

2005-101



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

DONUŞUMLERİNİN İNCELENMESİ

63657

PROJE NO: 100Y071

DOÇ.DR.ŞÜKRÜ BEŞİKTEPE
PROF.DR. SÜLEYMAN TUĞRUL

**Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri
Araştırma Grubu**

Environment, Atmosphere, Earth and Marine Sciences
Research Grant Group



**TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU**

Karadeniz
Biy

**THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY**

**KARADENİZ, MARMARA DENİZİ, EGE DENİZİ
VE AKDENİZ'İN BİYOKİMYASAL
DÖNÜŞÜMLERİNİN İNCELENMESİ**

63657

PROJE NO: 100Y071

DOÇ.DR.ŞÜKRÜ BEŞİKTEPE
PROF.DR. SÜLEYMAN TUĞRUL
PROF.DR. AYŞEN YILMAZ
DOÇ.DR. NİLGÜN KUBILAY
DOÇ.DR. ZAHİT UYSAL
YRD.DOÇ.DR. ŞENGÜL BEŞİKTEPE
YRD.DOÇ.DR. DİLEK EDİGER
YRD.DOÇ.DR. ERHAN MUTLU

AĞUSTOS 2005

**Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri
Araştırma Grubu**

Environment, Atmospheric, Earth and Marine Sciences
Research Grant Group

**Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz'in
Biyokimyasal Dönüşümlerinin İncelenmesi**

PROJE NO: 100Y071

**DOÇ.DR.ŞÜKRÜ BEŞİKTEPE
PROF.DR. SÜLEYMAN TUĞRUL
PROF.DR. AYŞEN YILMAZ
DOÇ.DR. NİLGÜN KUBİLAY
DOÇ.DR. ZAHİT UYSAL
YRD.DOÇ.DR. ŞENGÜL BEŞİKTEPE
YRD.DOÇ.DR. DİLEK EDİGER
YRD.DOÇ.DR. ERHAN MUTLU**

AĞUSTOS 2005

İçindekiler

	Sayfa
1. Giriş	1
2. Sonuçlar	3
2.1. Biyolojik Çeşitliliğin Tespiti Çalışmaları:	3
2.1.1. Cyanobakteri ve Fitoplankton çalışmaları	3
2.1.2 Çevresel Faktörlerle Zooplankton Etkileşimi	16
2.1.3 Calanus euxinus'un Beslenme ve Fekal Pelet Üretimleri	23
2.1.4 Doğu Akdeniz'de Avrupa uçan kalamarın, Todarodes sagittatus, bazı biyolojik özellikleri	25
2.1.5 Karadeniz'de Calanus euxinus (Copepoda) ve Sagitta setosa (Chaetognatha) zooplankton konsantrasyon tabakasının akustik yöntemle tanımlanması ve dikey dağılımları	31
2.2. Orta ölçekli su hareketleri dinamiği çalışmaları:	36
2.3. Alt Besin Ağı Dinamiği ve Biyokimyasal Dönüşüm Çalışmaları:.	41
2.3.1 Kuzeydoğu Akdeniz de izleme istasyonları fizik-kimya sonuçları	41
2.3.2 Türk Boğazlar Sisteminde (Marmara, İstanbul ve Çanakkale Boğazı) Besin Tuzları Değişimleri	44
2.3.3 Klorofil-a ve Birincil Üretim	51
2.3.4 Fiziksel dönüşümlerin karışmış tabakadaki planktonların dağılımına etkisi	59
2.4. Atmosfer Girdileri ve Deniz Ekosistemine Etkileri:	61
3. Sonuç	73
Kaynaklar:	74

Tabloların listesi

	Sayfa
Tablo 1. Ekim 2000 döneminde Marmara, Ege ve Akdeniz'de tanımlanan fitoplankterlerin listesi.	11
Tablo 2. İstasyonlarda elde edilen tür çeşitlilik indis değerleri.	12
Tablo 3. Fitoplankton türlerinin bölgeler arasında ortalama benzerliklere (\bar{S}) katkıları (\bar{S}_i).	15
Tablo 4. Fitoplankton türlerinin bölgeler arasında toplam ortalama benzememezliklere ($\bar{\delta} = \sum \bar{\delta}_i$) katkıları ($\bar{\delta}_i$)	15
Tablo 5: İstasyonlara göre Calanus euxinus'un kopepodit (C1-C5) ve ergin bireylerinin istasyonlara göre bolluk (birey m-3) ve prosome uzunlukları (μ m). Bol.= Bolluk, P.L.= Prosome uzunluğu.	22
Tablo 6: Ekim 2000 seferinde dişi Calanus euxinus'un gonad erginliği yüzdeleri. (Imt = ergin olmayan, S.Mt = yarı ergin, Mt = ergin).	22
Tablo 7. Todarodes sagittatus'ın morfometrik ölçümleri	27
Tablo 8. Kalamarların 200 kHz'deki bireysel ortalama hedef büyüklüğü, TS (dB)	30
Tablo 9: Temmuz 2000'de Karadeniz'de farklı saatlerde belli derinlikler aralığından plankton ağı ile alınan meso ve makro zooplanktonların bolluklarındaki değişim (birey/m3).	33
Tablo 10. İstanbul ve Çanakkale Boğazları'ndaki iki tabakalı (üst ve alt) akıntı rejiminin mevsimsel ve yıllık su debisi, nitrat ve reaktif fosfat derişimleri ve madde akısı	48
Tablo 11. Karadeniz ve Akdeniz'de Ekim 2000 Döneminde Su Kolonunda Entegre Birincil Üretim Değerleri. Entegrason ışıklı tabakada yüzeyde %1 ışık derinliğine kadar , Yapılmıştır ve bir önceki yılın aynı dönemi ile (Ekim 1999) karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Ege Denizi'de bir istasyonda (G15H15) yapılan birincil ölçüm sonuçları da Akdeniz grubunda yer almıştır.	58
Tablo 12. Doğu Akdeniz aerosollerinde toplam inorganik fosfat (TIP), çözülmüş inorganik fosfat (DIP), nitrat (NO3-) ve amonyumun (NH4+) mevsimsel ve sektörel geometric ortalama değerleri. (a) Finokalia; (b) Erdemli.	66
Şekil 19. Todarodes sagittatus menta uzunluğu ile pankreas kuru ağı ağırlığı ve reaktif azot miktarı arasındaki ilişki.	91
Şekil 20. Todarodes sagittatus kuru ağırlığı ile pankreas ağı ağırlığı (% 1) ve reaktif azot miktarı (% 2) arasındaki ilişki	92
Şekil 21. Todarodes sagittatus menta uzunluğu ile pankreas kuru ağı ağırlığı (% 1) ve reaktif azot miktarı (% 2) arasındaki ilişki	93
Şekil 22. Karadeniz'de Temmuz 2000'de okyanusel iklimin bir istasyonlar	97

Şekillerin listesi

Sayfa

Şekil 1. Proje kaspsamında 1-20 Ekim tarihleri arasında yapılan sefer sırasında ziyaret edilen istasyonlar.	1
Şekil 2. Marmara, Ege ve Akdeniz'de örnek toplanan istasyonlar.	6
Şekil.3. Araştırılan istasyonlarda Cyanobakteri <i>Synechococcus</i> sp sıklığında derinlikle değişim (su sıcaklığı ve tuzluluk profilleri ile birlikte).	8
Şekil 4. Bray-Curtis benzerlik indisi kullanılarak istasyonların sınıflandırıldığı dendogram.	13
Şekil 5. Çok-boyutlu ölçümlendirme tekniği ile istasyonların sınıflandırılması	14
Şekil 6. <i>Calanus euxinus</i> 'un yumurta üretimi deneyleri için Ekim 2000'de ziyaret edilen istasyonlar.	17
Şekil 7: Ekim 2000'de ziyaret edilen bazı istasyonların sıcaklık, tuzluluk ve klorofil-a profilleri	18
Şekil 8. Ekim 2000 seferinde ziyaret edilen istasyonlarda derinliğe göre entegre edilmiş (0-50 m) klorofil-a konsantrasyonu.	19
Şekil 9. Ekim 2000 seferinde ziyaret edilen istasyonlarda dişi <i>Calanus euxinus</i> 'un günlük yumurta üretimleri.	19
Şekil 10. Dişi <i>C. euxinus</i> 'un günlük yumurta üretimi ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki	20
Şekil 11. Ekim 2000 seferinde ziyaret edilen istasyonlarda <i>C. euxinus</i> 'un günlük yumurta üretimi ve derinliğe göre entegre edilmiş (0-50 m) klorofil-a konsantrasyonu arasındaki ilişki.	20
Şekil 12. <i>Calanus euxinus</i> 'un boy (L) –ağırlık (W) ilişkisi	21
Şekil 13. Dişi <i>C. euxinus</i> 'un yumurta üretimi ve gonad erginliği arasındaki ilişki.	21
Şekil 14. Dişi <i>Calanus euxinus</i> 'un iki farklı besin konsantrasyonundaki beslenme oranı. Diatom <i>Thalassiosira weissflogii</i> besin olarak kullanılmıştır.	24
Şekil 15. Dişi <i>Calanus euxinus</i> 'un iki farklı besin konsantrasyonundaki fekal pelet üretim oranı. Diatom <i>Thalassiosira weissflogii</i> besin olarak kullanılmıştır.	25
Şekil 16. Ekim 2000 Doğu Akdeniz'de <i>Todarodes sagittatus</i> örnekleme istasyonlarının yerleri	26
Şekil 17. <i>Todarodes sagittatus</i> birey akustiksel (200 kHz) hedef büyüklüğü ölçüm deneyi	27
Şekil 18. <i>Todarodes sagittatus</i> toplam yaş ağırlığı ve manto uzunluğu arasındaki ilişki.	28
Şekil 19. <i>Todarodes sagittatus</i> manto uzunluğu ile pankreas kuru, yağ içeriği ve yağsız ağırlığı arasındaki ilişki.	29
Şekil 20. <i>Todarodes sagittatus</i> kuru ağırlığı ile pankreas yağ içeriği (% , 1) ve yağsız ağırlığı (% , 2) arasındaki ilişki.	29
Şekil 21. <i>Todarodes sagittatus</i> manto uzunluğu ile mide somatik (A) ve pankreas somatik indeksleri (% , B) arasındaki ilişki.	30
Şekil 22. Karadeniz'de Temmuz 2000'de akustiksel çalışmaların yapıldı istasyonlar	31

