölçüm verilerinde TRIX'in kullanımı hala oldukça yaygındır.

Pettine vd., (2007) tarafından yapılan çalışmada Avrupa Su Çerçeve Talimatları (WFD) ışığında trofik durum için TRIX İndeksi değerlendirilmiş ve İtalyan kıyı sularına uygulanabilirliği tartışılmıştır. TRIX'in kıyısal sularda trofik durumun değerlendirilmesi için yararlı ölçümler sağladığı ancak bir kaç nedenden dolayı WFD tarafından önerilen

uygun bir sınıflandırma prosedürü olmadığı tespit edilmiştir. Referans ve etkilenen alanlar için skala dışı TRIX (UNTRIX) değerleri belirlenmiş ve iki alternatif sunulmuştur.

Kıyı sularının İtalya Su Mevzuatına göre sınıflandırılması ve Avrupa Su Çerçevesi kapsamında karşılaştırılmasını konu alan Casazza ve Silvestri (2003) tarafından yapılan çalışmada TRIX değerlendirilmiştir. Denizel kıyı sularının izlenmesi ve sınıflandırılması için İtalya su mevzuatının şart koştuğu gereklilikler ve önemli noktalar analiz edilmiştir.

Pauly ve Watson (2005) tarafından yapılan çalışmada deniz sistemlerinde Trofik İndeksin biyoçeşitlilik olarak ölçülmesi değerlendirilerek trofik seviyenin nelere bağlı olarak değiştiği açıklanmıştır.

Yurga vd., (2005)'nin Ildırı Tesisleri'nde yürüttükleri çalışmalarında mikroplankton tür çeşitliliğini ortaya koyarak TRIX İndeksinde meydana gelen değişimleri araştırmışlardır. TRIX İndeksinin kafesler çevresindeki ototrofik aktivitelerin değerlendirilmesi için çok verimli bir indeks olduğunu ancak heterotrofi ve miksotrofi için duyarlı olmadığını, farklı ekolojik indekslerce desteklenmesi gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Salas vd., (2008) tarafından yapılan çalışmada trofik indeks TRIX'in iki farklı ekosistem olan Mar Menor Lagünü'ne (İspanya) ve Mondego Haliçi'ne uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada haliç sularının ötrofikasyon durumu sınıflandırmasında TRIX'in yetersiz kaldığını ortaya koymuşlardır.

Balkıs ve Balcı (2009) yaptıkları çalışmada Edremit Körfezi'nin kıyısız sularında nutrient ve klorofil-a'nın mevsimsel değişimini izleyerek ortamın trofik indeks değerlerini hesaplamışlardır. Yapılan bu çalışmaya göre ortamın düşük trofik seviyede ve yüksek kalite durumunda olduğu belirlenmiştir.

Giordani vd., (2009) Güney Avrupa'da yaptıkları çalışmada su geçiş sistemlerinde su kalitesinin ve trofik durumun değerlendirilmesi amacıyla yeni bir index geliştirmiş ve uygulamışlardır. Bu indeksin değerlendirmeleri, Fransa Araştırma Enstitüsü'nün deniz işletmeleri için sınıflandırma planı ve trofik indeks ile karşılaştırması ile yapılmıştır.

Moncheva vd., (2002) yaptıkları çalışmada Bulgaristan'ın Karadeniz kıyı ekosisteminin ekolojik kalitesinin belirlenmesi amacıyla ötrofikasyon indeksinin uygulanmasını değerlendirmişlerdir.

Hassas alan olarak nitelendirilen geçiş sularının trofik durumunun belirlenmesi için Alexandrova vd., (2007) tarafından bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmada Varna

Lagunü'nün ekolojik durumu biotik indeks ve fito-zooplankton topluluklarının büyüklüklerine göre değerlendirilmiştir.

1.6.3. Ötrofikasyon Risk İndeksi

Ötrofikasyon risk indeksi JRC (Ortak Araştırma Merkezi) tarafından geliştirilmektedir. Amaç, Avrupa kıyı denizlerinin, ötrofikasyon açısından hassas alanlarında bir indikatör belirlemektir. Ötrofikasyon risk indeksi, en üst tabakadaki yüksek ve sık fitoplankton biokütlesini klorofil olarak hesaplamayı temel almaktadır. Bu indeks fiziksel klimatolojiyi temel alan diğer bir indikatör ile birleştirilir. Fiziksel hassas alanlar (PSA) indeksi olarak adlandırılan bu indeks ile ötrofikasyon ve oksijen tüketimine (yüksek hidrodinamik ve derin sular) fiziksel direnç gösteren alanlar ile düşük fiziksel direnç (düşük hidrodinamik ve sığ sular) gösteren alanların ayrılabilmesine yardımcı olacaktır.

Ötrofikasyon risk indeksinin, çok hassas ekosistemleri (hipoksi olaylar) daha az hassas ekosistemlerden (oksijen azalmasından dolayı biyolojik stres) ve hassas olmayan sistemlerden ayrılabilmesi gerekir

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

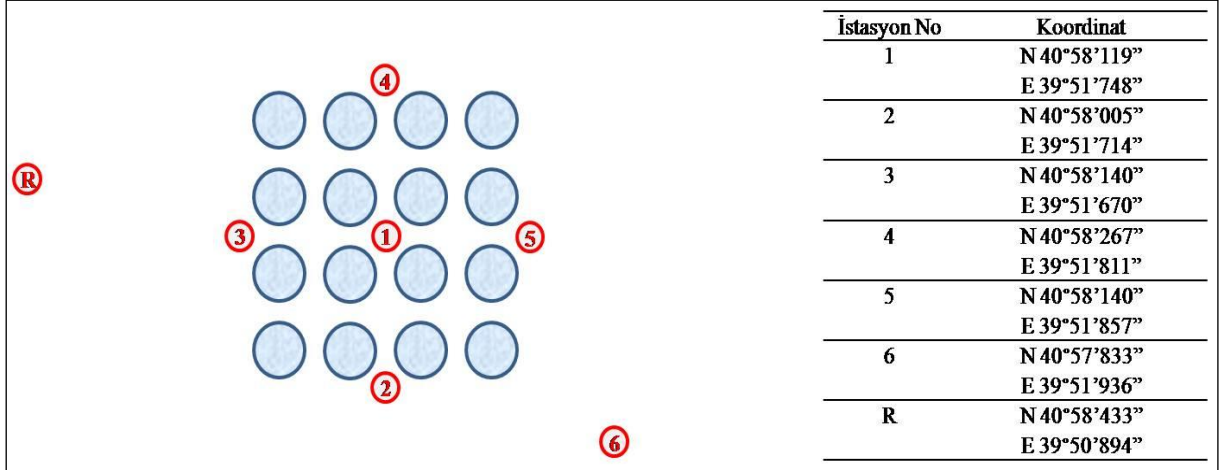
2.1. Materyal

2.1.1. Örnekleme

Bu çalışma için Trabzon İli Yomra ilçesi sınırları içinde kalan kıyı bandında 1991 yılından beri faaliyet gösteren bir çiftlik uygulama alanı olarak seçilmiştir. Aralık 2009 ile Kasım 2010 tarihleri arasında aylık periyotlarla toplam 12 arazi çalışması yapılmıştır. TRIX İndeksi belirlenmesi amacıyla alınan örnekler, 24.01.2007 tarih ve 26413 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Denizlerde Balık Çiftliklerinin Kurulamayacağı Hassas Alan Niteliğindeki Kapalı Koy ve Körfez Alanlarının Belirlenmesine İlişkin Tebliğ”de belirtildiği gibi, balık çiftliğinin kapladığı alanın ortasından ve dört kenarının 20’şer metre açığından olmak üzere beş noktadan yapılmıştır. Ayrıca kafes sisteminden 1 km açıktaki akıntı yönüne ters ve yetiştiricilik ünitelerinden etkilenmediği kabul edilen bir referans istasyonu ve karasal etkinin ortaya konması için referans istasyonunun güneyinde bir kıyı istasyonu belirlenmiştir (Şekil 5). Her örnekleme noktasında yüzey, orta ve dip olmak üzere üç farklı derinlikten numune alınmıştır. Seçilen istasyonların koordinatları Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 5. Araştırma sahası ve istasyonlar



Şekil 6. Çalışma istasyonlarının koordinatları

2.1.2.Araştırma Teknesi

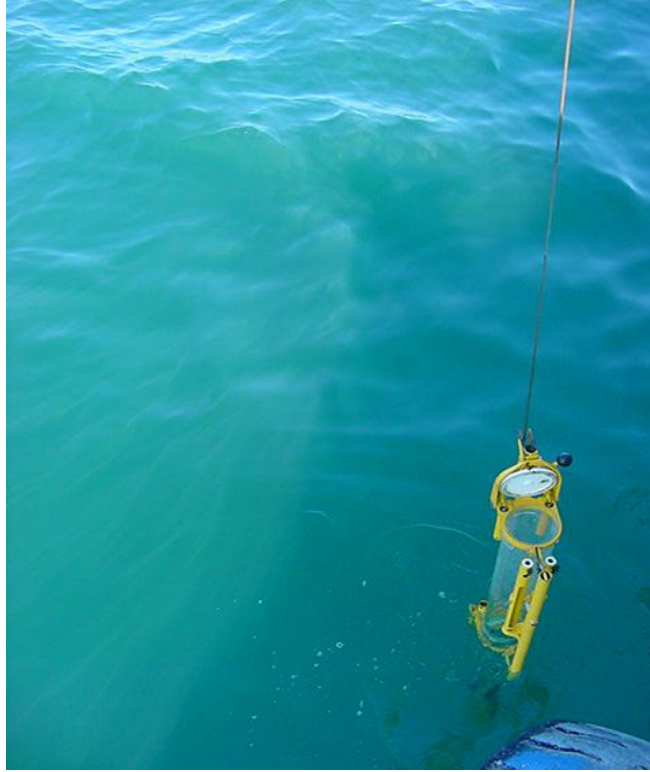
Deniz çalışmaları enstitüye ait SÜRAT-ARAŞTIRMA 1 gemisiyle yapılmıştır (Şekil 7). 24 m boyunda ve 365 HP gücündeki gemi, balıkçılık, stok tespiti ve su kirliliği çalışmaları yapılacak şekilde donatılmıştır. Gemide, su kolonunda sıcaklık, tuzluluk, elektriksel iletkenlik, sigma-t, çözülmüş oksijen, pH, klorofil-a, ışık geçirgenliği ve ORP ölçümleri yapabilen bilgisayar destekli SBE-25 model Sea-Bird CTD probu ve 12 adet x5 litre kapasiteli su örnekleyici mevcuttur.



Şekil 7. Çalışma süresince kullanılan sürat-araştırma 1 gemisi

Su kolonunda belirlenen derinliklerden su örneklerinin alınmasında Nansen şişesi kullanılmıştır (Şekil 8). Numuneler, 10/10/2009 tarihli ve 27372 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği’ne uygun olarak alınmış ve örnekleme için 09:00 – 11:00 saatleri tercih edilmiştir.

Alınan su örnekleri, yerinde yapılacak veya farklı muhafaza gerektiren analizler için kullanılacak örnek kaplarına konulmuş ve analiz anına kadar soğukta muhafaza edilmek üzere buz kabında saklanmıştır.



Şekil 8. Ölçümlerde kullanılan nansen şişesi

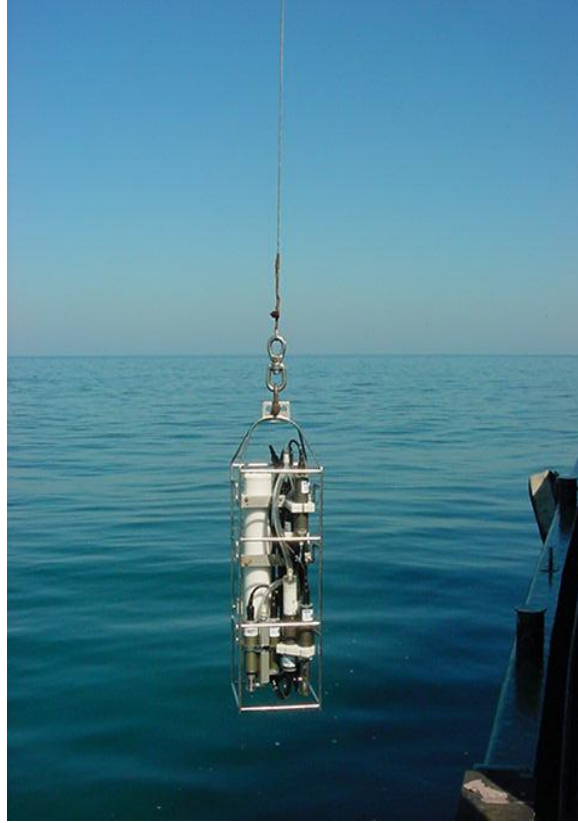
2.2. Yöntem

2.2.1. Su Kolonu CTD Ölçümleri

Deniz suyunda sıcaklık ölçümleri SBE 25 model CTD sisteminde bulunan SBE 3F sıcaklık sensörü ile 0.001 °C hassasiyetle elektro analitik yöntemle yapılmıştır (Şekil 9).

Bu amaçla CTD sistemi açma düğmesi kullanılarak açılıp yüzeyde stabilize için 2 dakika bekletilmiş ve prop su kolonunda hedeflenen derinliğe kadar vinç yardımıyla

indirilip tekrar çekilmiştir. Prop yüzeye geldiğinde kapama düğmesi kullanılarak kapatılmıştır. Böylece su kolunu boyunca saniyede 8 veri almak suretiyle veriler cihaz hafızasına alınmıştır. Daha sonra laboratuara getirilen prop bir bilgisayara bağlanmış ve alınan veriler temizlenip düzenlenmek suretiyle bilgisayar ortamına alınmıştır.