Şekillerin listesi

	Sayfa
Şekil 1. Proje kapsamında 1-20 Ekim tarihleri arasında yapılan sefer sırasında ziyaret edilen istasyonlar.	1
Şekil 2. Marmara, Ege ve Akdeniz'de örnek toplanan istasyonlar.	6
Şekil.3. Araştırılan istasyonlarda Cyanobakteri <i>Synechococcus</i> sp sıklığında derinlikle değişim (su sıcaklığı ve tuzluluk profilleri ile birlikte).	8
Şekil 4. Bray-Curtis benzerlik indisi kullanılarak istasyonların sınıflandırıldığı dendogram.	13
Şekil 5. Çok-boyutlu ölçümlendirme tekniği ile istasyonların sınıflandırılması	14
Şekil 6. <i>Calanus euxinus</i> 'un yumurta üretimi deneyleri için Ekim 2000'de ziyaret edilen istasyonlar.	17
Şekil 7: Ekim 2000'de ziyaret edilen bazı istasyonların sıcaklık, tuzluluk ve klorofil-a profilleri	18
Şekil 8. Ekim 2000 seferinde ziyaret edilen istasyonlarda derinliğe göre entegre edilmiş (0-50 m) klorofil-a konsantrasyonu.	19
Şekil 9. Ekim 2000 seferinde ziyaret edilen istasyonlarda dişi <i>Calanus euxinus</i> 'un günlük yumurta üretimleri.	19
Şekil 10. Dişi <i>C. euxinus</i> 'un günlük yumurta üretimi ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki	20
Şekil 11. Ekim 2000 seferinde ziyaret edilen istasyonlarda <i>C. euxinus</i> 'un günlük yumurta üretimi ve derinliğe göre entegre edilmiş (0-50 m) klorofil-a konsantrasyonu arasındaki ilişki.	20
Şekil 12. <i>Calanus euxinus</i> 'un boy (L) –ağırlık (W) ilişkisi	21
Şekil 13. Dişi <i>C. euxinus</i> 'un yumurta üretimi ve gonad erginliği arasındaki ilişki.	21
Şekil 14. Dişi <i>Calanus euxinus</i> 'un iki farklı besin konsantrasyonundaki beslenme oranı. Diatom <i>Thalassiosira weissflogii</i> besin olarak kullanılmıştır.	24
Şekil 15. Dişi <i>Calanus euxinus</i> 'un iki farklı besin konsantrasyonundaki fekal pelet üretim oranı. Diatom <i>Thalassiosira weissflogii</i> besin olarak kullanılmıştır.	25
Şekil 16. Ekim 2000 Doğu Akdeniz'de <i>Todarodes sagittatus</i> örnekleme istasyonlarının yerleri	26
Şekil 17. <i>Todarodes sagittatus</i> birey akustiksel (200 kHz) hedef büyüklüğü ölçüm deneyi	27
Şekil 18. <i>Todarodes sagittatus</i> toplam yağ ağırlığı ve manto uzunluğu arasındaki ilişki.	28
Şekil 19. <i>Todarodes sagittatus</i> manto uzunluğu ile pankreas kuru, yağ içeriği ve yağsız ağırlığı arasındaki ilişki.	29
Şekil 20. <i>Todarodes sagittatus</i> kuru ağırlığı ile pankreas yağ içeriği (% , 1) ve yağsız ağırlığı (% , 2) arasındaki ilişki.	29
Şekil 21. <i>Todarodes sagittatus</i> manto uzunluğu ile mide somatik (A) ve pankreas somatik indeksleri (% , B) arasındaki ilişki.	30
Şekil 22. Karadeniz'de Temmuz 2000'de akustiksel çalışmaların yapıldığı istasyonlar	31

Şekil 23. Karadeniz'de Temmuz 2000 bilimsel ekosounder (200 kHz) ile görüntülenen Calanus euxinus ve Sagitta setosa zooplanktonların günlük göçleri ve dikey dağılımları: a) Zonguldak ve b) Samsun, c) Her iki istasyonda çözülmüş oksijen dikey değişimi. Kesik çizgili oklar Sagitta setosa yavru bireyleri, düz çizgili oklar olgun bireylerini işaret etmektedir.	33
Şekil 24. Doğu Karadeniz'de Ekim 2000 tuzluluk dağılımı	36
Şekil 25. Karadeniz yüzey sularında TSS nin Ekim 2000 de dağılımı.	37
Şekil 26. Çanakkale Boğazı-Rodos arasında tuzluluğun Ekim 2000 de dikey dağılımı.	38
Şekil 27. M15 R40 (Sinop açığı) istasyonunda Ekim 2000 de fiziksel ve kimyasal değişkenlerin derinlik ile değişimi	39
Şekil 28. L37.5T30 istasyonunda (Yeşilirmak açığı) Ekim 2000 de fiziksel ve kimyasal değişkenlerin derinlik ile değişimi	40
Şekil 29. Derin istasyonda Nisan-Haziran 1999 ve Aralık 2000-Kasım 2001 dönemi düşey sıcaklık ve tuzluluk dağılımı.	41
Şekil 30. Derin istasyonda Nisan-Haziran 1999 ve Aralık 2000-Kasım 2001 dönemi düşey nitrat+nitrite, fosfat ve silikat dağılımı.	44
Şekil 31. İstanbul Boğazı-Karadeniz girişindeki iki tabakalı akıntı rejiminde farklı zamanlarda Ölçülen tuzluluk (S), çözülmüş oksijen (ÇO), nitrat ve reaktif fosfat profilleri	49
Şekil 32. Çanakkale Boğazı-Ege girişindeki iki tabakalı akıntı rejiminde farklı zamanlarda ölçülen tuzluluk (S), çözülmüş oksijen (ÇO), nitrat ve reaktif fosfat profilleri	50
Şekil 33. Karadeniz de örnekleme yapılan istasyonlarda Klorofil-a nın düşey dağılımı	54
Şekil 34. Karadeniz de Ekim 2000 de önekleme yapılan istasyonlarda Klorofil-a nın düşey dağılımı.	54
Şekil 35. Marmara Denizinde 1999 ve 2000 yıllarında ölçüm yapılan istasyonlarda Klorofil-a nın düşey dağılımı	56
Şekil 36. Akdeniz ve Ege Denizin de örnekleme yapılan istasyonlarda Klorofil-a nın düşey dağılımı	57
Şekil 37. Karadeniz'de Ekim 2000'de Doğu Karadeniz'de (L45Y20 ve L37,5T30 İstasyonları) yapılan birincil üretim hızlarının Ekim 1999 döneminde Batı Karadeniz'de (İstasyon M15L15), Orta Karadeniz'de (İstasyon M15R45) ve Doğu Karadeniz'de (M45T45) yapılan birincil üretim hızları ile karşılaştırılmalı olarak düşey dağılımları	58
Şekil 38. Doğu Akdeniz'de Ekim 2000'de ve Ekim 1999'da yapılan birincil üretim hızlarının derinlikle değişimi/düşey dağılımları	59
Şekil.39 Orta Karadeniz'de Ekim 2000 seferi sırasında iki farklı büyüklük gurubundaki partiküllerin dağılımı (μg kuru ağırlık/m ³ olarak)	60
Şekil 40. Aerosol ve yağmur numunelerinin toplandığı istasyonlar.	63
Şekil 41. Finokolia ve Erdemli numunelerinde gözlenen TIP ve nss-Ca+2 ilişkisi.	67

Şekil 42. Aerosollerdeki günlük MSA ve nss-SO4-3 ölçümlerinin zamansal değişimi.	68
Şekil 43. Aerosollerdeki aylık ortalama MSA ve nss-SO4-3 derişimlerinin değişimi.	69
Şekil 44. Aylık ortalama toplam sülfat derişimlerine biyogenik katkının zamansal değişimi.	69
Şekil 45. 1998 yılında Erdemli aerosollerinde ölçülen MSA (siyah çizgiler) ve Al (kırmızı çizgiler) derişimlerinin bahar ve yaz aylarındaki dağılımı. Günlük yağış miktarı noktalı barlar ile gösterilmiştir. Erdemli istasyonunun Karadeniz üzerinden kaynaklanan hava kütlelerinden etkilendiği dönemler kesikli çizgi ile gösterilen barlar ile tanımlanmıştır.	70
Şekil 46. 1998 yılı Haziran ve Temmuz aylarında Erdemli ve Finokalia istasyonlarını etkileyen Karadeniz kaynaklı hava kütlelerinin 3 günlük geri yörüngeleri.	71
Şekil 47. Mayıs-Temmuz 1998 dönemine ait SeaWIFS sensörünün 8 günlük kompozit verilerinden türetilen Karadeniz'in yüzey sularındaki kokolit dağılımı. (a) Mayıs sonu; (b) Haziran başı; (c) Haziran ortası; (d) Haziran sonu; (e) Temmuz başı; (f) Temmuz ortası. Haritalar üzerinde siyah renk ile boyanan bölgeler kokolit patlamalarının olduğu alanları, gri renkli bölgeler kokolit patlamalarının olmadığı alanları ve beyaz renkli bölgeler ise bulut ile kaplı alanları tanımlamaktadır.	72

Özet

Bu çalışma Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz'de biyojeo-kimyasal ve fiziksel dönüşüm olaylarının açıklanmasına yönelik olarak düzenlenen ve altı hafta süren saha çalışmalarına ve Erdemli'de yapılan atmosfer ve deniz ölçümlerine dayanmaktadır.

Bu proje 1990'lı yılların başından beri Karadeniz, Marmara Denizi ve Akdeniz'de çeşitli ulusal ve uluslar arası çalışmaların bilgi ve deneyimi üzerine kurulmuş olup bu çalışmaların devamı niteliğindedir. Bu proje kapsamında yapılan çalışmalarda özellikle ekosistemin işleyiş mekanizmalarının anlaşılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla kinetik ağırlıklı çalışmalar ön plana alınmıştır ve model çalışmalarında kullanılan parametrelerin ölçülmesi ve türetilmesi çalışmaları yapılmıştır. Atmosfer girdilerinin Akdeniz ekosistemine etkileri Erdemli'de kurulu örnekleme istasyonu verileri ve Erdemli önlerindeki deniz ölçümleri kullanılarak incelenmiştir.



Şekil 1. Proje kapsamında 1-20 Ekim tarihleri arasında yapılan saha çalışmaları için ziyaret edilen istasyonlar

Bu istasyonlarda yapılan ölçümler genel olarak aşağıda verilmiştir

Fiziksel Ölçümler

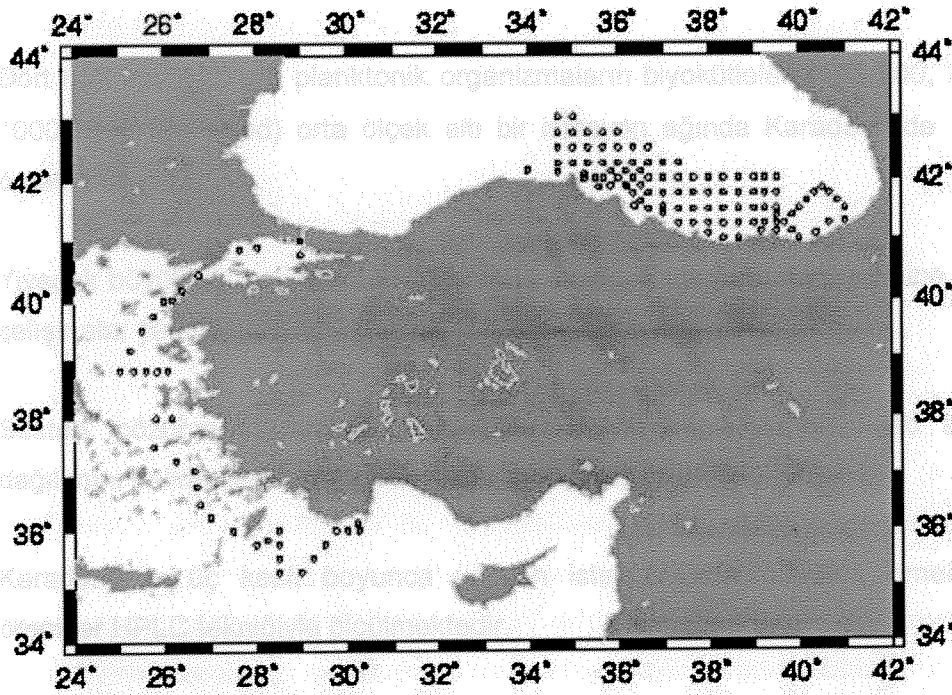
SBE 110105 kullanılarak sıcaklık, ızdılık ölçümleri ve floresans ve bulanıklık ölçümleri yapılmıştır. STD ölçümleri yüzeyden 300m derinliğe kadar gerçekleştirilmiştir.

Kimyasal Ölçümler

1. Giriş

Çözünmüş besin tuzları, çözünmüş oksijen, NO_3^- ve NO_2^- ölçümleri her iki istasyonda Bu projenin amaçlarında belirtilen araştırma çalışmalarını yapabilmek için 1- 30 Ekim tarihleri arasında Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz'i kapsayan bir deniz seferi düzenlenmiştir. Bu deniz seferi ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü R/V Bilim gemisi ile icra edilmiştir. Bu sefer sırasında ziyaret edilen oşinografik istasyonların konumları Şekil 1. de verilmiştir.

Phytoplankton (Nispetin şişelen ile örnekleme) ve zooplankton (20' örnekleme) örneklemesi için CTD istasyonlarında yapılmıştır.



Şekil 1. Proje kapsamında 1-20 Ekim tarihleri arasında yapılan sefer sırasında ziyaret edilen istasyonlar.

Bu istasyonlarda yapılan ölçümler genel olarak aşağıda verilmiştir.

Fiziksel Ölçümler

SBE 11plus kullanılarak sıcaklık, tuzluluk ölçümleri ile floresans ve bulanıklık ölçümleri yapılmıştır. CTD ölçümleri yüzeyden 500m derinliğe kadar gerçekleştirilmiştir.

Kimyasal ölçümler

Çözülmüş besin tuzları, çözülmüş oksijen, H₂S ve chlorophyll-a ölçümleri her iki istasyonda bir yapılmıştır. Ölçüm derinlikleri her istasyonda sigma-t yüzeylerine uygun olarak yapılmıştır. Bu temel değişkenlere ek olarak, diğer kimyasal ölçümlerde yapılmış olup, yeri geldiğinde sonuçlar bölümünde bahsedilecektir.

Biyolojik ölçümler

Phytoplankton (Niskin şişeleri ile örnekleme) ve zooplankton (ağ örnekleme) örnekleme yapılmıştır. Seçilen CTD istasyonlarında yapılmıştır.

Dört farklı büyüklükteki planktonik organizmaların biyokütleleri (100-200, 200-500, 500-1000, 1000-2000 µm sized) orta ölçek altı bir istasyon ağında Karadeniz'de seçilen bir bölgede örneklendirilmiştir.

Yiyecek büyüklüğü ve bulunabilirliğinin *C. euxinus* yumurta üretimine etkisi için deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Seston, çözülmüş madde ve zooplankton da değişik methylated sulfur bileşenlerinin dağılımını belirlemeye yönelik örnekler toplanmıştır.

Karadeniz'de üç kesit boyunca yapılan istasyonlarda pigment örnekleri alınmıştır. Bu örnekler HPLC tekniğiyle ölçülmektedir.

14C tekniği (benzeştirilmiş in situ ve yapay inkübasyon) ile birilcil üretim ölçümleri 2 istasyonda yapılmıştır.

Rodos civarında kalamar stoğunu tespit amacıyla akustik ve olta örnekleme ile çalışmalar yapılmıştır.

2. Sonuçlar

Proje kapsamındaki biyokimyasal çevrim ve dönüşüm süreçlerinin tesbiti çalışmaları řu dört ana başlık altında toplanmıştır;

1. Biyolojik eşitliliğin Tespiti alışmaları,
2. Orta lekli su hareketleri dinamiği alışmaları,
3. Alt Besin Ağı Dinamiği ve Biyokimyasal Dönüşüm alışmaları,
4. Atmosfer Girdileri ve Deniz Ekosistemine Etkileri,

Elde edilen sonuçlar da bu dört ana başlık altında toplanıp aşağıda sunulmuştur.

2.1. Biyolojik eşitliliğin Tespiti alışmaları:

2.1.1. Cyanobakteri ve Fitoplankton alışmaları

Denizlerde ve okyanuslarda birincil üretimi oluşturan fitoplankterler besin zinciri tabanı oluşumunda büyük bir rol oynamaktadır. Ototrof olan bu canlılar, sucul ortamda, ışıklı tabakalarda fotosentez yolu ile karbondioksit ve inorganik maddelerden yüksek enerji potansiyeline sahip organik bileşikleri yaparlar. Burada üretime katkı farklı gruplarca değişik oranlarda olmakta, ototrofik diatomeler ve dinoflagellatların yanısıra daha küçük boyutlu kokkolitler ve boyları 3 mikrondan küçük fotosentetik pikoplankton (prokaryotik ve ökaryotik) okyanus ve denizlerde toplam biyokütleye ve üretime önemli katkılarda bulunmaktadır. Bunların üzerinde beslenen ve boyca daha büyük olan mikro ve mesoplanktonun yoğunluğu ve dağılımı ise suda balıklara kadar uzanan besin zincirinde büyük önem arzeder.

Yeryüzünde bitkilerin toplam net birincil üretim miktarları kuru ağırlık bazında 1.4×10^{14} kg/yıl olarak tahmin edilmekte ve bunun yaklaşık %40'ı ise denizel fitoplankterlerce oluşturulmaktadır (Golley, 1972). Bu da bize yılda yaklaşık 2×10^{13} kg karbonun denizel fitoplanktonlarca organik forma dönüştürüldüğünü gösterir (Strickland, 1972). Denizlerin yoğun üretken bölgelerinde (upwelling) ve kıta sahanlıklarında diatomeler yeryüzündeki net birincil üretim %20-25'ini oluşturmaktadırlar. Diatomeler deniz planktonu içerisinde en önemli bir grubu oluşturmakta ve çok fazla tür ve yoğunluklarda bulunmaları nedeni ile

dolaylı veya dolaysız olarak denizel organizmaların ve onların larvalarının besinini oluşturmaktadır. Bir diğer sıkça rastlanan grup olan dinoflagellatlar da denizlerde üretime önemli katkıda bulunmakta ve balık larvaları yanısıra denizel mikrozooplanktonun besinini oluşturmaktadır.

Oligotrofik okyanus sistemlerinde pikoplankton genelde inorganik karbon fiksasyonunun %60'ını gerçekleştirmektedir. Bunlar arasında fikoeritrin içeren tek hücreli, fotoötotrofik cyanobakteri *Synechococcus* yoğun ilgi odağı oluşturmuştur. Genelde bu grup ılıman ve tropik denizlerde öfotik tabakada yoğun olarak bulunup atmosferdeki azotu bağlaması ile deniz ekosisteminde önemli bir rol oynarlar. Sayısal açıdan bu grup diğer toplam ökaryotik fitoplanktondan daha yoğun olup ılıman denizlerin yüzey sularında 103 -105 hücre/ml dolayındadır. Bunun yanısıra birim su kolonunda birincil üretime katkıları yüzde ellileri aşan oranlara ulaşmaktadır. Bu prokaryotik hücre yaklaşık 1 mikron çapında olup pigment yapısında fikoeritrin içermesi nedeni ile epifloresan mikroskop aracılığı ile diğer planktondan kolayca ayırt edilebilmektedir.