Şekil 9. Ölçümlerde kullanılan CTD probu

2.2.2. Deniz Suyunda pH Ölçümü

Deniz suyunda pH ölçümleri SBE 25 model CTD sisteminde bulunan SBE 27-I pH sensörü ile 0.001 hassasiyetle elektro analitik yöntemle yapılmıştır.

2.2.3. Deniz Suyunda Çözünmüş Oksijen Ölçümü

Belirlenen derinliklerden nansen şişesiyle numune alınmıştır. Hiç zaman kaybetmeden 300 mL'lik cam örnekleme şişelerine aktarılmıştır. Bu işlemde su örneği örnekleme şişesinin musluğuna ince, şeffaf ve yumuşak bir hortum takılıp ve hortumun

diğer ucunun oksijen şişesinin dip kısmına gelmesi sağlanarak yavaşça doldurulmuştur. Yaklaşık 100 ml kadar suyun akması ve şişeden taşması sağlanmıştır. Doldurma sırasında hava kabarcıklarının oluşmamasına dikkat edilmiştir. Hortumda su akmasına devam ederken yavaşça çekilmiş ve hiç zaman kaybetmeden 2 mL mangan sülfat ve 2 mL alkali azid iyodür çözeltileri pipet yardımıyla oksijen şişesinin dip kısmına yakın ilave edilmiştir. 15 kez ters yüz edilerek iyi bir karışım sağlanmıştır. Çökelek şişenin dibine inip Mn (OH)₂ tabakasının üzerinde berrak bir kısım kaldığında tekrar şişe çalkalanmıştır. En az 100 mL berrak sıvı meydana gelene kadar beklenmiştir. Çökme tamamen bittikten sonra 2mL derişik H₂SO₄ şişenin boynundan aşağıya bırakılıp, kapağı kapatılmış, birkaç kez ters yüz edilip ve hemen titre edilmiştir. Orijinal numunenin 200 ml sine eşit miktarda çözelti titrasyon için erlene alınmıştır. Çözeltinin rengi açık saman rengi olana kadar tiyosülfat ilave edilmiştir. 1-2 mL nişasta çözeltisi eklenmiş ve mavi rengin kaybolduğu noktaya kadar tiyosülfat ile titre edilmiştir (APHA, 1998).

$$\text{Çözünmüş Oksijen} = \frac{S \times N \times 8 \times 1000}{V_{\text{num}}} \quad (\text{mg / L Oksijen}) \quad (4)$$

$$\text{Numune Miktarı} = \frac{200 \times 300}{(300 - 4)} = 203 - 204 \text{ mL} \quad (5)$$

S: Tiyosülfat Sarfiyatı

F: Tiyosülfat Faktörü

N: Tiyosülfat Normalitesi

2.2.4. Deniz Suyunda Toplam Fosfor Tayini

Toplam fosfor analizi için otoklava dayanıklı bir kap içerisine, analiz edilecek örnekten 25 ml konulmuş üzerine 2 ml amonyum persülfat çözeltisi eklenmiş, kabın ağzı sıkıca kapatılarak 121°C, 15 PSI basınçta 30 dakika otoklav edilmiştir. Örnekler oda sıcaklığına getirildikten sonra 1 damla fenolftalein ilave edilerek NaOH ile titre edilmiştir. Üzerine 0.5 ml askorbik asit çözeltisi eklenip hafifçe çalkalanıp, yaklaşık 1 dakika beklenip 0.5 ml karışım çözeltisi (sülfürik asit, askorbik asit, antimon potasyum tartarat, amonyum molibdat) katılmıştır. 10-30 dakika reaksiyonun tamamlanması beklenerek spektrofotometre ile 880nm dalga boyunda ölçüm yapılmıştır (APHA, 1998; Grasshoff vd.,1983)

2.2.5. Deniz Suyunda Klorofil-a Tayini

Analizler için, 1 L'lik su örnekleri vakumlu (1/2 atm) süzme düzeneğinde 45µm göz genişliği, 47mm çapa sahip membran filtreden süzülmüştür. Örnekler hemen analiz edilmeyecek ise süzme işleminin sonlarına doğru 1L örnek için %5'lik MgCO₃ çözeltisinden yaklaşık 3 mL ilave edilmiştir. Daha sonra filtre kağıtları alüminyum folyoya sarılarak analize kadar -20 °C de saklanmıştır. Analizi yapılacak örneklere 10 ml %90'lık aseton ilave edilip, ağızları kapatılarak 24 saat buzdolabında bekletilmiştir. Buzdolabından çıkarılan örneklerde ezme işlemi uygulanmış, 2000-3000 rpm'de 10 dakika santrifüj edildikten sonra üstteki berrak sıvı otomatik pipetle alınarak spektrofotometre küvetine boşaltılmıştır. Okumalarda blank olarak %90'lık aseton kullanılmıştır. Örnekler, 750 nm, 665 nm, 645 nm ve 630 nm dalga boyunda ayrı ayrı okunmuştur. 750 nm'de okunan değer düzeltme değeri olup, bulanıklıktan meydana gelebilecek hataların giderilebilmesi için, bu dalga boyunda okunan değer, 665, 645 ve 630 nm'de okunan değerlerden çıkarılmıştır. Okunan değerler aşağıdaki eşitlikler kullanılarak klorofil-a değerleri hesaplanmıştır. Analizler APHA (1995)'e göre yapılmış ve hesaplanmıştır.

$$Chl - a = \frac{(11.6 \times A_{665} - 1.31 \times A_{645} - 0.14 \times A_{630}) \times V \times 10cc}{V_{num} \times d} \quad (6)$$

A : Karışık dalga boyunda blank (750 nm'deki absorbans) ile düzeltilmiş absorbans

V : Aseton miktarı(mL)

Vnum : Süzülen su numunesi miktarı (L)

d : Cell veya tüpün çapı(cm)

$$A_{665} = A_{665} - A_{750}$$

$$A_{645} = A_{645} - A_{750}$$

$$A_{630} = A_{630} - A_{750}$$

2.2.6. Deniz Suyunda Toplam İnorganik Azot Tayini

Besin elementleri (nitrat+nitrit azotu ve amonyum azotu) kalorimetrik yöntemle Seal analytical (iki kanallı) marka otoanalizör ile ölçülmüştür (Strickland ve Parsons, 1972;

Grasshoff vd.,1983; Standart Methods (APHA, 1995)). Ölçülen nitrit, nitrat ve amonyak azotunun toplamı çözülmüş inorganik azot olarak verilmiştir.

Nitrat+nitrit azotu, nitratın bakır-kadmiyum kolonunda indirgenmesi ile oluşan nitritin (orijinal numunede bulunan+indirgenmiş nitrat) α - naftiletilediamin dihidrolorür ve bağlanmış sülfanilamid ile koyu renkli azo boya formuna dönüştürülerek (diazotlama) 540 nm'de ölçülmesiyle bulunmuştur.

Amonyum azotu, hipoklorid ve fenol ortamında kolorimetrik olarak otoanalizörde ölçülmüştür. Monochloramin ile klorlanmış olan amonyak fenol ile reaksiyona girmiştir. Oksidasyondan sonra oksidatif olarak bağlanan yeşil renkli bir kompleks nitropurisside tarafından kataliz edilmiştir. Klorlama için sodyum hipoklorit kullanılmıştır. Oluşan bu kompleks formun absorpsiyonu 630 nm'de ölçülmüştür.

3. BULGULAR

Aralık 2009 - Kasım 2010 tarihleri arasında Trabzon İli Yomra ilçesi sınırları içinde kalan kıyı bandında belirlenen 7 istasyondan alınan yüzey, orta ve dip suyu örneklerinde yapılan çözünmüş oksijen, toplam fosfor, klorofil-a, nitrat+nitrit azotu, amonyum azotu ve trofik indeks analiz sonuçları Tablo 7-14 arasında verilmiştir.

Tablo 7. İstasyonların çeşitli derinliklerindeki çözünmüş oksijen (mg/L) değerlerinin aylara bağlı değişimi

İst. adı	Derinlik	Ara.		Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.		Haz.	Tem.		Ağu.		Eyl.	Eki.	Kas.	
		2009	2010					2010	2010		2010	2010	2010	2010			2010	2010
Ref.	Yüzey	8.72	9.17	10.13	10.60	9.99	9.99	9.84	8.37	7.43	7.80	7.64	7.96	8.44				
	Orta (20m)	8.67	9.30	9.99	10.50	9.90	9.90	9.75	9.64	7.47	7.84	7.70	8.80	8.42				
01	Dip (50m)	8.62	9.26	9.04	9.80	9.30	9.30	9.15	8.35	9.35	7.31	7.62	8.50	8.38				
	Yüzey	8.72	9.26	10.09	10.60	10.20	10.20	8.75	8.00	7.43	7.63	7.62	8.46	8.19				
	Orta (20m)	8.67	9.26	10.09	10.60	10.00	10.00	9.75	8.26	7.42	8.02	8.30	7.91	7.92				
	Dip (54m)	8.72	9.40	9.70	9.70	9.40	9.40	8.65	9.48	9.40	8.63	7.97	8.15	8.54				
02	Yüzey	8.72	9.30	9.99	10.64	10.20	10.20	9.25	8.15	7.62	7.76	7.83	8.28	8.16				
	Orta (20m)	8.62	9.21	9.95	10.40	9.85	9.85	9.54	8.15	7.57	7.66	7.58	7.84	8.28				
	Dip (39m)	8.64	9.30	9.60	9.85	9.50	9.50	9.10	8.77	8.46	8.05	8.52	8.25	8.00				
	Yüzey	8.73	9.26	10.09	10.50	10.25	10.25	9.50	8.00	7.70	7.93	7.69	8.21	8.37				
03	Orta (20m)	8.72	9.30	9.99	10.44	10.00	10.00	9.75	8.18	7.54	7.56	7.62	7.76	8.38				
	Dip (55m)	8.67	9.30	9.60	9.50	9.35	9.35	8.60	8.48	9.52	9.57	8.24	6.52	8.18				
	Yüzey	8.72	9.30	10.20	10.54	10.05	10.05	9.20	8.06	7.80	7.70	7.60	8.35	8.40				
	Orta (20m)	8.82	9.40	9.99	10.44	9.90	9.90	9.75	7.75	7.40	7.62	7.64	7.82	8.31				
04	Dip (60m)	8.80	9.34	8.95	9.25	9.05	9.05	8.60	9.36	8.88	8.78	8.10	8.46	7.93				
	Yüzey	8.67	9.30	10.15	10.60	10.30	10.30	9.35	8.32	7.60	8.35	7.32	8.31	8.49				
	Orta (20m)	8.67	9.40	9.95	10.54	10.00	10.00	9.84	7.98	7.70	7.87	7.62	7.91	8.40				
	Dip (56m)	8.67	9.45	9.45	9.45	9.25	9.25	8.55	9.51	9.30	9.52	8.22	7.66	8.30				
05	Yüzey	8.67	9.45	10.05	10.50	10.25	10.25	9.54	7.98	7.70	8.20	7.70	8.44	8.42				
	Orta (20m)	8.67	9.17	9.99	10.30	9.80	9.80	9.50	8.20	7.62	7.69	7.86	7.93	8.30				
	Dip (32m)	8.72	9.40	9.75	9.80	9.65	9.65	9.15	7.75	7.70	9.23	8.44	8.10	8.15				
	Yüzey	8.67	9.45	10.05	10.50	10.25	10.25	9.54	7.98	7.70	8.20	7.70	8.44	8.42				

Tablo 8. İstasyonların çeşitli derinliklerindeki klorofil-a ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin aylara bağlı değişimi

İst. adı	Derinlik	Ara.		Oca.		Şub.		Mar.		Nis.		May.		Haz.		Tem.		Ağu.		Eyl.		Eki.		Kas.	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Ref.	Yüzey	0.669	0.014	1.160	0.546	0.684	0.211	0.852	0.434	0.013	0.427	1.880	0.442												
	Orta (20m)	0.693	0.049	0.647	0.631	0.304	0.328	0.571	0.351	0.389	0.590	0.774	0.541												
01	Dip (50m)	0.722	0.001	0.333	0.258	0.063	0.191	0.256	0.128	0.039	0.047	0.099	0.234												
	Yüzey	0.934	0.036	1.205	0.879	1.520	0.470	0.396	0.360	0.217	0.360	1.567	0.697												
02	Orta (20m)	0.737	0.060	1.080	0.649	0.769	0.591	0.600	0.216	0.501	0.487	0.653	0.571												
	Dip (54m)	0.634	0.079	1.217	0.353	0.642	0.152	0.150	0.128	0.171	0.487	0.158	0.202												
03	Yüzey	0.895	0.095	1.988	0.969	1.266	0.427	0.652	0.896	0.428	0.382	2.161	0.624												
	Orta (20m)	1.031	0.122	1.102	0.501	0.457	0.417	0.734	0.593	0.348	0.494	0.702	0.553												
04	Dip (39m)	0.780	0.144	1.116	0.446	0.241	0.458	0.684	0.259	0.676	0.212	0.192	0.196												
	Yüzey	0.715	0.090	1.434	1.224	2.182	0.477	0.842	0.489	0.439	0.578	2.367	0.680												
05	Orta (20m)	0.946	0.138	0.905	0.549	0.687	0.545	0.814	0.546	0.426	0.690	0.692	0.596												
	Dip (55m)	0.530	0.233	0.806	0.404	0.204	0.084	0.562	0.031	0.441	0.046	0.099	0.288												
06	Yüzey	1.019	0.112	1.560	1.090	0.647	0.737	0.861	0.658	0.488	0.503	1.983	0.719												
	Orta (20m)	0.563	0.073	0.820	0.804	0.619	0.582	1.049	0.786	0.543	0.649	0.701	0.666												
07	Dip (60m)	0.503	0.102	0.932	0.237	0.212	0.147	0.192	0.150	0.063	0.178	0.195	0.220												
	Yüzey	0.902	0.104	1.445	0.651	1.064	0.586	0.686	0.547	0.832	0.531	2.630	0.785												
08	Orta (20m)	0.708	0.107	1.190	0.767	0.456	0.541	1.174	0.605	0.893	0.673	0.835	0.646												
	Dip (56m)	0.678	0.105	0.204	0.543	0.203	0.101	0.389	0.108	0.919	0.146	0.160	0.245												
09	Yüzey	1.052	0.126	1.928	0.971	1.170	0.471	0.754	0.580	0.562	0.320	2.525	0.874												
	Orta (20m)	0.873	0.136	1.056	0.437	0.963	0.939	0.704	0.432	0.728	0.808	0.236	0.730												
10	Dip (32m)	0.625	0.118	1.045	0.716	0.443	0.107	0.747	0.274	0.565	0.232	0.689	0.547												