Denizlerimizde birincil üretim ve bunu oluşturan fitoplanktonun komponentlerinin araştırılması ve buradan beslenen zooplanktonun yapısının ve yoğunluğunun bilinmesi balıkçılık açısından da büyük önem arz etmektedir.

Araştırma konusunun Dünyadaki ve Türkiye'deki durumu

Ülke içinde, denizlerimizde, pikoplankton düzeyinde özellikle kokkoid Cyanobakteri *Synechococcus* üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Karadeniz'de pikoplanktonun önemli bir kısmını oluşturan Cyanobakteri *Synechococcus* üzerine preliminer bir çalışma A.B.D.'de Oregon Üniversitesinde Dr. Zahit Uysal tarafından gerçekleştirilmiş ve bu çalışma sırasında Kanada'da Bedford Oşinografi Enstitüsü ile de kontakt kurularak flow-cytometrik analiz yapılabilmektedir. Konu daha da geliştirilerek Karadeniz kıyı sularımızda bu grubun su kolonunda ve sahada dağılımı ve bu dağılımı etkileyen fiziko-kimyasal etmenlerin araştırılması projesi şeklinde yürütülmüştür (Uysal ve ark. 1998). Bu grubun Karadeniz popülasyonu için pigment yapısı, boy ve dağılımı üzerine yeni bulgular edinilmiştir (Uysal, 1999). Son olarak kuzey Levantin baseni kıyı sularında (Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü açılımlarında) bu grubun haftalık dinamikleri çalışılmıştır (Köksalan, Master tezi).

Doğu Akdeniz'de gerçekleştirilen bir ortak (A.B.D., Kanada ve İsrail) çalışmada ise flow cytometry kullanılarak ultrafito-planktonik cyanobakteri, proklorofitler ve ökaryotlarda hücre bolluğu, klorofil ve karbon içerikleri üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir (Li., W. K. W., ve arkadaşları, 1993). Bunun yanısıra diğer okyanus ve denizlerde bu alanda birçok çalışma gerçekleştirilmiş ve halen de sürmektedir. Yurtdışında, bu konuda gelişmiş birçok Enstitülerde, pikoplankton düzeyinde araştırmalar genelde epifloresan mikroskop yanısıra bu konu için özel olarak geliştirilmiş flow cytometre ile otomatik yapılmaktadır. Bunların yanısıra elektronik partikül sayıcıları olan Coulter Sayıcıları da bir dönem kullanılmalarına karşın fotosentetik pikoplanktonu diğer fotosentetik olmayan partiküllerden ayırt edememesi nedeni ile vazgeçilmiştir. Ayrıca immunofloresans ve microautoradiography yöntemleri ve elektron mikrograf aracılığı ile de fotosentetik pikoplankton çalışılmaktadır.

Fitoplankton üzerine Kimor ve Wood'un (1975) 1960'larda gerçekleştirdiği çalışmada 143 Dinoflagellat, 77 Diatome, 17 Kokkolit, 2 Silikoflagellat ve diğer seyrek gruplar olmak üzere farklı gruplara ait toplam 248 tür tanımlanmıştır. Bunu takiben 1987 yılında Kıdeyş, kuzey Kilikya baseninde gerçekleştirdiği çalışmasında 51 Dinoflagellat ve 66 Diatome türü rapor etmiştir. Ayrıca ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün Haziran 1995 döneminde Antalya körfezinde gerçekleştirdiği proje çalışmasında toplam 43 Diatome ve 65 Dinoflagellat taxa saptanmış olup, tür düzeyinde 33 Diatome ve 52 Dinoflagellat tanımlanmıştır. Son olarak 1995-1997 yıllarında ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü limanında haftalık bazda fitoplankton kompozisyonu çalışılmıştır (Eker ve Kıdeyş, 1999). Buna ek olarak ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün Kuzeydoğu Akdeniz Ekolojisi Projesi çerçevesinde yürüttüğü çalışmalarda Mayıs 1996 döneminde fitoplanktonda, diatomeler toplam 18 cins ve 37 tür, dinoflagellatlar toplam 21 cins ve 63 tür, Chrysophyceaea grubu üyeleri 14 cins ve 25 tür, Chlorophyta grubu üyeleri 4 cins ve 6 tür ve en son olarak Euglenophyta grubu 1 tür ile temsil edilmişlerdir (Salihoğlu ve ark., 1997). Aynı proje kapsamında Kasım 1996 döneminde ise diatomeler toplam 30 cins ve 68 tür, dinoflagellatlar toplam 21 cins ve 70 tür, Chrysophyceaea grubu üyeleri 19 cins ve 47 tür, Chlorophyta grubu üyeleri 2 cins ve 5 tür, Cyanophyta grubu 1 cins, Euglenophyta grubu 1 tür ve son olarak Xantophyta grubu 1 tür ile temsil edilmişlerdir.

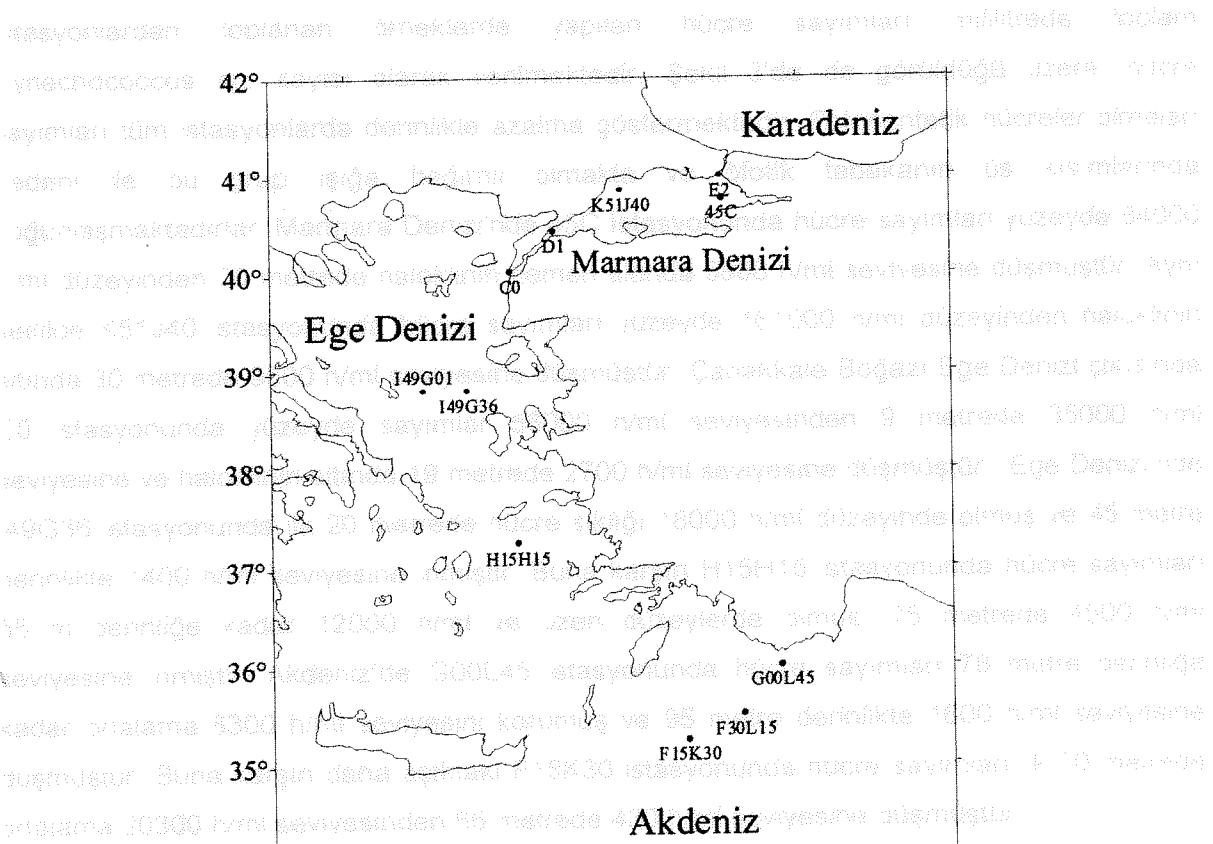
Yöntem

Proje (Proje No.100Y071) kapsamında Marmara, Ege ve Akdeniz'de (Şekil 2), ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne ait R/V Bilim gemisi ile Ekim 2000'de gerçekleştirilen sefer süresince istasyonlarda Biyolojik parametrelerden Cyanobakteri (*Synechococcus* sp), ve fitoplankton

örnekleri toplanmıştır. Aşağıda örneklerin nasıl toplandığı, güvertede işlendiği ve laboratuvar analizleri hakkında bilgi verilmektedir.

Cyanobakteri analizleri için su örnekleri CTD probu bağlı Rozet örnekleyici aracılığı ile farklı derinliklerden alınmıştır. 50 ml'lik koyu renkli polietilen şişelere doldurulan sudan gereksinime göre 10 veya 20 ml'si 25 mm çaplı, 0.2 mikrometre göz açıklığı, siyah, polikarbonat, nuklepor membran filtreler üzerine zaman geçirilmeden süzölmüştür. Filtre daha sonra lam lamel arasına immersiyon yağı ile sabitleştirilmiştir. Hazırlanan preparatlar lam kutusu içinde yatay konumda derin dondurucuda sayımlara kadar saklanmıştır. Laboratuvarında sayımlar Nikon epifluoresan mikroskop ile 1500 büyütmede B-2A (DM 505, EX 450-490, BA 520) ve G-1A (DM 575, EX 546/10, BA 580) filtre kombinasyonlarında gerçekleştirilmiştir. Hücre sayımları rastgele en az 40 görüş alanı incelenerek yapılmış olup sonuçlar litrede hücre sayısı olarak verilmiştir.

Cyanobakteri



Şekil 2. Marmara, Ege ve Akdeniz'de örnek toplanan istasyonlar.

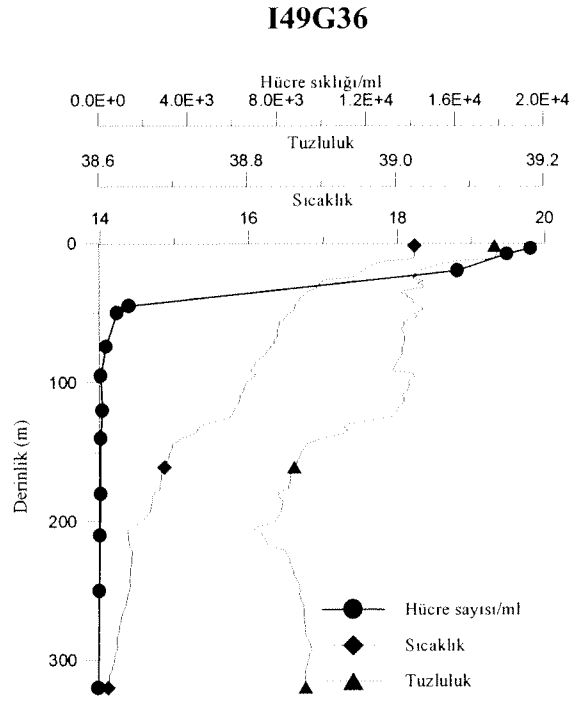
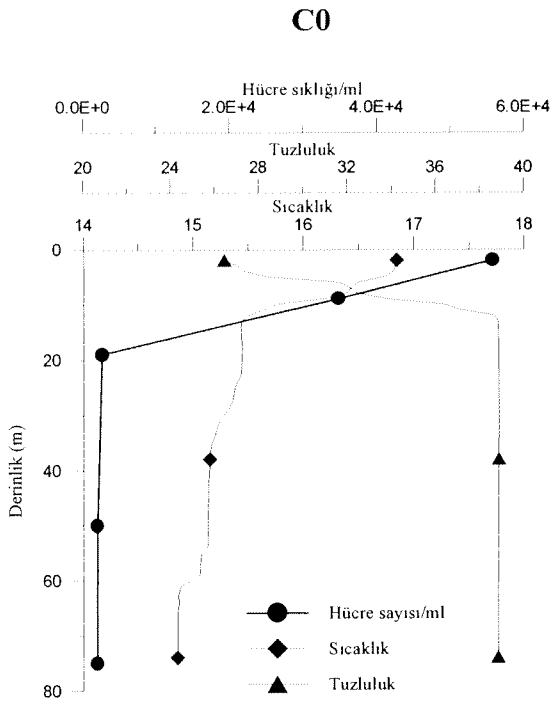
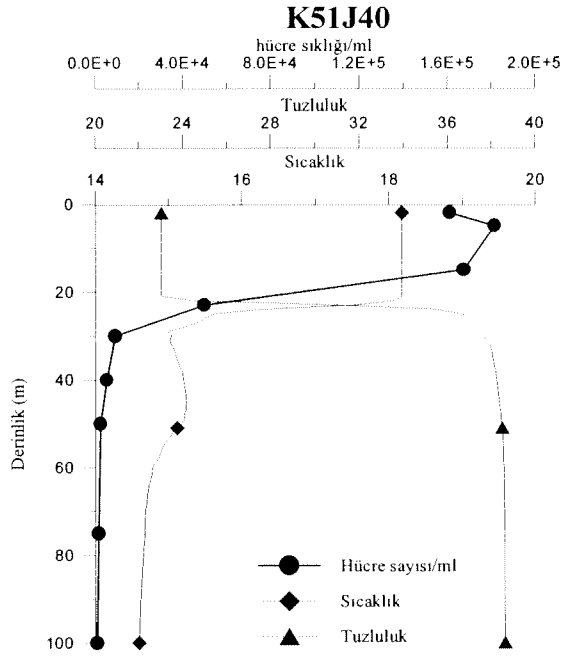
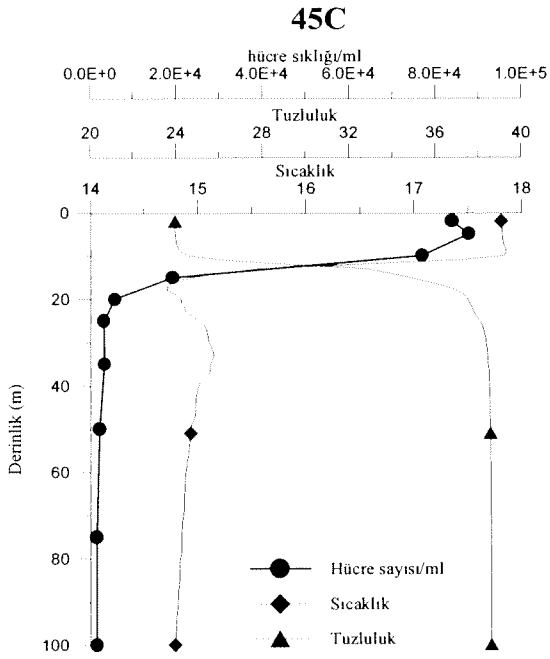
Fitoplankton

Fitoplankton analizleri için su örnekleri CTD probu bağlı Rozet örnekleyici aracılığı ile farklı derinliklerden alınmıştır. Su örnekleri 1 litrelik koyu renkli cam şişelere doldurulmuş ve sonuç konsantrasyonu 2.5% olacak şekilde %31'lik tamponlanmış formaldehit ile tespit edilmiştir. Şişeler etiketlenerek laboratuvarında 3-4 hafta süresince hücrelerin dibe çökmesi için beklemeye bırakılmıştır. İnce plastik borular aracılığı ile, tabanda yaklaşık 40-50 ml su kalacak şekilde, üst kısımdaki su sifonlanmıştır. Küçük şişelerde tekrar 2-3 hafta çöktürmeye bırakılan örnekler sonuçta 10-15 ml kalacak şekilde üzerlerinden şırınga ile alınarak yoğunlaştırılmıştır. Hücre tanım ve sayımları Nikon ters mikroskop altında 2 ml hacimli sayma kamerası kullanılarak yapılmıştır.

Sonuçlar

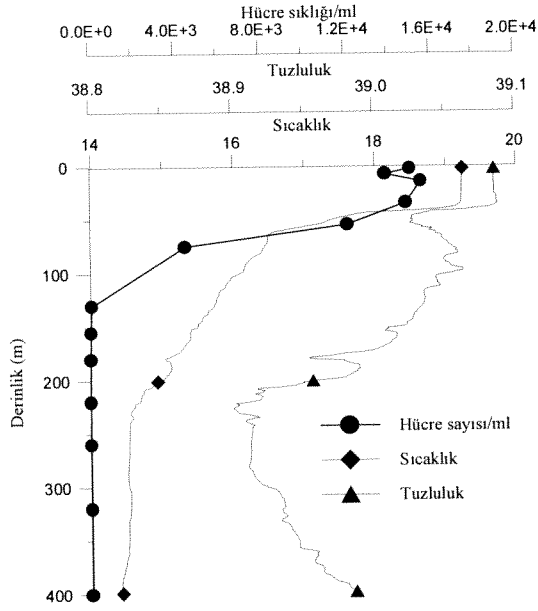
Cyanobakteri

İstasyonlardan toplanan örneklerde yapılan hücre sayımları mililitrede toplam *Synechococcus* sp. sayısı olarak verilmektedir. Şekil 3'de de görüldüğü üzere, hücre sayımları tüm istasyonlarda derinlikle azalma göstermektedir. Fotosentetik hücreler olmaları nedeni ile bu grup ışığa bağımlı olmakta ve öfotik tabakanın üst kısımlarında yoğunlaşmaktadırlar. Marmara Denizi'nde 45C İstasyonunda hücre sayımları yüzeyde 84000 h/ml düzeyinden 20 metrede haloklinin hemen altında 5800 h/ml seviyesine düşmüştür. Aynı şekilde K51J40 istasyonunda hücre sayımları yüzeyde 161000 h/ml düzeyinden haloklinin altında 30 metrede 9500 h/ml seviyesine düşmüştür. Çanakkale Boğazı Ege Denizi çıkışında C0 istasyonunda yüzeyde sayımlar 56000 h/ml seviyesinden 9 metrede 35000 h/ml seviyesine ve haloklinin altında 19 metrede 2700 h/ml seviyesine düşmüştür. Ege Denizi'nde I49G36 istasyonunda ilk 20 metrede hücre sıklığı 18000 h/ml düzeyinde olmuş ve 45 metre derinlikte 1400 h/ml seviyesine inmiştir. Buna karşın H15H15 istasyonunda hücre sayımları 55 m derinliğe kadar 12000 h/ml ve üzeri düzeylerde olmuş, 75 metrede 4500 h/ml seviyesine inmiştir. Akdeniz'de G00L45 istasyonunda hücre sayımları 78 metre derinliğe kadar ortalama 8300 h/ml seviyesini korumuş ve 95 metre derinlikte 1600 h/ml seviyesine düşmüştür. Buna karşın daha açığındaki F15K30 istasyonunda hücre sayımları ilk 30 metrede ortalama 20300 h/ml seviyesinden 65 metrede 430 h/ml seviyesine düşmüştür.