Tablo 12. İstasyonların çeşitli derinliklerdeki trofik indeks değerlerinin aylara bağlı değişimi

İst. adı	Derinlik	Ara.		Oca.	Şub.		Mar.	Nis.	May.		Haz.	Tem.	Ağu.		Eyl.	Eki.	Kas.
		2009	2010		2010	2010			2010	2010			2010	2010			
Ref.	Yüzey	3.54	1.92	2.11	2.88	4.05	2.49	2.01	1.59	1.73	1.05	3.56	3.17				
	Orta (20m)	2.73	2.15	1.96	3.25	1.86	1.10	3.68	0.97	2.72	2.86	3.34	3.39				
01	Dip (50m)	2.96	0.57	2.47	3.27	1.24	3.79	3.55	0.52	2.67	1.79	1.94	2.26				
	Yüzey	3.78	2.94	1.79	3.63	3.39	4.03	3.19	2.90	2.52	1.41	3.67	3.25				
02	Orta (20m)	3.54	2.32	1.75	3.48	0.69	3.12	3.40	1.44	2.82	2.17	3.55	2.87				
	Dip (54m)	2.74	2.24	2.31	3.31	2.94	2.92	2.00	0.77	3.26	4.15	3.53	3.12				
03	Yüzey	3.20	3.20	2.25	3.80	3.29	4.52	1.81	3.15	2.82	2.51	2.40	3.42				
	Orta (20m)	3.32	2.57	1.98	2.88	2.31	1.62	2.89	1.60	2.60	2.48	3.65	2.83				
04	Dip (39m)	2.98	2.61	2.26	3.10	2.64	3.76	1.94	2.69	3.23	3.57	2.42	2.99				
	Yüzey	3.79	2.41	2.04	3.97	3.85	2.26	3.33	3.27	2.71	2.62	3.30	3.22				
05	Orta (20m)	3.31	2.74	1.79	2.23	1.98	3.17	1.71	1.24	2.03	1.99	3.35	2.72				
	Dip (55m)	2.88	2.73	2.06	3.67	2.69	2.56	2.28	1.49	2.56	3.11	3.87	3.14				
06	Yüzey	3.49	2.63	1.82	3.51	3.36	2.22	1.78	3.04	2.60	1.49	3.33	2.92				
	Orta (20m)	2.30	2.15	2.03	2.63	3.03	2.46	2.49	1.16	2.41	1.79	3.34	2.77				
07	Dip (60m)	3.51	2.24	2.51	3.51	3.57	2.07	1.14	2.60	3.34	2.56	2.74	2.50				
	Yüzey	3.15	2.83	1.87	3.68	3.71	2.21	3.28	2.79	2.91	3.28	3.06	3.36				
08	Orta (20m)	2.74	2.49	1.73	2.19	2.02	0.26	3.21	2.60	2.95	3.11	3.08	3.26				
	Dip (56m)	3.31	2.26	1.52	3.60	2.70	1.83	2.20	0.65	3.31	3.48	3.41	3.03				
09	Yüzey	4.27	2.76	2.26	3.82	3.76	3.98	3.55	1.69	2.95	1.39	3.24	3.58				
	Orta (20m)	3.10	2.62	2.27	1.54	3.04	3.54	3.41	1.18	2.43	3.00	3.19	3.48				
10	Dip (32m)	3.18	2.26	2.13	2.88	3.50	1.60	2.23	2.53	3.15	3.39	3.22	3.41				

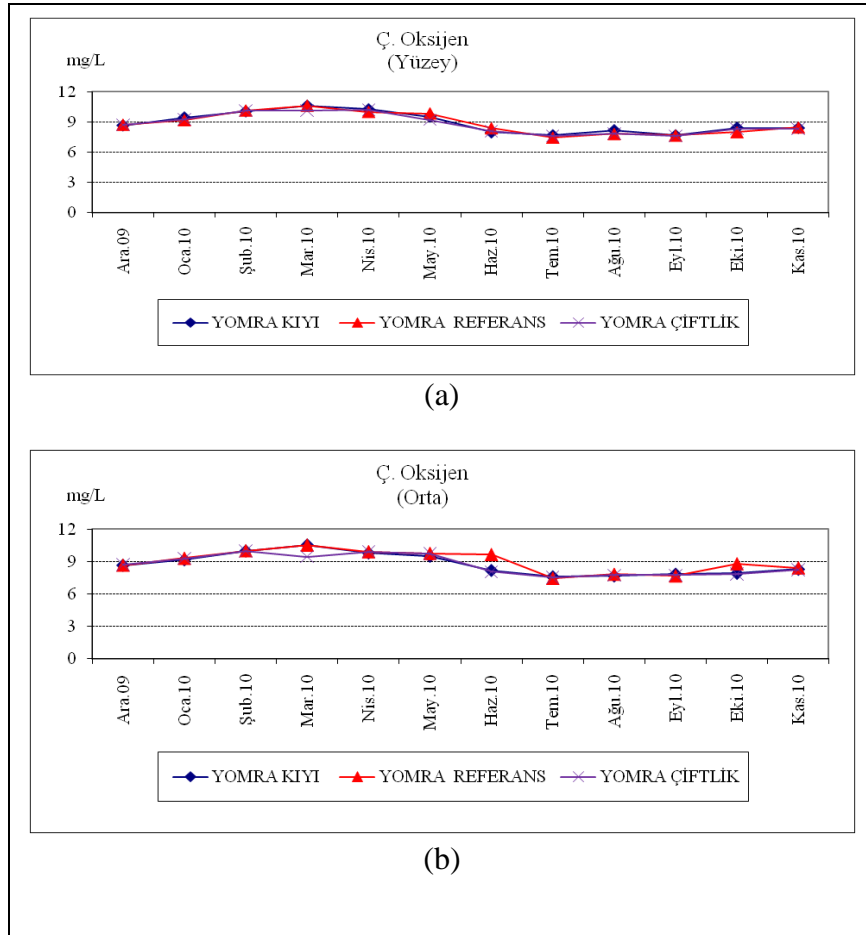
Tablo 15. Referans, çiftlik, kıyı ve tüm istasyonlarının fiziko-kimyasal özelliklerinin ortalama, en yüksek ve en düşük değerleri

PARAMETRELER	REF			ÇİFTLİK			KIYI			TÜM İSTASYONLAR		
	Ort ±	Min	Max	Ort ±	Min	Max	Ort ±	Min	Max	Ort ±	Min	Max
NO ₃ +NO ₂ -N µg/L	7.088±0.8531	0.098-	26.320	6.708±0.4832	0.098-	54.040	7.055±1.0574	0.630-	22.870	7.264±0.4264	0.098-	54.040
NH ₄ -N µg/L	14.082±1.6199	1.680-	45.210	9.860±0.4710	0.420-	34.300	12.635±1.5368	1.680-	38.290	10.909±0.5079	0.420-	45.210
T.Fosfat µg	4.159±0.9759	0.100-	27.489	5.010±0.5695	0.100-	63.496	5.361±1.0000	0.100-	25.360	5.006±0.5034	0.100-	63.496
Klorofil-a µg/L	0.454±0.0593	0.001-	1.880	0.610±0.0317	0.031-	2.630	0.708±0.0804	0.107-	2.525	0.601±0.0286	0.001-	2.630
Trix İndeksi	2.503±0.1534	0.522-	4.054	2.771±0.0497	0.258-	4.516	2.875±0.1287	1.179-	4.268	2.702±0.0494	0.258-	4.516
Ç. Oksijen mg/L	8.811±0.1451	7.310-	10.600	8.755±0.0610	6.524-	10.640	8.827±0.1493	7.620-	10.500	8.830±0.0570	6.254-	10.640

4. TARTIŞMA

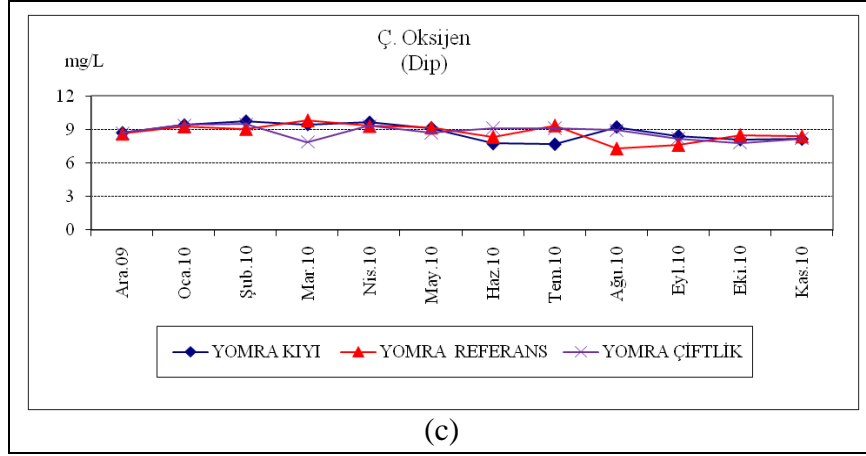
Elde edilen verilerin değerlendirilmesi kıyı, referans ve çiftlik istasyonlarının karşılaştırılmasıyla yapılmıştır. Çiftlik istasyonu değeri olarak 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu istasyonlarının ortalaması kullanılmıştır.

Aylar itibariyle çalışılan istasyonlarda çözünmüş oksijen derişimi minimum 6.52 mg/L ile maksimum 10.64 mg/L değerleri arasında değişmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. İstasyonların yüzey (a), orta (b), dip (c) derinliklerindeki çözünmüş oksijen (mg/L) değerlerinin aylara bağlı değişimi

Şekil 10'un devamı



Çözünmüş oksijen derişimi suyun kirlenme düzeyi, organik madde derişimi ve kendi kendine ne derece temizlenebileceği hakkında bilgi vermektedir. Denizde çözünmüş oksijen derişimini atmosferle etkileşim, fiziksel hareketler ve biyokimyasal olaylar kontrol eder. Deniz suyunda oksijenin en önemli kaynağı fotosentez reaksiyonu olup, organik maddenin parçalanmasında ise tüketilir.

Çalışılan tüm istasyonlarda çalışma süresince ölçülen dip, orta ve yüzey sularının çözünmüş oksijen değeri minimum 6.52 mg/L olarak ekim ayında 3.istasyonun dip derinliğinde, maksimum 10.64 mg/L olarak mart ayında 2. istasyonun yüzeyinde, ortalama ise 8.83 ± 0.057 olarak tespit edilmiştir. Önemli bir su kalite parametresi olan çözünmüş oksijen değeri referans istasyonu ile çiftlik istasyonları arasında karşılaştırıldığında belirgin bir farklılık görülmemektedir (Şekil 10). Bu durumun, akıntı hızı ve yönü ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Akarsu ağzına yakın kıyı bölgesinde ise yüzey suyu çözünmüş oksijen değeri referans ve çiftlik istasyonlarıyla benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bu durumun, bölgede fitoplankton artışına bağlı fotosentez sonucu oksijen artışına bağlı olduğu düşünülmektedir. Mevsimler arası fark görülmekle birlikte oluşan mevsimler arası farklılıkların en önemli nedeninin ise su sıcaklığının artışından veya azalışından ileri geldiği düşünülmektedir.

Mart ayında çözünmüş oksijen seviyesindeki en yüksek değeri (10.64 mg/L), sıcaklıkların düşük olması ve kafes yüzeyinde bu ayda gözlenen fotosentetik aktivitede yükselmeye açıklanabilir. Çiftlik istasyonunda Ekim ayında dip derinliğindeki en düşük (6.52 mg/L) çözünmüş oksijen değeri ise üretim periyodunda sedimana çöken organik materyalin oksijen değeri bir düşüşe neden olmasının sebep olduğu varsayılmaktadır.