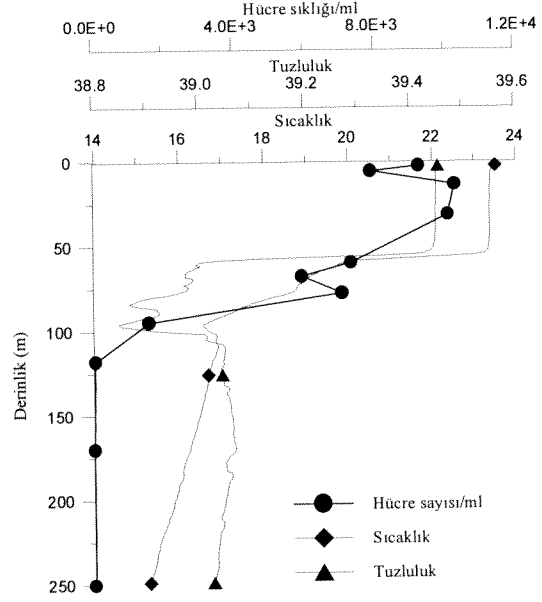


Şekil.3. Araştırılan istasyonlarda Cyanobakteri *Synechococcus* sp sıklığında derinlikle değişim (su sıcaklığı ve tuzluluk profilleri ile birlikte).

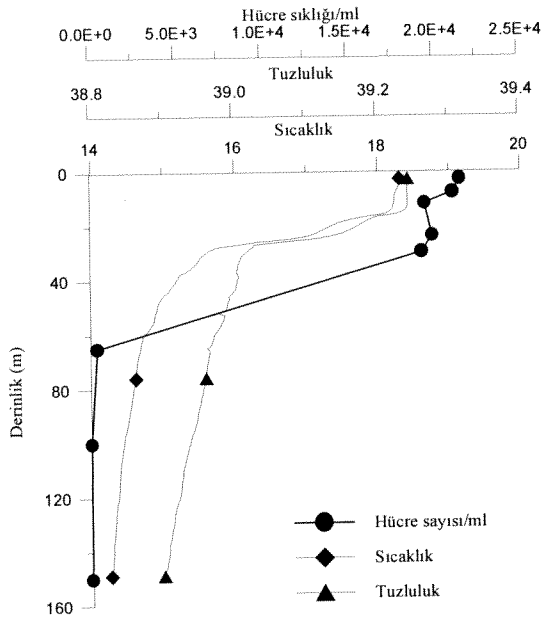
H15H15



G00L45



F15K30



Şekil.3 (devam). Araştırılan istasyonlarda Cyanobakteri *Synechococcus* sp sıklığında derinlikle değişim (su sıcaklığı ve tuzluluk profilleri eklenmiştir).

Fitoplankton

Ekim 2000 seferinde fitoplankton üzerine yapılan araştırmalarda tüm istasyonlarda tanımlanan türler Tablo 1'de verilmektedir. Bu dönemde diatomeler toplam 15 cins ve 36 tür, dinoflagellatlar toplam 10 cins ve 39 tür, Chrysophyceae grubu üyeleri 9 cins ve 12 tür, Chlorophyta grubu üyeleri 1 tür ile temsil edilmişlerdir. Hücre sıklığı açısından Marmara istasyonları (45C ve K51J40) yüzey değerleri en yüksek çıkmış, bunu sırası ile Marmara Denizi Çanakale girişi (D1) ile İstanbul Boğazi Marmara çıkışı (E2) izlemiştir. Marmara Denizi'nde değerlerin yüksek çıkması birkaç nedene bağlanabilir. Öncelikle haloklin üst sınırının yüzeye yakın olması (13-14 m civarında) yanısıra ötrofikasyona bağlı olarak fotik zonun yüzeyde çok dar olması nedeni ile hücreler yüzeyde ve yüzeye yakın derinliklerde yoğunlaşmak durumunda kalmaktadır. Marmara Denizi ayrıca antropojenik girdiler yanısıra İstanbul Boğazi üst akıntısı ile ek besin tuzları ve organik madde girdisi nedeni ile zengin fitoplankton içerir. Marmara ve Karadeniz etki alanından çıkıldığında, Tablo 2'de verilen hücre sayılarından da anlaşılacağı üzere Ege ve Akdeniz Rodos Adası civarı istasyonların fitoplankton içeriklerinde büyük bir düşüş olmuştur. Bu durum çeşitli faktörlere bağlı olup öncelikle ortamdaki besin tuzu konsantrasyonu ve ışık şiddeti ile ilişkilidir. Oligotrofik açık denizlerde yüzeyde aşırı ışık fitoplanktonun daha derinlere kaçmasına, kendilerince optimum ışık bulunan derinliklerde gelişmesine neden olmaktadır. Bu nedendir ki Akdeniz sisteminde alt klorofil maksimum tabakası daha derinlerde bulunmaktadır.

Hücre sıklığına paralel olarak Kuzeyden güneye doğru genelde tür çeşitliliğinde de bir azalma söz konusudur. Toplam tür sayısı Marmara'da 41 iken Ege ve Akdeniz'de ortalama 28'e düşmüştür. Dolayısı ile Marmara istasyonlarında tür çeşitlilik indisi yüksek çıkmış, buna karşın bazı baskın türlerin (özellikle kokolitlerden *Emiliana huxleyi*) Marmara'da diğer türlere oranla daha yoğun olması nedeni ile Evenness indisi düşük olmuştur. Baskın türlerin Akdeniz istasyonlarında bulunmaması nedeni ile Shannon ve Evenness indis değerleri daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 1. Ekim 2000 döneminde Marmara, Ege ve Akdeniz'de tanımlanan fitoplankterlerin listesi.

Bacillariophyta (Diatomeler)

Bacteriastrum delicatulum
Bacteriastrum furcatum
Bacteriastrum hyalinum
Cerataulina bergonii
Chaetoceros affinis
Chaetoceros dadayi
Chaetoceros danicus
Chaetoceros decipiens
Chaetoceros laciniatus
Chaetoceros similis
Chaetoceros sp
Coscinodiscus radiatus
Coscinodiscus sp
Dactyliosolen blavyanus
Ditylum brightwellii
Hemiaulus hauckii
Leptocylindrus danicus
Leptocylindrus minimus
Navicula sp (1)
Navicula sp (2)
Nitzschia delicatissima
Nitzschia longissima
Nitzschia pungens
Pleurosigma sp
Rhizosolenia alata
Rhizosolenia alata f. gracillima
Rhizosolenia calcaravis
Rhizosolenia fragilissima
Rhizosolenia robusta
Rhizosolenia setigera
Rhizosolenia stolterfothii
Thalassionema nitzschioides
Thalassiosira decipiens
Thalassiosira rotula
Thalassiosira sp
Thalassiothrix mediterranea
Pyrrophyta (Dinoflagellatlar)
Ceratium extensum
Ceratium furca
Ceratium furca furca
Ceratium fusus
Ceratium fusus seta
Ceratium horridum buceros
Ceratium longirostrum
Ceratium macroceros
Ceratium macroceros gallicum
Ceratium teres

Ceratium tripos
Dinophysis acuminata
Dinophysis caudata
Dinophysis fortii
Dinophysis ovum
Dinophysis sphaerica
Gymnodinium sp
Gymnodinium splendens
Gyrodinium fusiforme
Gyrodinium lachryma
Gyrosigma sp
Noctiluca scintillans
Oxytoxum caudatum
Oxytoxum longum
Oxytoxum milneri
Oxytoxum scolopax
Oxytoxum variabilis
Peridinium brevipes
Peridinium divergens
Peridinium punctulatum
Peridinium sp
Peridinium steinii
Peridinium trochoideum
Prorocentrum compressum
Prorocentrum micans
Prorocentrum ovum
Prorocentrum scutellum
Prorocentrum sp
Pyrophacus horologium
Chrysophyta
Acanthoica quattrosphina
Calyptrosphaera oblonga
Calyptrosphaera sp
Coccolithinae sp
Coccolithus sp
Dictyocha fibula
Distephanus speculum
Emiliana huxleyi
Rhabdosphaera claviger
Rhabdosphaera tignifer
Syracosphaera pulchra
Syracosphaera sp
Chlorophyta
Pterosperma sp

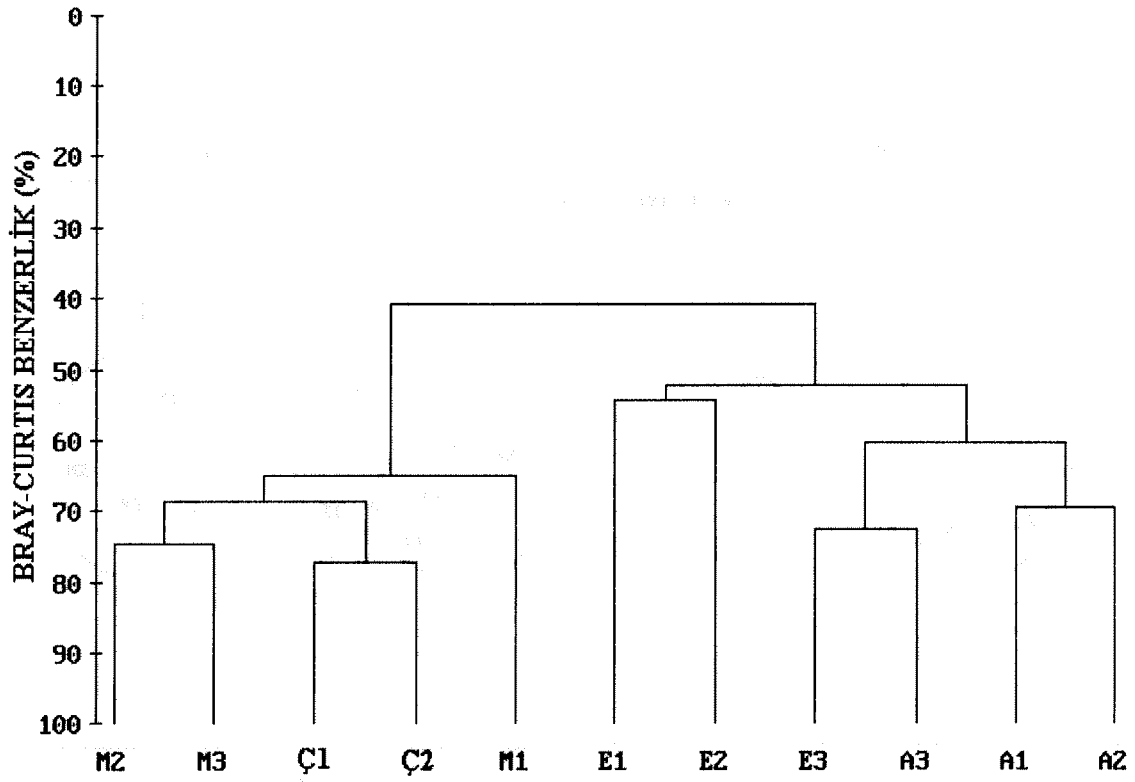
Tablo 2. İstasyonlarda elde edilen tür çeşitlilik indis değerleri.