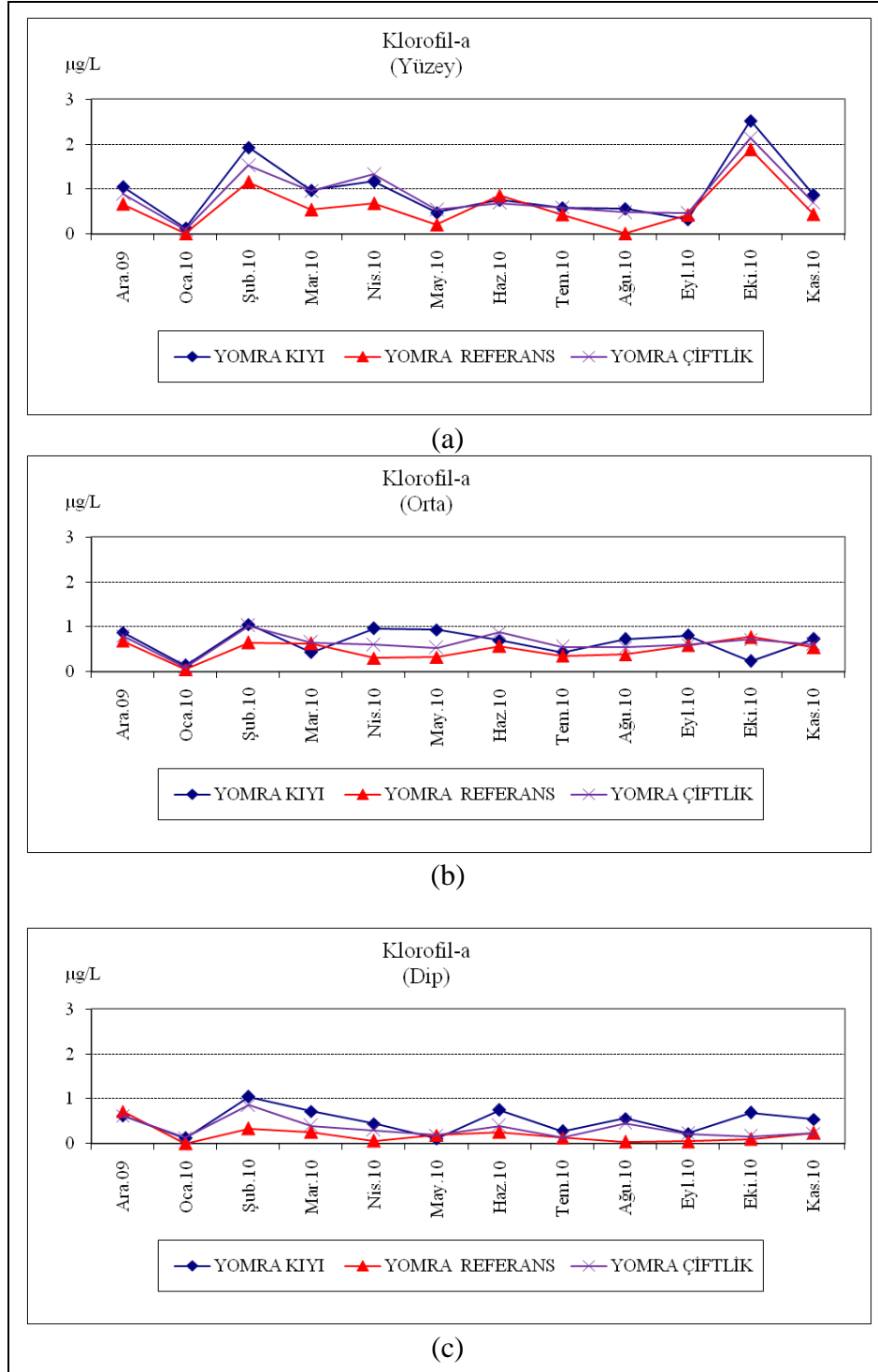
Bu değerin Dirican (2005) tarafından belirtilen balık üretiminde en az kabul edilebilir oksijen değerinden (5 mg/L) yine de yüksek olduğu görülmektedir.

Çözünmüş oksijen, nütrient dinamiği açısından en önemli parametrelerden biridir. İstasyonlarda çalışma süresince yapılan ölçümlerde çözünmüş oksijen değeri referans istasyonunda minimum 7.31 mg/L ile maksimum 10.60 mg/L arasında, çiftlik istasyonlarında minimum 6.52 mg/L ile maksimum 10.64 mg/L arasında ve kıyı istasyonunda ise minimum 7.62 mg/L ile maksimum 10.50 mg/L arasında değişmiş olup çevresel açıdan kritik değer olan 5 mg/L çözünmüş oksijen düzeyine ve altına hiçbir istasyonda düşmemiştir (Tablo15).

Yüzey suları ile dip suları çözünmüş oksijen değişimi bakımından benzer bir eğilim göstermekle beraber kış aylarında çözünmüş oksijen değerleri 11 mg/L düzeyine yükselmekte, yaz aylarında ise sıcaklıkta artış olduğundan azalarak ortalama 7 mg/L düzeyine kadar düşmektedir. Referans istasyonu ile çiftlik istasyonları karşılaştırıldığında belirgin bir ayırım görülmemektedir. Yabancı tarafından Karaburun Yarımadası civarında kafes balığı yetiştiriciliği yapılan Gülbahçe ve Gerence körfezlerinde gerçekleştirilen araştırmalarda her iki körfezde de kafes ve referans istasyonları arasında istatistiksel anlamlı bir fark bulunamamıştır (Yabancı, 2007). Çakır ve arkadaşları tarafından İzmir Körfezi'nde yapılan çalışmada en düşük yüzey suyu çözünmüş oksijen değeri 5.76 mg/L (Ekim), en yüksek yüzey suyu çözünmüş oksijen değeri ise 11.25 mg/L (Ocak) olarak belirlenmiş ve istasyonlar arası farkın önemsiz olduğuna belirlenmiştir (Çakır vd., 2005).

Organik atıkların oksijen seviyesini düşürmesi bir gerçek olmakla birlikte çiftlik faaliyetlerinin çevre sularının oksijen seviyesi üzerinde önemli düzeyde düşürücü bir etki göstermediği tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışma bölgesinde dip suyunda bile çözünmüş oksijen değerlerinin yüzey sularındaki değerlere yakın oluşu bölgede yapılan balık yetiştiriciliğinin su kalitesinde önemli bir olumsuzluk yaratmadığını göstermektedir.

Aylar itibariyle çalışılan istasyonlarda klorofil-a derişimi minimum 0.001 µg/L ile maksimum 2.630 µg/L değerleri arasında değişmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. İstasyonların yüzey (a), orta (b), dip (c) derinliklerindeki klorofil-a (µg/L) değerlerinin aylara bağlı değişimi

Klorofil-a birincil üretimin indirekt bir göstergesi olmakla beraber fotosentetik aktivite gösteren tek hücreli alglerin pigmentlerinden yararlanarak belirlenmektedir. Tek hücreli ve diğer bitkisel organizmalarda yeşil renkli pigment olan klorofil-a özellikle deniz

suyunda fitoplankton derişiminin bir göstergesidir. Klorofil-a değeri ile birincil üretim arasında ampirik bir bağlantı söz konusudur.

Fotosentez yapan canlılarda bulunan klorofil-a'nın yüksek değerlerde ölçülmesi sucul ortamda yoğun miktarda besin maddesi tüketimi bulunduğuna işaret etmektedir. Bu da sucul ortamda organik bir kirlilik bulunmasının veya ortam şartlarının (örneğin sıcaklık) değişmesinin göstergesidir. Klorofil derişimlerinin yüzey suyu sıcaklığı, tuzluluk, akıntı rejimi, yukarı taşınım (upwelling) ve besin elementleri derişimleri ile yakından ilişkili olduğu saptanmıştır.

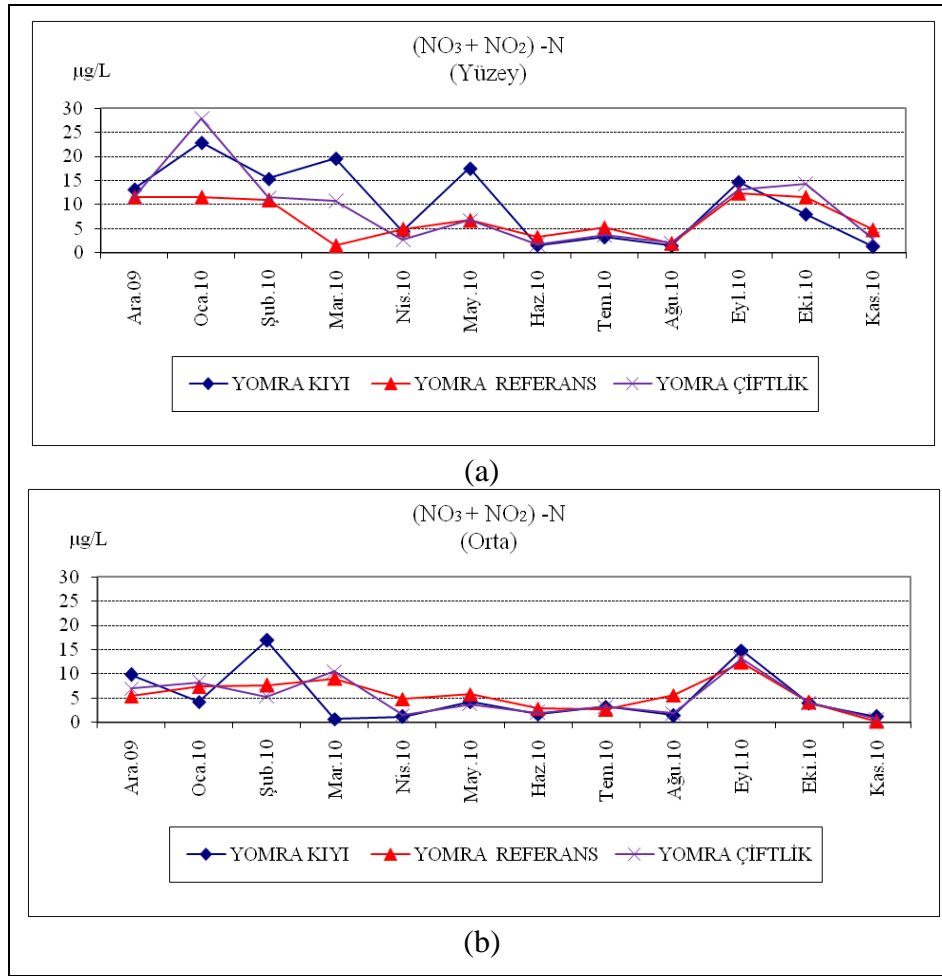
Çalışılan tüm istasyonlarda yapılan ölçümlerde dip, orta ve yüzey sularının minimum klorofil-a değeri ocak ayında referans istasyonunun dip derinliğinde 0.001 µg/L, maksimum değeri ekim ayında 5. istasyonun yüzeyinde 2.630 µg/L ve ortalama değeri 0.601 ± 0.028 olarak tespit edilmiştir. Klorofil-a değerleri referans, çiftlik ve kıyı istasyonları arasında değerlendirildiğinde nehir girdilerinin yoğun olduğu kıyısularda klorofil miktarları açık sulara kıyasla daha yüksek derişimlerde bulunmuştur. Bu durum dereyle taşınan besin tuzlarının kıyısuları etkilemesiyle açıklanabilir. Yıllık ortalamalara bakıldığında çiftlik istasyonlarının klorofil-a değeri ortalaması çiftlikten kaynaklı besin maddelerinden dolayı referans istasyonuna göre daha yüksektir.

Klorofil-a derişimleri mevsimler arası incelendiğinde yüzey sularına yeterli ve gerekli oranda besin tuzlarının ulaşmadığı ve balıkçılık faaliyetlerinin minimuma indiğı kurak yaz aylarında klorofil derişimlerinde düşüşün olduğu, yağışların fazla olduğu bahar aylarında ise derişimlerin yükseldiğı görülmektedir (Şekil 11). Zengin besin tuzu girdilerinin etkisinde bulunan Karadeniz'in orta derecede (zaman, mekana bağılı olarak bazen de yüksek derecede) verimliliğe sahip olduğu bilinmektedir (Koblentz- Mishke vd., 1970). Sorokin (1983)'e göre bu denizde iki fitoplankton patlaması dönemi bulunmaktadır. Bunlardan birincisi erken ilkbaharda diatomlar tarafından, ikincisi ise sonbaharda kokkollitler tarafından gerçekleştirilmektedir. Birincil üretim açık sularda bağılı olarak düşükken kıyı alanlarındaki örneğin kuzey batı kıta sahanlığında yüksektir (Yılmaz. 2002).

İstasyonlarda çalışma süresince yapılan ölçümlerde klorofil-a değeri referans istasyonunda minimum 0.001 µg/L ile maksimum 1.880 µg/L arasında, çiftlik istasyonlarında minimum 0.031 µg/L ile maksimum 2.630 µg/L arasında ve kıyı istasyonunda ise minimum 0.107 µg/L ile maksimum 2.525 µg/L arasında değişiklik göstermiştir (Tablo15). Yüzey suları ile dip suları klorofil-a değişimi bakımından benzer bir eğilim göstermekle beraber yüzey sularında meydana gelen pikler dip sularında daha

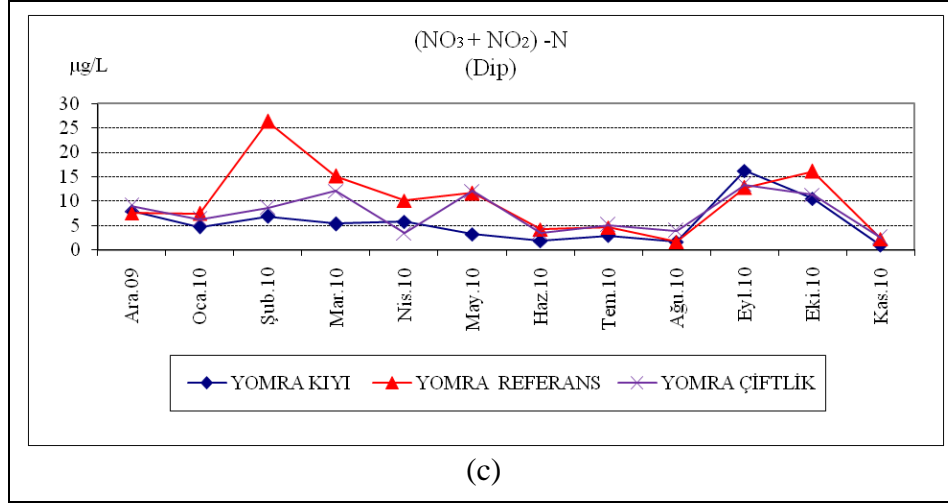
düşük derişimlerde izlenmektedir. Nütrient analizleri ile klorofil-a değerleri karşılıklı azalan ve artan düzeylerde olmak üzere ters giden bir eğilim göstermektedir. Artan klorofil-a ve azalan nütrient ilişkisi, organik madde üretilirken nütrientlerin kullanıldığının göstergesidir.

Aylar itibariyle çalışılan istasyonlarda ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$)-N ($\mu\text{g/L}$) derişimi minimum 0.098 $\mu\text{g/L}$ ile maksimum 54.040 $\mu\text{g/L}$ değerleri arasında değişmektedir (Şekil 12).



Şekil 12. İstasyonların yüzey (a), orta (b), dip (c) derinliklerindeki ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$)-N ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin aylara bağlı değişimi

Şekil 12'nin devamı



Azotlu bileşikler, sucul ekosistemlerde genellikle amonyak, nitrat ve nitrit formlarında bulunmaktadır. Nitrit ve nitrat deniz ortamında protein ve amonyumun biyolojik parçalanması (oksitlenmesi) sonucunda oluşmaktadır. Bu inorganik bileşikler sürekli çevrim halinde bulunmaktadır. Bakteriyel oksitlenme sırasında önce nitrit daha sonra nitrat oluşur. Nitrit ve nitrat kara kaynaklı atıklarla da (gübre fabrikaları atıkları gibi) denize taşınmaktadır. Fotosentez yapan canlıların büyük bir kısmı azotu nitrat ya da amonyak olarak absorbe etmektedir.

Nitrit, amonyum azotunun gram negatif kemoototrofik aerobik bakteriler tarafından iki basamaklı oksidasyon olayı olan nitrifikasyon olayının orta ürünüdür. Ortamda birikim yapmaz ve ara ürün olduğundan hemen nitrata dönüşür (Gedik vd., 2010).

Belirlenen yetiştiricilik işletmesinde yapılan ölçüm ve örneklemelerde çiftlik ve referans istasyonları ile kıyı istasyonlarının $(NO_3^-+NO_2^-)$ -N ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin ender durumlar dışında birbirinden farklı değişimler göstermediği anlaşılmıştır. İstasyonlarda belirlenen minimum $(NO_3^-+NO_2^-)$ -N değerinin kasım ayında referans istasyonunun orta derinliğinde $0.14 \mu\text{g/L}$, maksimum değer ocak ayında 1. istasyonun yüzey suyunda $54.04 \mu\text{g/L}$ ve ortalama değer 7.26 ± 0.43 olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda, $(NO_3^-+NO_2^-)$ -N derişimlerine ait en yüksek değerler kış aylarında izlenmiştir (Şekil 12). Yaz aylarında işletmelerde balıkçılık faaliyetlerinin olmadığı veya en aza indirildiği dönemlerde düşük $(NO_3^-+NO_2^-)$ -N değerlerinin olduğu görülmektedir. Ruiz vd., (2001)'de Murcia (İspanya) kıyısında kurulu bir balık çiftliğinin (700-800

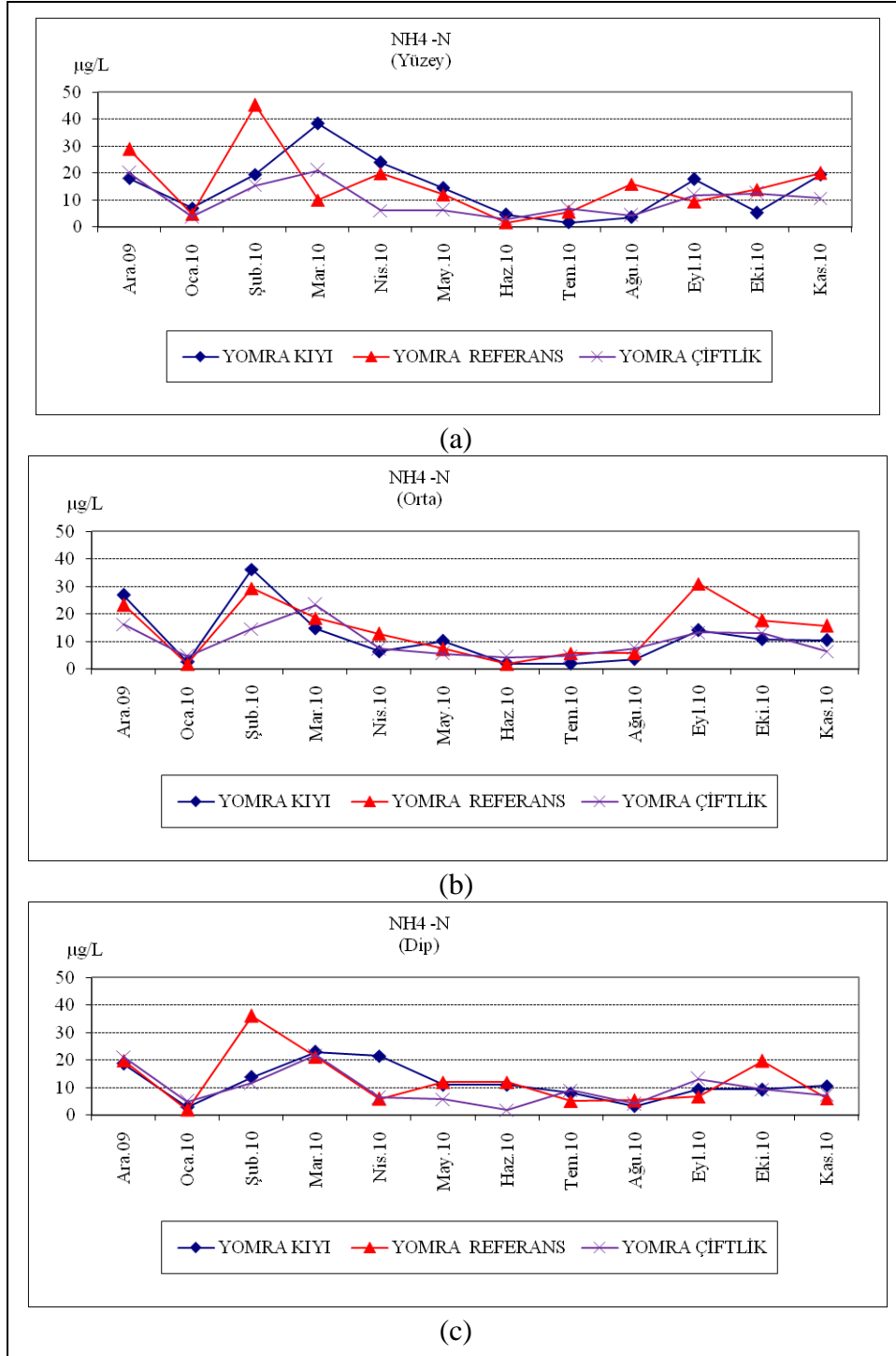
ton/yıl) denizel ortama etkilerini inceledikleri çalışmalarında nitrat ve nitrit değişimlerinin çiftlik aktivitelerinden çok mevsimsel değişimlerden etkilendiğini bildirmişlerdir.

İstasyonlarda çalışma süresince yapılan ölçümlerde ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$)-N değerinin referans istasyonunda minimum 0.098 $\mu\text{g/L}$ ile maksimum 26.320 $\mu\text{g/L}$ arasında, çiftlik istasyonlarında minimum 0.098 $\mu\text{g/L}$ ile maksimum 54.040 $\mu\text{g/L}$ arasında ve kıyı istasyonunda ise minimum 0.630 $\mu\text{g/L}$ ile maksimum 22.870 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmiş olduğu görülmektedir (Tablo15). Referans, çiftlik ve kıyı istasyonlarının ortalama ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$)-N değerlerine bakıldığında istasyonlar arasında belirgin bir farklılık izlenmemektedir.

La Rosa vd., (2002)'de Tyrian Denizi'nde kurulu balık çiftliğinde yaptıkları çalışmada azot formlarının (Nitrit+nitrat) çiftlik ve referans istasyonları arasında önemli değişimler göstermediğini bildirmiştir. İzmir Körfezi'ndeki çalışmada da nitrit+nitrat miktarlarında çiftlik ve referans istasyonları arasında istatistiksel fark saptanamamıştır (Aksu, 2005). Bu çalışma gibi açık deniz ağ kafeslerde Maldonado vd., (2005) tarafından gerçekleştirilen araştırmada da azot formları için kafes ve referans istasyonları arasında fark bulunmamıştır. Araştırmacılar, açık deniz kafeslerde, çözünmüş inorganik azot formlarının ortamda dağıldığını ve böylelikle bölgesel etkilerinin azaldığını vurgulamışlardır.

Soto ve Norambuena, (2004) yaptıkları çalışma sonucunda balık çiftlikleri yakınlarında sadece seyrelme nedeniyle değil aynı zamanda besin ağı içinde (fitoplankton kullanımı nedeniyle) çok hızlıca tüketilmesi nedeniyle besin tuzu derişimlerinde artış kaydedilmediğini belirtmişlerdir. Pitta vd., (2006) Akdeniz kıyıları boyunca seçilen üç ayrı bölgede (İspanya, İtalya ve Yunanistan) yaptıkları çalışma sonucunda seyrelme nedeniyle balık çiftlikleri tarafından besin tuzu deşarjının su kalitesi ile ilişkili olarak biyolojik parametreler üzerinde çok küçük bir etkisinin olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Aylar itibariyle çalışılan istasyonlarda NH_4^+ -N ($\mu\text{g/L}$) derişimi minimum 0.42 $\mu\text{g/L}$ ile maksimum 45.21 $\mu\text{g/L}$ değerleri arasında değişmektedir (Şekil 13).



Şekil 13. İstasyonların yüzey (a), orta (b), dip (c) derinliklerindeki $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin aylara bağlı değişimi

Amonyum mikrobiyolojik aktivitenin bir ürünüdür. Deniz ortamında bitki ve hayvan metabolizma ürünü olup özellikle oksijensiz sularda nitratın indirgenmesiyle ortamda yüksek derişimlerde bulunmaktadır.

Çalışılan tüm istasyonlarda çalışma süresince ölçülen dip, orta ve yüzey sularının $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değeri minimum 0.42 $\mu\text{g/L}$ olarak haziran ayında 5.istasyonun dip derinliğinde, maksimum 45.21 $\mu\text{g/L}$ olarak şubat ayında referans istasyonun yüzeyinde, ortalama ise 10.91 ± 0.51 olarak tespit edilmiştir. Şubat ayında referans istasyonunun yüzeyinde ölçülen 45.21 $\mu\text{g/L}$ yüksek $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değeri kafes bölgesindeki amonyumun balık aktivitesinden ziyade karasal kaynaklardan gelmiş olabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca şubat ayında fotosentetik aktivitenin çok yavaşlaması sonucu azotun kullanılmamasından da kaynaklanabilir.

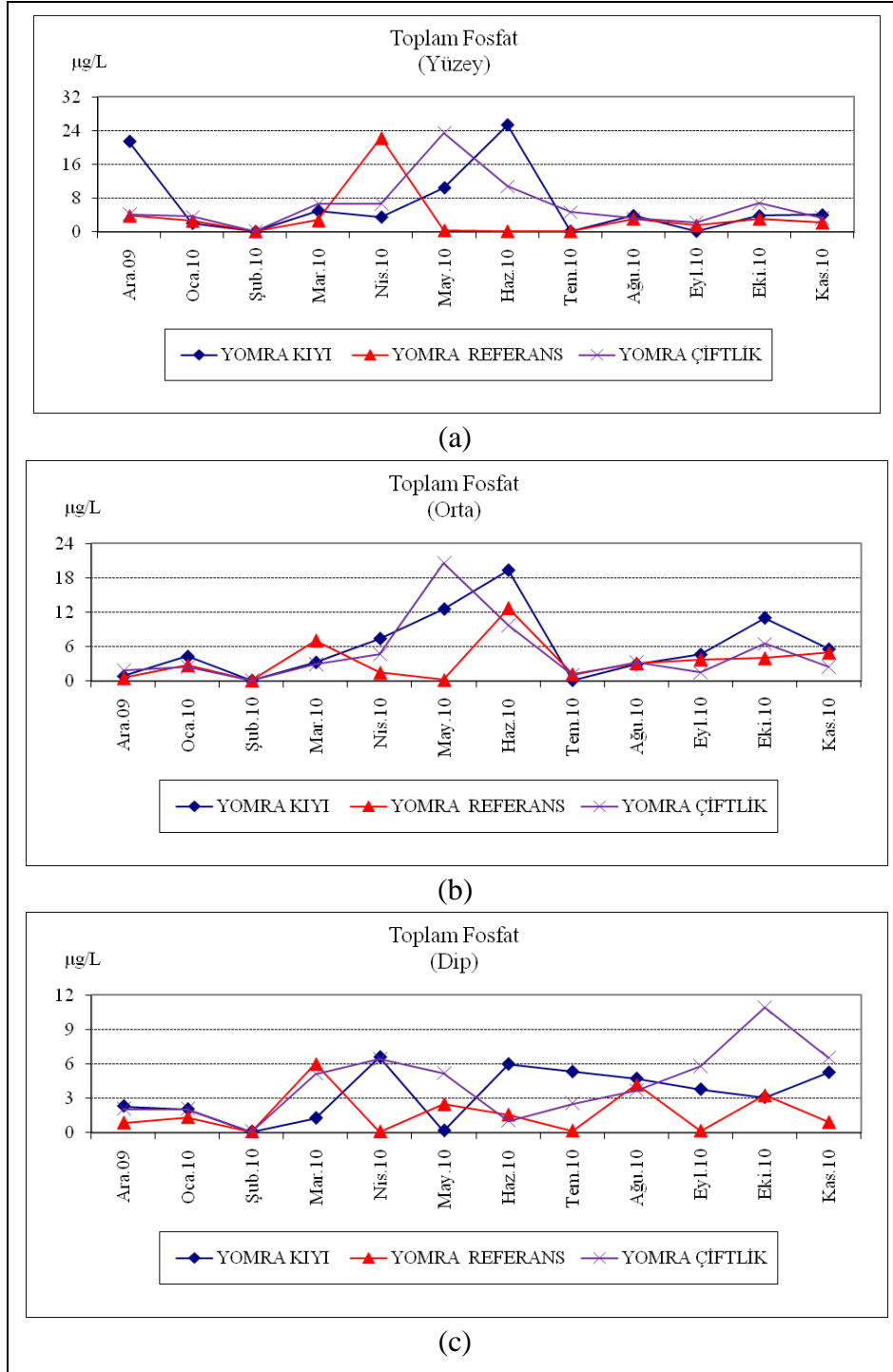
$\text{NH}_4^+\text{-N}$ derişimleri mevsimler itibariyle incelendiğinde en yüksek değerlere kış ve sonbahar dönemlerde ulaşıldığı görülmektedir. Tuğrul ve arkadaşları Karadeniz’de 1990-2000 yılları arasında yaptıkları çalışmada elde ettikleri hidrokimyasal bulguları değerlendirmişlerdir (Tuğrul vd., 2001). Karadeniz’in az tuzlu sularında ilkbahar sonu-sonbahar döneminde çok düşük olan besin tuzlarının, sonbahar sonu ve kışı döneminde çarpıcı artışlar gösterdiğini tespit etmişlerdir.