İstasyon adı	İstasyon Kodu *	Toplam hücre/litre	Toplam tür sayısı/litre	Richness	Shannon	Evenness
E2	M1	84210	43	3.70	1.67	.44
45C	M2	197513	41	3.28	2.14	.57
K51J40	M3	224279	41	3.25	1.43	.38
D1	Ç1	86360	36	3.08	0.97	.27
Ç0	Ç2	69473	34	2.96	1.08	.31
I49G01	E1	13902	33	3.35	1.61	.46
I49G36	E2	6873	24	2.60	1.61	.51
H15H15	E3	14059	26	2.62	1.79	.55
G00L45	A1	5850	29	3.23	2.36	.70
F30L15	A2	6498	25	2.73	2.05	.64
F15K30	A3	16585	29	2.88	2.12	.63

* Çok-Çeşitlilik hesaplamalarında kullanılan istasyon kodları.

Çok-değişkenli (Multivariate) analiz tekniği ile farklı su kütlelerinde farklı fitoplankton yapısının bulunduğu saptanmıştır. Bray Curtis benzerlik (%) değerleri kullanarak çizdirilen dendograma (Şekil 4) bakıldığında Akdeniz, Ege, ve Marmara istasyonları fitoplankton yapısında belirgin farklılık görülecektir. Fitoplankton komünite yapısı olarak İstasyonlar arası en yüksek benzerlik Çanakkale Boğazı Marmara (D1) ve Ege (C0) çıkışları arasında olmuştur.

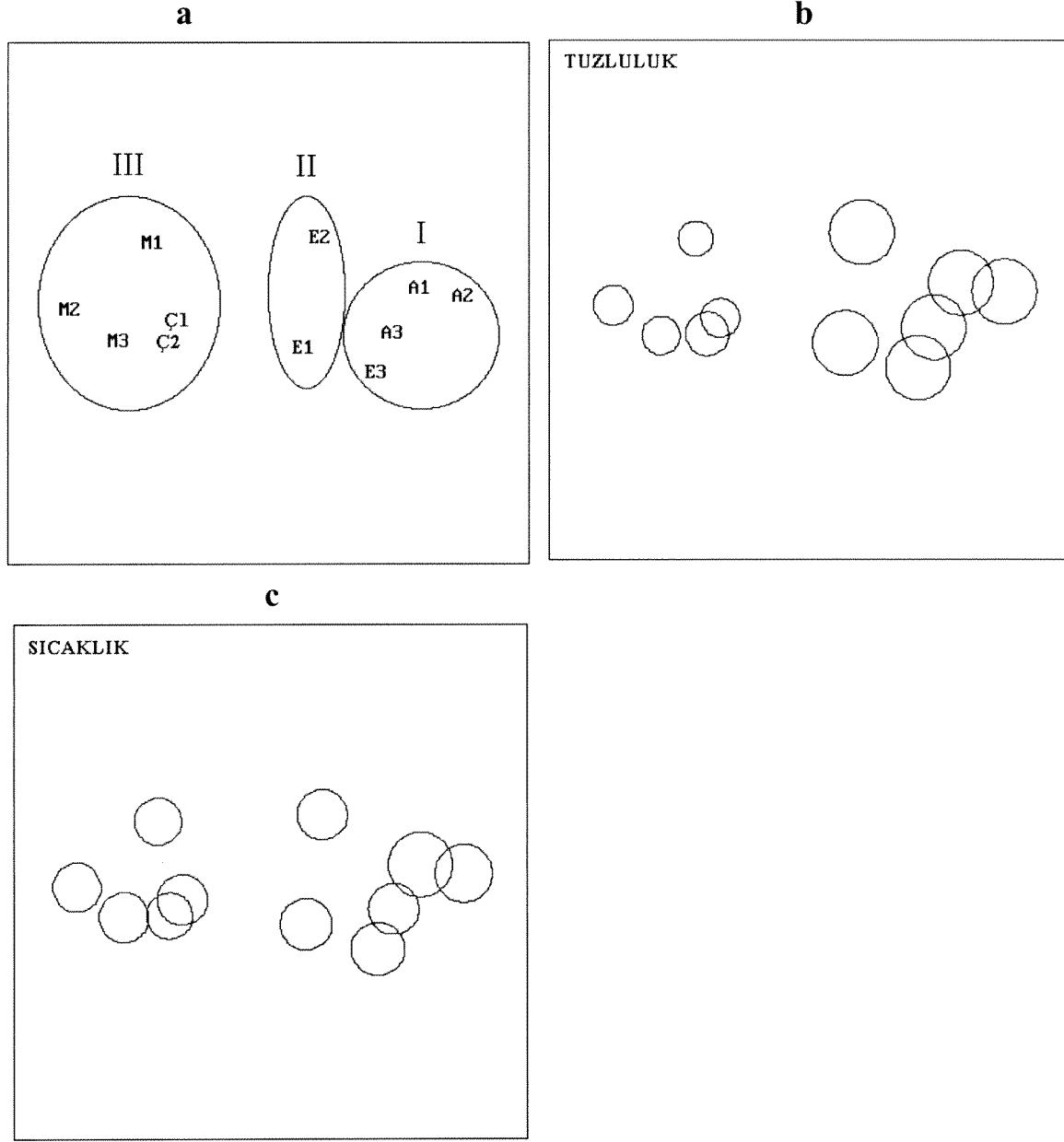
Şekil 5a'da da görüleceği üzere çok-boyutlu ölçümlendirme (Multi-Dimensional Scaling – MDS) tekniği ile tüm istasyonlar 3 farklı küme içinde toplanmıştır. I. Küme Akdeniz (rodos civarı) istasyonları yanısıra H15H15 istasyonunu, II. Küme Ege istasyonlarını, ve III. Küme ise Boğazlar ve Marmara istasyonlarını içermektedir. Ortam suyu fiziksel faktörler ile ilişkilendirildiğinde birinci derecede tuzluluk faktörünün (Şekil 5b) yanısıra sıcaklığın da (Şekil 5c) etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 4: Bray-Curtis benzerlik indisi kullanılarak istasyonların sınıflandırıldığı dendrogram.

bu çalışmada, elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

1. Elde edilen sonuçlar, istasyonların benzerlik derecelerini göstermektedir. Benzerlik dereceleri, istasyonların birbirine ne kadar yakın olduğunu göstermektedir. Benzerlik dereceleri, istasyonların birbirine ne kadar yakın olduğunu göstermektedir. Benzerlik dereceleri, istasyonların birbirine ne kadar yakın olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Çok-boyutlu ölçümlendirme tekniği ile istasyonların sınıflandırılması

Araştırılan bölge içerisinde fitoplankton komünitesinde bölgeler arasında benzerlik ve farklılıklara neden olan türler Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir. Birinci grubu oluşturan Akdeniz istasyonları arasındaki yakınlığa en büyük katkı kokkolitlerden olmuştur. III. grupta kokolitlerin yanısıra diatomelerden *Nitzschia pungens* ve dinoflagellatlardan *Ceratium fusus seta* katkı yapmışlardır.

Tablo 3. Fitoplankton türlerinin bölgeler arasında ortalama benzerliklere (\bar{S}) katkıları (\bar{S}_i).

Grup	Species	\bar{S}_i	SD(S_i)	$\bar{S}_i/SD(S_i)$	$\Sigma \bar{S}_i\%$
*64	<i>Emiliana huxleyi</i>	7.9	.75	10.5	12.4
	<i>Syracosphaera</i> sp	5.9	.50	11.9	21.7
I	<i>Coccolithus</i> sp	4.7	.40	11.9	29.0
	<i>Calyptrorphaera</i> sp	4.5	.38	11.9	36.2
	<i>Coccolithinae</i> sp	4.4	.37	11.9	43.0

*69	<i>Emiliana huxleyi</i>	8.4	1.04	8.1	12.3
	<i>Nitzschia pungens</i>	3.9	.44	8.8	17.9
III	<i>Syracosphaera</i> sp	3.8	.68	5.6	23.5
	<i>Coccolithus</i> sp	3.0	.54	5.6	27.9
	<i>Ceratium fusus seta</i>	3.0	.34	8.8	32.3

* Gruplar arası ortalama benzerlik (\bar{S}).