İstasyonlarda çalışma süresince yapılan ölçümlerde $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değerinin referans istasyonunda minimum 1.680 $\mu\text{g/L}$ ile maksimum 45.210 $\mu\text{g/L}$ arasında, çiftlik istasyonlarında minimum 0.420 $\mu\text{g/L}$ ile maksimum 34.300 $\mu\text{g/L}$ arasında ve kıyı istasyonunda ise minimum 1.680 $\mu\text{g/L}$ ile maksimum 38.290 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmiş olduğu görülmektedir (Tablo15).

Referans, çiftlik ve kıyı istasyonlarının ortalama $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değerlerine bakıldığında istasyonlar arasında belirgin bir farklılık izlenmemekle birlikte en yüksek değerler referans istasyonunda belirlenmiştir. Referans, kıyı ve çiftlik istasyonlarının yüzey, orta ve dip suları incelendiğinde $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değerinin aynı dönemlerde pik yaptığı izlenmiş ve belirgin bir farklılık tespit edilememiştir.

Pitta ve arkadaşları tarafından Ege ve İyon Denizi’nde kıyısız alanda kurulu üç balık çiftliğinde yapılan çalışmada, çiftliklerden birinde kafes ve referans istasyonları $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonlarının önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir (Pitta vd.,1999). Aksu tarafından yürütülen çalışmada, çalışılan üç çiftlikten ikisinde kafes ve referans istasyonları arasında $\text{NH}_4^+\text{-N}$ için önemli fark bulmuştur (Aksu, 2005). Tarafımızdan yapılan çalışmada ise, kafeslerin açık denizde konumlandırılmış olması ve derinliklerin fazla olması nedeni ile kafes ve referans istasyonları arasında önemli fark saptanmamıştır.

Aylar itibariyle çalışılan istasyonlarda toplam fosfat ($\mu\text{g/L}$) derişimi minimum 0.10 $\mu\text{g/L}$ ile maksimum 63.49 $\mu\text{g/L}$ değerleri arasında değişmektedir (Şekil 14).



Şekil 14. İstasyonların yüzey (a), orta (b), dip (c) derinliklerindeki toplam fosfat ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin aylara bağlı değişimi

Fosfor, fosfat iyonu halinde çözülmüş olarak partiküler ya da çözülmüş organik bileşiklerde ve organizmaların bünyelerinde bulunur. Deniz suyunda fosfatın kaynağı suyla temas halinde olan fosfat kayaları, parçalanmakta olan bitkiler, mikrobiyolojik aktivite,

endüstriyel, tarımsal ve evsel atıklardır. Fosfat deniz suyunda dört şekilde bulunmaktadır; çözülmüş ve partiküler organik fosfor ile bunların inorganik şekilleri. En yaygın kimyasal bileşen birincil üretimde besin tuzu olarak kullanılan ortafosfattır.

Çalışılan tüm istasyonlarda çalışma süresince ölçülen dip, orta ve yüzey sularının toplam fosfat değeri minimum 0.100 µg/L olarak şubat ayında tüm istasyonların tüm derinliklerde, maksimum 53.24 µg/L olarak mayıs ayında 3. istasyonun orta derinliğinde, ortalama ise 8.83 ± 0.057 µg/L olarak tespit edilmiştir.

Karadeniz'de nehir etkisi dışında kalan alanların yüzey sularında azot ve fosfor derişimi oldukça düşüktür. Son on beş yılın ortalama değerleri, geçmiş bulgularla karşılaştırıldığında sistemli azalma ya da artış eğiliminin olmadığı görülmüştür (Yılmaz, 2002). Referans, çiftlik ve kıyı istasyonlarında ölçülen fosfat değerleri ötrofikasyona neden olacak düzeyde değildir. Mayıs ayında kafes istasyonunun orta derinliğinde fosfat değerinin yüksek olması yemleme kaynaklı bir girdinin ortamda olduğunu düşündürür.

İstasyonlarda çalışma süresince yapılan ölçümlerde toplam fosfat değerinin referans istasyonunda minimum 0.100 µg/L ile maksimum 27.489 µg/L arasında, çiftlik istasyonlarında minimum 0.100 µg/L ile maksimum 63.496 µg/L arasında ve kıyı istasyonunda ise minimum 0.100 µg/L ile maksimum 25.360 µg/L değerleri arasında değişmiş olduğu görülmektedir (Tablo15).

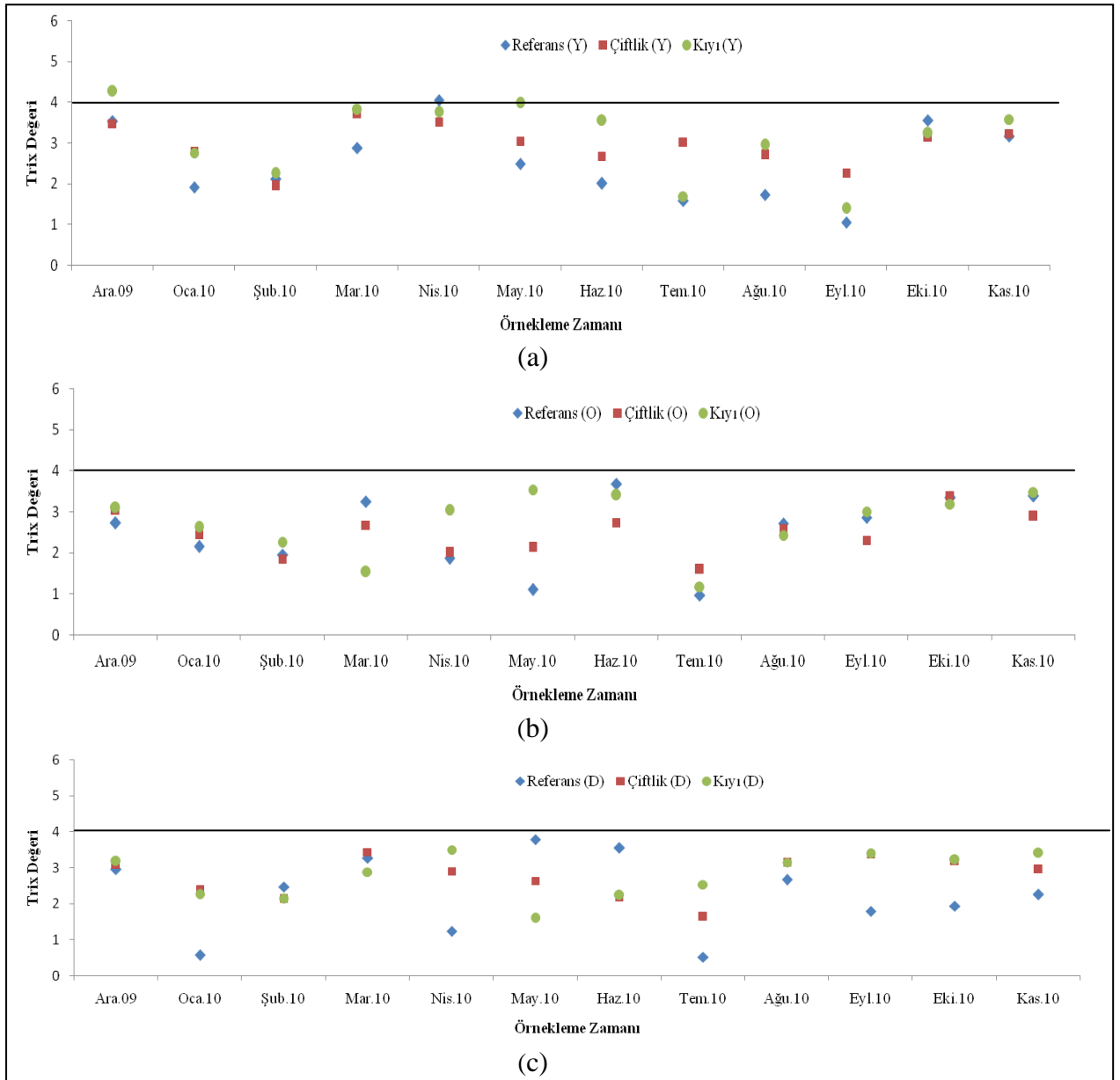
Tarafımızdan yürütülen bu çalışmada, ortalama değerlere bakıldığında çiftlik ve referans istasyonları arasında toplam fosfat için önemli farklar bulunmamıştır. Kıyı istasyonunda ise fosfat diğer istasyonlara göre daha fazla değişiklik göstermektedir. Bu durum yağışların etkisiyle açıklanabilir. La Rosa ve arkadaşları yürüttükleri çalışmada yıllık ortalama inorganik fosfat derişiminin kafes istasyonunda referans istasyonuna göre 6 kat fazla olduğunu saptamışlardır (La Rosa vd., 2002). Aksu, üç ayrı çiftlikte yürüttüğü çalışmalarda üç çiftlikten birinde çiftlik ve referans istasyonları fosfat değerlerinin istatistiksel olarak farklı olduğunu saptamıştır (Aksu, 2005). Yapılan diğer bir çalışmada Pitta ve arkadaşları bir çiftlikte fosfat için kafes ve referans istasyonları arasında önemli farklar bulmuşlardır (Pitta vd., 1999).

Yaptığımız bu çalışmada toplam fosfat değerlerinin mevsimler arası değişimlerine bakıldığında ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde artışlar olduğu gözlenmektedir. Özellikle kıyı istasyonundaki bu artışın dereyle taşınan besin yükünün göstergesi olduğu düşünülmektedir. Maldonado ve arkadaşları tarafından yürütülen çalışmada ise fosfat

miktarlarında özellikle yaz aylarında kafes istasyonunun dip suyunda istatistiksel olarak kanıtlanamasa da artış olduğunu saptamışlardır (Maldonado vd., 2005).

Referans, kıyı ve çiftlik istasyonları yüzey, orta ve dip derinliklerine göre incelendiğinde benzer eğilimler göstermektedir. Toplam fosfatın pik yaptığı aylar aynı olmakla birlikte piklerin farklı derişimlerde olduğu izlenmektedir.

Aylar itibariyle çalışılan istasyonlarda trofik indeks değerleri minimum 0.258 ile maksimum 4.516 değerleri arasında değişmektedir (Şekil 15).



Şekil 15. İstasyonların yüzey (a), orta (b), dip (c) derinliklerindeki trofik indeks değerlerinin aylara bağlı değişimi

Çalışılan tüm istasyonlarda çalışma süresince ölçülen dip, orta ve yüzey sularının trofik indeks değerleri minimum 0.258 olarak Mayıs ayında 5. istasyonun orta derinliğinde, maksimum 4.516 olarak Mayıs ayında 2. istasyonun yüzeyinde, ortalama ise 2.70 ± 0.049 olarak tespit edilmiştir.

İstasyonlarda çalışma süresince yapılan ölçümlerde trofik indeks değerinin referans istasyonunda minimum 0.522 ile maksimum 4.054 arasında, çiftlik istasyonlarında minimum 0.258 ile maksimum 4.516 arasında ve kıyı istasyonunda ise minimum 1.179 ile maksimum 4.268 değerleri arasında değişmiş olduğu görülmektedir (Tablo15). Ortalama trofik indeks değerlerine bakıldığında referans, çiftlik ve kıyı istasyonlarında belirgin bir farklılık tespit edilmemekle beraber en yüksek değerlerin kıyı istasyonunda izlendiği görülmektedir. Bu durum kıyı istasyonunun dere etkisinde olmasından ve taşınan besin tuzlarından kaynaklanmaktadır. Referans ve çiftlik istasyonları arasında belirgin bir farklılığın olmamasının nedeninin ise seçilen çiftlik istasyonunun açık denizde konumlandırılmasından ve ortama giren besin tuzlarının seyrelme nedeniyle indeksi etkileyecek derişime ulaşamamasından kaynaklanmakta olduğu düşünülmektedir.

Trofik indeks değerleri mevsimlere göre incelendiğinde en yüksek değerlere balıkçılık faaliyetlerinin en yoğun olduğu ve yağışların etkisinin en çok görüldüğü kış ve bahar aylarında ulaşıldığı görülmektedir. Dere etkisinin ve balık yetiştiriciliğinin minimum olduğu sıcak yaz aylarında trofik indeks değerleri düşüş göstermektedir.

Referans, kıyı ve çiftlik istasyonlarında trofik indeks değerleri istasyon derinliklerine göre incelendiğinde; yüzey, orta ve dip sularının benzer eğilim göstermekle beraber yüzey sularında trofik indeks değerlerinin daha yüksek derişimde olduğu tespit edilmiştir.

Seçilen referans, çiftlik ve kıyı istasyonlarının yer aldığı Yomra bölgesi bir alan olarak belirlendiğinde; yüzey, orta ve dip sularının ortalamaları alınarak yapılan değerlendirmede bölgenin hiçbir istasyonunda kritik değer olan 4'e ulaşmadığı ve ortamın oligotrofik temiz su özelliği taşıdığı görülmektedir.

Klorofil- *a* ve temel fiziko-kimyasal değişkenleri esas alan TRIX İndeksi değerleri bölgede iyi bir trofik düzeyi göstermekte ve birkaç istasyon dışında hiçbir istasyonda kritik değer olan 4'ün üzerine çıkmayarak oligotrofik temiz su özelliğini kanıtlamaktadır. TRIX verileri değerlendirildiğinde bölgede deniz suyu kimyasını kalıcı olarak bozacak bir aktivitenin henüz oluşmadığı gözlenmektedir. Ancak sistemde riske girilmemesi ve sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için özellikle, ötrofikasyon riskinin yüksek olduğu kış ve bahar dönemlerinde izleme çalışmalarına devam edilmelidir. Deniz yetiştiriciliği yapılan

bölgeler en az mevsimlik periyotlarla biyolojik ve fizikokimyasal yönlerden incelenmeli, değerlendirilmelidir. İşletmelerde balıkçılık faaliyetlerinin olmadığı veya en aza indiği, besin maddesi girdisinin az olduğu yaz aylarında ötrofikasyon riski de minimuma inmektedir.

Kapalı koy ve körfezlerde gerçekleştirilen kafes balığı yetiştiriciliği ile açık denizlerde konumlandırılan kafes balığı yetiştiriciliğinin su ortamına olan etkileri karşılaştırıldığında, su ortamına giren besin tuzlarının seyrelme ve akıntıyla beraber farklı etkiler oluşturduğu görülmektedir. Hassas alan olarak nitelendirilen kapalı koy ve körfezlerde TRIX İndeksi değerlerinin literatürdeki verileri dikkate alındığında kritik değere ulaşabileceği varsayılabilir. Bundan dolayı kapalı koy ve körfezler ile açık denizlerde konumlandırılan kafes balığı çiftlikleri için farklı kriterler kullanılması gerekmektedir. TRIX İndeksi farklı indekslerle desteklenerek, skala dışı indeksler üretilmeli fiziko-kimyasal parametreler ile birlikte biyolojik veriler izlenmeli ve yorumlanmalıdır.

5. SONUÇLAR

Referans, çiftlik ve kıyı istasyonlarında yapılan ölçümler sonucunda deniz suyunda belirlenen çözülmüş oksijen değerlerinin su sıcaklığına bağlı olarak mart ayında maksimum, ekim ayında ise minimum değerlere ulaştığı ve çevresel açıdan kritik değer olan 5 mg/L çözülmüş oksijen düzeyine ve altına hiçbir istasyonda düşmemiş olduğu tespit edilmiştir. Ölçülen minimum, maksimum ve ortalama çözülmüş oksijen değerleri sırasıyla 6.52 mg/L, 10.64 mg/L ve 8.83 ± 0.057 olarak belirlenmiştir. Önemli bir su kalite parametresi olan çözülmüş oksijen değerleri referans, çiftlik ve kıyı istasyonları arasında karşılaştırıldığında belirgin bir farklılık görülmemektedir.

Fitoplankton derişiminin bir göstergesi olan klorofil-a değeri, çalışılan tüm istasyonlarda yapılan ölçümlerde minimum ocak ayında, maksimum ekim ayında tespit edilmiştir. Ölçülen minimum, maksimum ve ortalama klorofil-a değerleri sırasıyla 0.001 $\mu\text{g/L}$, 2.630 $\mu\text{g/L}$ ve 0.601 ± 0.028 olarak tespit edilmiştir. Klorofil-a derişimleri mevsimler arası incelendiğinde yüzey sularına yeterli ve gerekli oranda besin tuzlarının ulaşmadığı ve balıkçılık faaliyetlerinin minimuma indiği kurak yaz aylarında klorofil derişimlerinde düşüşün olduğu, yağışların fazla olduğu bahar aylarında ise derişimlerin yükseldiği görülmektedir. Değerler referans, çiftlik ve kıyı istasyonları arasında değerlendirildiğinde nehir girdilerinin yoğun olduğu kıyısal sularda klorofil miktarları açık sulara kıyasla daha yüksek derişimlerde bulunmuştur.

Örnekleme istasyonlarında yapılan ölçüm ve örneklemelemlerde çiftlik ve referans istasyonları ile kıyı istasyonlarının ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$)-N ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin ender durumlar dışında birbirinden farklı değışimler göstermediği ancak mevsimlere bağlı olarak yaz aylarında işletmelerde balıkçılık faaliyetlerinin olmadığı veya en aza indirgendiği dönemlerde düşük ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$)-N derişimlerine ulaşıldığı tespit edilmiştir. Çalışılan istasyonlarda ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$)-N değeri minimum kasım ayında, maksimum ise ocak ayında bulunmuştur. Ölçülen minimum, maksimum ve ortalama ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$)-N değerleri sırasıyla 0.14 $\mu\text{g/L}$, 54.04 $\mu\text{g/L}$ ve 7.26 ± 0.43 olarak tespit edilmiştir.

Çalışılan tüm örnekleme istasyonlarında çalışma süresince ölçülen dip, orta ve yüzey sularının NH_4^+ -N değeri mevsimlere bağlı olarak değışiklik göstererek minimum olarak haziran ayında, maksimum olarak ise şubat ayında tespit edilmiştir.

Ölçülen minimum, maksimum ve ortalama $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değerleri sırasıyla 0.42 $\mu\text{g/L}$, 45.21 $\mu\text{g/L}$, 10.91 ± 0.51 olarak tespit edilmiştir. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ derişimleri mevsimler itibariyle incelendiğinde en yüksek değerlere kış ve sonbahar dönemlerde ulaşıldığı görülmektedir.

Toplam fosfat, çalışılan tüm istasyonlarda çalışma süresince ölçülen dip, orta ve yüzey sularında minimum değerine şubat ayında, maksimum değerine ise mayıs ayında ulaşmıştır. Ölçülen minimum, maksimum ve ortalama toplam fosfat değerleri sırasıyla 0.100 $\mu\text{g/L}$, 53.24 $\mu\text{g/L}$, 8.83 ± 0.057 olarak tespit edilmiştir. Ortalama toplam fosfat değerlerine bakıldığında referans ve çiftlik istasyonu belirgin bir farklılık göstermezken, dere etkisindeki kıyı istasyonunda ise daha yüksek değerler bulunmuştur.

Yapılan çalışmada TRIX İndeksi balık çiftliği etkisindeki alanın ötrofikasyon seviyesinin ve su kalitesinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Çalışılan tüm istasyonlarda çalışma süresince ölçülen dip, orta ve yüzey sularının trofik indeks değerleri hem minimum hem de maksimum olarak mayıs ayında bulunmuştur. Ölçülen minimum, maksimum ve ortalama TRIX İndeksi değerleri sırasıyla 0.258, 4.516, 2.70 ± 0.049 olarak tespit edilmiştir. TRIX İndeksi değerleri bölgede iyi bir trofik düzeyi göstermekte ve birkaç istasyon dışında hiçbir istasyonda kritik değer olan 4'ün üzerine çıkmayarak oligotrofik temiz su özelliğini kanıtlamaktadır.

6. ÖNERİLER

Kapasite ve sayı olarak hızlı bir artış içinde olan ve Türkiye su ürünleri ekonomisinde çok önemli bir rol oynayan kafes balıkçılığı yetiştiriciliğinin sürekliliğinin sağlanması için denizel ortamdaki kafes balığı işletmelerinin su kalitesi ve sucul ekosistemde meydana getirebileceği değişikliklerin sürekli olarak takip edilmesi ve etkilerin değerlendirmesinin yapılması gerekmektedir. Yetiştiriciliğin görsel ve ekolojik olası çevresel etkilerinin azaltılması amacıyla mevcut işletmelerin kafes tiplerinin, yerleşim şekillerinin ve taşıma kapasitelerinin gözden geçirilmesi gerekir. Kullanılan yem kalitesi ve miktarı irdelenmelidir. Kıyı ötesi yetiştiricilik sistemleri geliştirilmeli ve kullanımı özendirilmelidir. Bölgesel bazda yapılmış olan bu çalışma genel hakkında hiç olmazsa fikir yürütme olanağı sağlayacaktır.

Sektörün hızlı gelişimi, yayılımı ve üretim yoğunluğunun artması ile birlikte doğal çevre ile potansiyel etkileşimler ve diğer doğal kaynak kullanıcılarla olan çatışmalar gündeme gelmeye başlamıştır. Bu çatışmaların kamu ile özel sektör arasında, işletmeler ile yerel yönetimler, balıkçılar ile bölge sakinleri ve işletmeler ile turizm yatırımcıları arasında olduğu görülmektedir. Yapılmış olan bu çalışma, su ürünleri yetiştiriciliğinin yapıldığı diğer kıyılardaki benzer çalışmalara örnek teşkil edecek ve sektörler arasındaki etkileşimin daha kolay ortaya koyulabilmesi için pilot bir çalışma olacaktır.

Yürütülen bu çalışmada, TRIX İndeksi, ortamın ötrofikasyon seviyesini ve suların kalitesini belirlemek amacıyla hesaplanmıştır. Avrupa kıyı sularında belirlenmiş uluslar arası bir kriter olan TRIX İndeksinin farklı ekolojik yapıdaki Karadeniz'e uygulanabilirliğinin araştırılması yetiştiricilik faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. TRIX değerleri bazı Avrupa kıyı sularında belirlenmiştir. Ancak TRIX sadece belli bir birim alanda anlamlıdır. İndeksin hesaplanmasında çalışılacak olan alanın özel değerlerinin bilinmesi gerekir. Kara kökenli N ve P kaynağın bu indeksi yükseltmesi mümkündür. Balık çiftliklerinin yer aldığı bölgelerde noktasal kirlilik kaynakları net olarak ortaya çıkarılmalı karasal kaynaklı kirlilik yükü bilinmelidir. Karasal kökenli yük balık çiftliklerinin bulunduğu alana kontrolsüz olarak verildiğinde ortamdaki nutrient artışı nedeniyle indeks aralıkları değişebilir. Bu indeks temel alınacak ise her bir deniz hatta körfez için hesaplama yapılmalı ve indeks farklı skala dışı indekslerle desteklenmelidir.

Ayrıca fiziko-kimyasal parametreler ile birlikte biyolojik veriler izlenmeli ve yorumlanmalıdır. Bu durum kafes yetiştiriciliğinin olumsuz etkilerinin geç fark edilmesiyle ortaya çıkabilecek çevresel tehditlerin önlenmesi ve sürdürülebilir yetiştiriciliğin sağlanması açısından önemlidir.

7. KAYNAKLAR

- Ackefors, H. ve Enell, M., 1994. The Release of Nutrients and Organic Matter From Aquaculture Systems in Nordic Countries, *J. Appl. Ichthyol*, 10,4, 225-241.
- Aksu, M., 2005. İzmir Körfezi'nin Farklı Bölgelerindeki Bazı Balık Çiftliklerinin Sucul Çevreye Etkilerinin Karşılaştırılması, Doktora Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Aktan, Y., Çardak, M. ve Çiftçi, P.S., 2007. Kafes Balıkçılığının Fitoplankton Üzerine Etkileri: Muğla Bölgesinde Yapılan Ön Çalışma, İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 24, 1-11.
- Alexandrova, V., Moncheva, N., Slabakova, N., Stefanova, K. ve Doncheva, V., 2007. Application of Biotic Indices and Body Size Descriptors of Phyto- and Zooplankton Communities in Varna Lagoon for Ecological Status Assessment, Transitional Waters Bulletein, 3,17-21.
- Alpbaz, A. ve Hekimoğlu, M., 2003. Dünya'da ve Türkiye'de Su Ürünleri Yetiştiriciliği, XII.Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 2-5 Eylül, Fırat Ü. Elazığ.
- Anonim, 2010. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Su ürünleri 2009 Verileri, Ankara.
- Anonim, 1992. Karadeniz'de Su Ürünleri Yetiştiriciliği Üzerine Araştırmalar. Su Ürünleri Araşt. Enst., Ara Rapor, Trabzon, 47s.
- Anonim., 1993. Türkiye'de Yetiştiriciliğin Çevresel Etkisi ve Bunun Turizm, Rekreasyon ve Özel Korunma Alanları ile İlişkisi, T.K.B,T.Ü.G.G.M yayınları, 185 s.
- APHA, 1998. Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater 20th. Ed. Clesceri L.S., A.E., Greenberg and A.D. Eaton (eds) American Public Health Wssociation , Amerikan Water Works Association and Water Environment Federation. Waschington, D.C.
- Balkıs, N. ve Balcı, M., 2009. Edremit Körfezi'nin Kıyısal Sularında Nutriyent ve Klorofil-a'nın Mevsimsel Değişimi ve Ortamın Trofik İndeks (TRIX) Değerleri, XV. Su Ürünleri Sempozyumu, Temmuz, Rize, 353.
- Barg, U.C., 1992. Guidelines for The Promotion of Environmental Management of Coastal Aquaculture Developement FAO Fish Tech. Pap, 328:122 p.
- Barton, B.A., 1996. General Biology of Salmonoids, Chapter 2. Developments in Aquaculture and Fisheries Science.Vol. 29.Principles of Salmonid Culture. Elsevier 29-95.

- Beveridge, M., 1996. Cage Aquaculture 2nd Edition, Fishing News Books, Osney Mead, Oxford OX20L, England.
- Boran, M., Feyzioğlu, M. ve Başar, E., 2005. Kafes Balıkçılığının Deniz Ekosistemine Etkileri, Türk Sucul Yaşam Dergisi, 3(4), 352-355.
- Bugdale, R.C., 1967. Nutrient Limitation in The Sea: Dynamics, Identification and Significance, *Limnol. Oceanogr.* 12, 685-695.
- Casazza, G., Silvestri, C. ve Spada, E., 2003. Classification of Coastal Waters According to the New Italian Water Legislation and Comparison with The European Water Directive, Journal of Coastal Conservation, 9,1, 65-72.
- Çakır, D.T., Örek, Y.A., Hoşsucu, B., Sever, T.M. ve Sunlu, U., 2005. İzmir İç Körfezi İhtiyoplankton Kompozisyonu, E.Ü.Su Ürünleri Dergisi, 22, 317-323.
- Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği Resmi Gazete, 17 Temmuz 2008, Sayı 26939 Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü.
- Dikel, S., 2005. Kafes Balıkçılığı, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Adana.
- Dirican, S., 2005. Salih Adası (Bodrum-Muğla) Civarında Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Dip Canlıları Üzerine Etkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, E.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı, İzmir.
- Ervik, A., Hakanson, L., Makenent, T. ve Moller, B., 1989. Marine Fish Farms-Some Preliminary Considerations on Environmental Impact. In: "Aquaculture -A Biotechnology in Progress", N. de Pauw, E. Jaspers, H. Ackefors ve N. Wilkins (Eds.). European Aquaculture Society, 29-34.
- FAO, Towards Sustainable Fish Farming, <http://www.fao.org/english/newsroom/news / 2002 /4140-en.html>. 10 Ocak 2011.
- Folke, C. ve Kautsky N., 1989. The Role of Ecosystem for a Sustainable Development of Aquaculture. *Ambio* 18(4), 234-243.
- Garret, E., Spencer dos Santos, C.L. ve Jahncke, M.L., 1997. Public, Animal, and Environmental Health Implications of Aquaculture. *Emerg. Infect. Dis.* 3, 453-457.
- Gedik, K., Verep, B., Terzi, E. ve Fevzioğlu, S., 2010. Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi, Ekoloji, 19,76, 25-35.
- Giordani, G., Zaldivar, J.M. ve Viorali, P., 2009. Simple Tools for Assessing Water Quality and Trophic Status in Transitional Water Ecosystems, Science Direct, 9 ,5, 982-991.

- Gowen R.J. ve Bradbury N.B., 1987. The Ecology İmpact of Salmonid Farming in Coastal Waters. A review. *Oceaorgr. Mar.Biol.Ann.Rev.* 25, 563-575.
- Grasshoff, K., Ehrhard, M. ve Kremling, K., 1983. *Methods of Seawater Analysis* . 2 nd revised and extended ed. Weinheim: Verlag Chemie, , 418 pp.
- Hanneson, R.O., 2003. Aquaculture and fisheries. *Marine Policy* 27, 169–178.
- Heggberget, T.G., Johnsen, B.O., Hindar,K., Jonhson,B., Hansen,L.P., Hvidsten, N.A. ve Jrnsen, A.J., 1993. Interaction Between Wild and Cultured Atlantic Salmon-a Review of the Norwegian Experience. *Fish. Res.* 18 (1-2), 123-146.
- Hoşsucu, H., Kınacıgil, T., Kara, A., Tosunoğlu, Z., Akyol, Okan., Ünal, V. ve Özekinci, U., 2001. Türkiye Balıkçılık Sektörü ve 2000’li Yıllarda Beklenen Gelişmeler, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 18, 593-601.
- John,G., 1990. Antibiotic uze in Norwegian fish farms. *Marine Pollution Bulletin*, 21, 1, january, ,pp.4.
- Karakassis, I., 1996. The İmpact of Aquaculture on the Environment in Greek Coastal Waters. Summer School 1996. (Fisheries and the Environmental Degradation of the Mediterranean and Black Sea.) Kavala, Makadonio Greece.
- Kelly, L.A., Stellwagen, J. ve Bergheim, A., 1996. Waste Loadings from a Fresh-Water Atlantic Salmaon Farm in Scotland. *Water Res. Bull.* 32, 1017-1025.
- Koblentz- Mishke, O.J., Volkovinsky, V. ve Kabanova, Yu.G., 1970. Plankton Primary Production in The World Ocean, Scientific Exploration of The South Pasific Ocean. *Nat. Acad. Sci, Washington*, 183-193.
- La Rosa, T., Mirto, E., Savano, B., Sara, G., Danavaro, R. ve Mazzola, A., 2002. Impact on the Water Column Biogeochemistry of a Mediteranean Mussel and Fish Farm, *Water Research*, 36, 713-721.
- Maldonado, M., Carmen, M., Echeverria, Y. ve Riesgo, A., 2005. The Environmental İmpact of Mediterranean Cage Fish Farms at Semi Exposed Locations: Does İt Need a Re- assesment, *Helgol.Mar. Res.*, 59, 121-135.
- Midlen, A.ve Redding,T., 1998. *Environmental Management for Aquaculture*, Chapman and Hall London, 223p.
- Moncheva, S., Dontcheva, G., Shtereva, G., Kamburska, L., Malej, A. ve Gorinstein, S., 2002. Application of Eutrophication İndices for Assessment of the Bulgarian Black Sea Coastal Ecosystem Ecological Quality, *Water Science and Tecnology*, 46,8, 19-28.

- Muir, J. F. ve Beveridge M.C.M., 1994. Resources, Planning and Management in Coastal Aquaculture, Proceedings of Fisheries and Ocean Industrial Development, Research Center of Ocean Industrial Development, Pusan, Korea, 209-234.
- Nixon, S.W., 1995. Coastal Marine Eutrophication: A Definition, Social Causes and Future Concerns, Ophelia, 41, 199–219.
- O' Sullivan, A.J., 1992. Aquaculture and User Conflicts. Aquaculture and the Environment. Spec. Publ. Eur. Aquacult. Soc. 16, 405-412.
- Okumuş, İ., 2000. Coastal aquaculture: Sustainable Development, Resource Use and Integrated Environmental Management. Turkish J. Marine Sciences, 6(2), 151-174.
- Okumuş, İ., 1997. Deniz Kafeslerinde Balık Yetiştiriciliğinin Ekolojik Bazı Etkileri ve Balık Midye Polikültür Yaklaşımı. Akdeniz Balıkçılık Kongresi, İzmir, Bildiriler Kitabı 10 s.
- Özfuçucu , G. E., Katağan, T. ve Egemen, Ö., 2003. İkiz Adalar ve Salih Adasında Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Geliştirilmesinin Olası Çevresel Sonuçları, TAGEM/HAYSÜD.
- Parsons,T.R., Maita,Y. ve Lally, C.M., 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Sea Water .
- Pauly, D. ve Watson, R., 2005. Background and Interpretation of the Marine Trophic Index as a Measure of Biodiversity, Philosophical Transactions of The Royal Society, 360, 415-423.
- Pettine, M., Casentini, B., Fazi, S., Giovanardi, F. ve Pagnotta, R., 2007. A Revisitation of TRIX for Trophic Status Assessment in the Light of The European Water Framework Directive: Application to Italian Coastal Waters, Marine Pollution Bulletin, 54, 1413-1426.
- Pitta, P., Karakassis, M., Tsapakis, M. ve Zivanovic, S., 1999. Natural vs. Mariculture Induced Variability in Nutrients and Plankton in the Eastern Mediterranean, Hydrobiologia, 391, 181-194.
- Rad. F., ve Kırıl, T., 1995. The State of Aquaculture in Turkey, Bildiri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Balıkçılık Bölümü. Ankara.
- Ross, D.A., Uchupi, E., Prada, K.E. ve Macilvaine, J.C., 1974. Bathymetry and Microtopography of Black Sea. The Black Sea- Geology, Chemistry and Biology, E.T.DEGENDS, D.A. ROSS, editors, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 20, 1-10.

- Ruiz, J.M., Perez M. ve Romero, J., 2001. Effects of Fish Farm Loadings on Seagrass (*Posidonia Oceanica*) Distribution, Growth and Photosynthesis, Marine Pollution Bulletin, 42(9), 749-760.
- Sağlam, N., Düzgüneş, E. ve Kasapoğlu, N., 2010. Balıkçılık ve Çevresel Etkileri, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VIII.Ulusal Kongresi, Mayıs, Trabzon, Bildiriler Kitabı I, 489-497.
- Salas, F., Teixeira, H., Marcos, C., Marques, J.C. ve Perez-Ruzafa, A., 2008. Applicability of The Trophic Index TRIX in Two Transitional Ecosystems: The Mar Menor Lagoon (Spain) and The Mondego Estuary (Portugal), ICES Journal of Marine Science, 65 , 1442-1448.
- Savaş, H., Yıldırım, Y., Kurtoğlu, İ.Z., Başçınar, N., Alkan, A., Gürel, M., Ergün, H., Firidin, Ş., Kutlu, İ., Serdar, S. ve Zengin, B., 2006. Ordu ili Perşembe İlçesinde Faaliyet Gösteren Yüzer Kafes İşletmelerinin Çevresel Etki ve Su Ürünleri Sağlığı Yönünden İzlenmesi Projesi (Proje sonuç raporu), Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon.
- Sorokin, Yu. I., 1983. Ecosystems of the World Estuaries and Enclosed Seas, Elsevier, Amsterdam, 253-291.
- Soto, D. ve Norambuena, F., 2004. Evaluation of Salmon Farming Effects on Marine Systems in The Inner Seas of Southern Chile: A Large-Scale Mensurative Experiment. Journal of Applied Ichthyology, 20, 493-501.
- T.C.Resmi Gazete, Denizlerde Balık Çiftliklerinin Kurulamayacağı Hassas Alan Niteliğindeki Kapalı Koy ve Körfez Alanlarının Belirlenmesi. (26413), 24.01.2007
- Tacon, A., ve Forster. J., 2001. Global Trends and Challenges to Aquaculture and Aquafeed Development in The New Millenim. In International Aquafeed Directory and Buyers Guide, 4-25.
- Tsutsumi, H., Kikuchi, T., Tanaka, M., Higashi, T, Imasaka, K. ve Miyazaki, M., 1991. Benthic Faunal Succession in a Cove Organically Polluted By Fish Farming. Marine pollution Bulletin, Vol.23, 233-238.
- Tuğrul, S., Yılmaz, A., Baştürk, Ö. ve Salihoğlu, İ., 2001. Türk Boğazlar Sisteminde (Marmara, İstanbul ve Çanakkale Boğazı) Besin Tuzları Değişimleri, IV. Ulusal Çevre Mühendisleri Kongresi, Kasım, İçel, 356-364.
- Vollenweider, R.A., Giovanardi, F., Montanari, G. ve Rinaldi, A., 1998. Characterisation of The Trophic Conditions of Marine Coastal Waters with Specialreference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a Trophic Scale, Turbidity and Generalised Water Quality Index.Environmetrics, 9, 329–357.

- Wallin, M., and L. Håkanson. 1991. Nutrient Loading Models For Estimating The Environmental Effects of Fish Farms, p. 39-55. *In* T. Mäkinen [Ed.] Marine Aquaculture and Environment. Nordic Council of Ministers, Copenhagen. 126 p.
- Yabanlı, M., 2005. Karaburun Yarımadası Civarındaki Kafes Balığı Yetiştiriciliğinin Su Kalitesi ve Sedimente Olan Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilimdalı, İzmir.
- Yıldırım, Ö. ve Korkut. A.Y., 2004. Su Ürünleri Yemlerinin Çevreye Etkisi, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 21, 167-172.
- Yıldırım, Ö. ve Okumuş, İ., 2004. Muğla İlinde Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Türkiye Su Ürünleri Yetiştiricilerindeki Yeri. E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 21, 361-364.
- Yılmaz, A., 2002. Türkiye Denizlerinin Biyojeokimyası: Dağılımlar ve Dönüşümler, Turkish Journal English Enviromental Science, 26, 219-235.
- Yurga, L., Koray, T., Başaran-Kaymakçı, A. ve Egemen, Ö., 2005. Deniz Yetiştiriciliği Yapılan Bir Bölgede Mikroplankton Tür Çeşitliliği ve TRIX İndekslerinde Oluşan Değişimler, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 22, 1-2, 177-186.
- Zenkevich, L.A., Biology of the Seas of the USSR. Moskva, Nauka, 739p. (in Russian).
- Yabanlı, M., Karaburun Yarımadası Civarındaki Kafes Balığı Yetiştiriciliğinin Su Kalitesi ve Sedimente Olan Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilimdalı, İzmir, 2005.
- Yıldırım, Ö. ve Korkut. A.Y., Su Ürünleri Yemlerinin Çevreye Etkisi, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 21 (2004) 167-172
- Yıldırım, Ö. ve Okumuş, İ., Muğla İlinde Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Türkiye Su Ürünleri Yetiştiricilerindeki Yeri. E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 21 (2004) 361-364.
- Yılmaz, A., Türkiye Denizlerinin Biyojeokimyası: Dağılımlar ve Dönüşümler, Turkish Journal English Enviromental Science, 26 (2002) 219-235
- Yurga, L., Koray, T., Başaran-Kaymakçı, A. ve Egemen, Ö., Deniz Yetiştiriciliği Yapılan Bir Bölgede Mikroplankton Tür Çeşitliliği ve TRIX İndekslerinde Oluşan Değişimler, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 22, 1-2 (2005) 177-186
- Zenkevich, L.A., Biology of the Seas of the USSR. Moskva, Nauka, 739p. (in Russian).

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Trabzon'da doğdu. İlkokulu Dumlupınar İlkokulu, orta ve lise öğrenimini Trabzon Kanuni Anadolu Lisesi'nde tamamladı.

1996-97 öğrenim yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başladı ve 2000 yılında aynı fakülteden Kimya Mühendisi olarak mezun oldu. 2003-04 öğrenim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Bölümünde tezsiz yüksek lisans eğitimine başladı ve 2005 yılında mezun oldu. 2008-09 öğrenim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı ve devam etmektedir.

2006 yılında Trabzon Su ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Bünyesinde Kimya Mühendisi olarak işe başlamış ve halen devam etmektedir. Enstitüde göreve başladığı tarihten itibaren "Su Ürünleri Yetiştiricilik İşletmelerinin Denizel Ekosisteme Olan Etkilerinin Belirlenmesi". "Kalkan Balığı Yetiştiricilik Tekniklerinin Geliştirilmesi" ve "Karadeniz Alabalığının Özel Sektöre Kazandırılması" projelerinde görev almış olup, iyi derecede İngilizce bilmektedir.