Tablo 4. Fitoplankton türlerinin bölgeler arasında toplam ortalama benzememezliklere ($\bar{\delta} = \Sigma \bar{\delta}_i$) katkıları ($\bar{\delta}_i$)

Grup	Tür	$\bar{\delta}_i$	SD(δ_i)	$\bar{\delta}_i/SD(\delta_i)$	$\Sigma \bar{\delta}_i\%$
*48	<i>Chaetoceros decipiens</i>	1.9	.25	7.4	3.9
	<i>Nitzschia delicatissima</i>	1.8	.21	8.8	7.7
I & II	<i>Peridinium brevipes</i>	1.7	.23	7.2	11.2
	<i>Thalassiosira rotula</i>	1.6	1.01	1.6	14.5
	<i>Chaetoceros</i> sp	1.6	1.11	1.4	17.8

*62	<i>Nitzschia pungens</i>	3.1	.47	6.5	4.9
	<i>Emiliana huxleyi</i>	3.0	.66	4.6	9.9
I & III	<i>Nitzschia delicatissima</i>	2.5	.68	3.8	14.0
	<i>Ceratium fusus seta</i>	2.4	.44	5.3	17.8
	<i>Prorocentrum micans</i>	1.7	.61	2.8	20.6

*54	<i>Nitzschia pungens</i>	3.2	.51	6.2	5.8
	<i>Emiliana huxleyi</i>	3.0	.66	4.5	11.3
II & III	<i>Ceratium fusus seta</i>	2.0	.56	3.6	15.0
	<i>Chaetoceros decipiens</i>	1.8	.50	3.5	18.3
	<i>Rhizosolenia alata f. gr.</i>	1.7	1.05	1.6	21.5

* Gruplar arası ortalama benzememezlik ($\bar{\delta}$).

2.1.2 Çevresel Faktörlerle Zooplankton Etkileşimi

Denizel organizmaların populasyon dinamiklerini kontrol eden biyolojik proseslerden biri de zooplanktonların büyüme ve üretim oranlarıdır, çünkü zooplanktonlar besin zincirinde birincil üretimle oluşturulan enerjiyi besin zincirinin üst tabakasındaki canlılara aktarmasındaki rolü ile deniz ekosisteminin oldukça önemli bir halkasıdır. Zooplanktonlar içerisinde kopepodlar en yaygın grubu teşkil ederler.

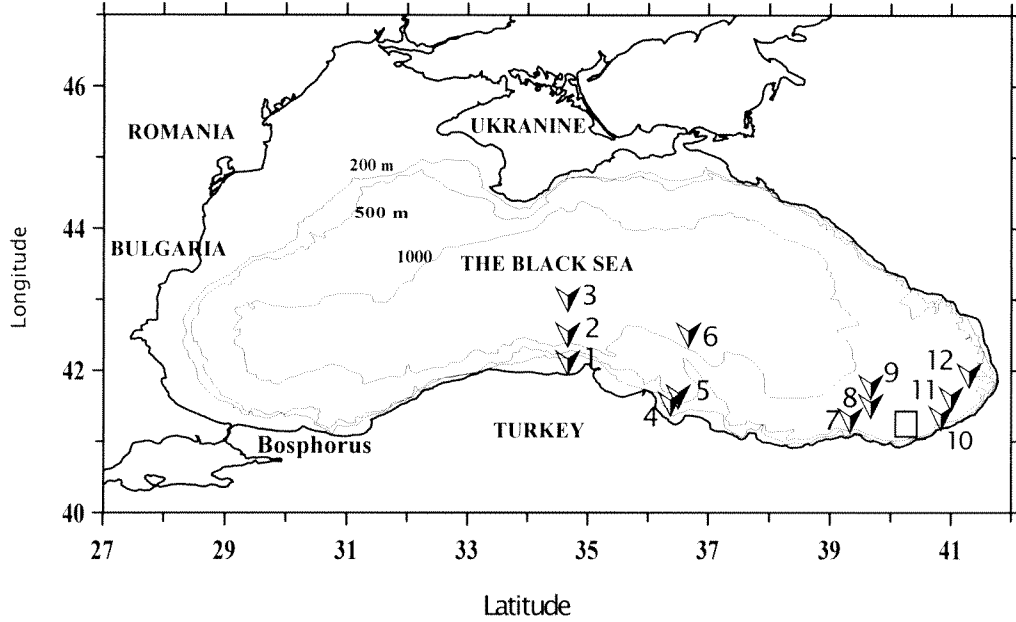
Kalanoid kopepodlardan *Calanus euxinus* Karadeniz'de mesozooplankton biyokütlesinin büyük bölümünü oluşturur. Ayrıca Karadeniz'de ekonomik öneme sahip pelajik balıkların ve larvalarının önemli besin kaynağıdır (Sirotenko ve Danilevsky, 1977; Sirotenko ve Istomin, 1978; Sirotenko ve Sorokalit, 1979; Avsar, 1993), ve bu nedenle Karadeniz besin zincirinde önemli bir rol oynarlar. Karadeniz ekosistemindeki öneminden ötürü, *Calanus euxinus* bu proje kapsamında hedef organizma olarak seçilmiş ve çevresel faktörlerin yumurta verimine etkileri araştırılmıştır.

Metod

Bu çalışma, 6-17 Ekim 2000'de R.V. Bilim ile gerçekleştirilen Karadeniz seferinde yapılmıştır. Sefer süresince su kolonunun sıcaklık, tuzluluk ve fluoresan profili CTD probe ile ölçülmüştür. Sudaki klorofil-a miktarının ölçümü için su örnekleme, belirli derinliklerden Nansen şişeleri ile alınmış, ve alınan su örnekleri GF/F filtreye süzülerek laboratuvar analizine kadar -20 °C de saklanmıştır. Klorofil-a ölçümleri spektrofotometrik olarak Hitachi F-3000 Model spektrofotometre ile ölçülmüştür (IOC, 1994).

Zooplankton örnekleme 12 istasyondan (Şekil 6), Hansen ağı ile (70 cm ağız çapı, 300 µm ağ göz aralığı), hidrojen sülfür tabakasının başladığı derinlikten yüzeye 2 kez dikey çekimle yapılmıştır. İlk çekim örnekleri *Calanus euxinus*'un tanımlanması ve bolluk analizleri için boraks ile tamponlanmış %5 lik formaldehit içerisinde laboratuvar analizine kadar saklanmıştır. İkinci çekimden elde edilen örnekler arasında dişi *Calanus euxinus* bireyleri mikroskop altında seçilerek 2 litrelik plastik kavanozlarda, yüzey suyu sıcaklığında yumurta üretim hesaplamaları için 24 saat inkübe edilmişlerdir. İnkübasyondan sonra kavanozlardaki yumurtalar mikroskop altında sayılmıştır. İnkübasyon suyu (fluoresans maksimum

derinliğinden), deniz suyundan gelebilecek yumurta kontaminasyonunu önlemek amacıyla 56µm göz genişliğindeki naylon elekten süzülmüştür (Telli, 2002).



Şekil 6. *Calanus euxinus*'un yumurta üretimi deneyleri için Ekim 2000'de ziyaret edilen istasyonlar.

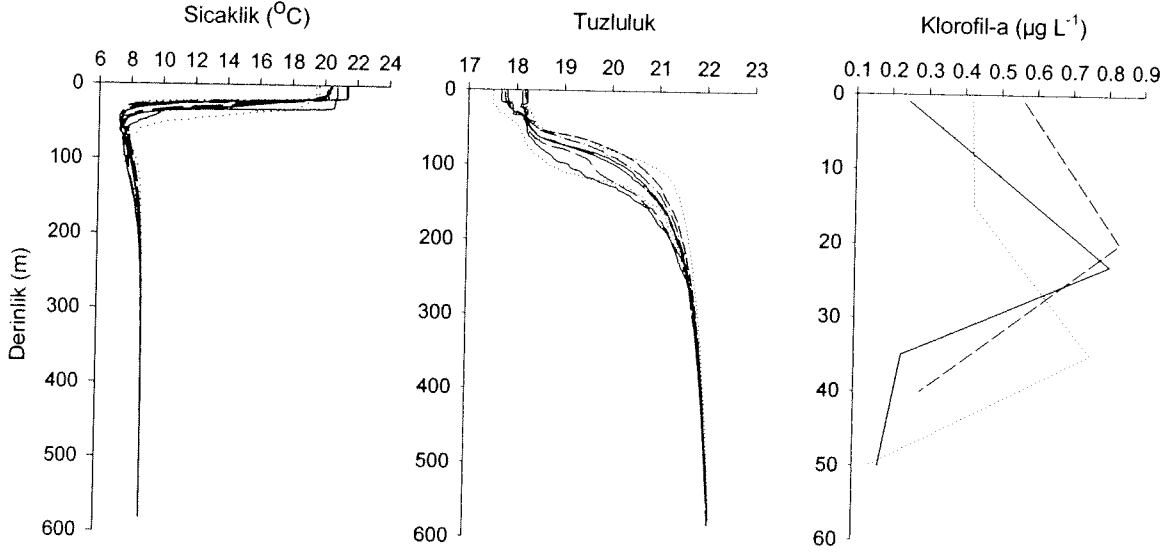
Dişi *C. euxinus* bireylerinin gonadlarının erginlik dönemleri formaldehitli örnekler kullanılarak analiz edilmiştir. Dişi *C. euxinus* bireylerinin gonad erginlik dönemleri boraks-karmin solusyonu boyama tekniği ile belirlenmiştir. (Niehoff ve Hirche, 1996, Telli, 2002).

Calanus euxinus popülasyonunun boy-ağırlık ilişkisi yine formaldehitli örnekler kullanılarak yapılmıştır. Örnekler arasından kopepodit 1'den ergine kadar olan bireylerin prosome boyları Olympus SZX-12 model stereo-mikroskop ile ölçülmüş ve boy gruplarına ayrılan bireyler saf su ile çalkalandıktan sonra, daraları alınmış alüminyum kaplara konularak etüvde 55 °C de 24 saat kurutulmuş ve kurutulan örnekler desikatör içerisinde oda sıcaklığına getirildikten sonra 5 dijital hassas terazide (Mettler) tartılmıştır.

Sonuçlar

Zooplankton örnekleme yapılan istasyonların su kolonundaki sıcaklık, tuzluluk ve klorofil-a miktarlarının dikey dağılımları Şekil 7'de verilmektedir. Deniz yüzeyi sıcaklığı yaklaşık 20 °C

dir ve termoklin istasyon yerlerine göre 20 ile 55 m arasında gözlenmiştir. Deniz yüzeyi tuzluluğu 17.56 ile 18.22 arasında değişmektedir.



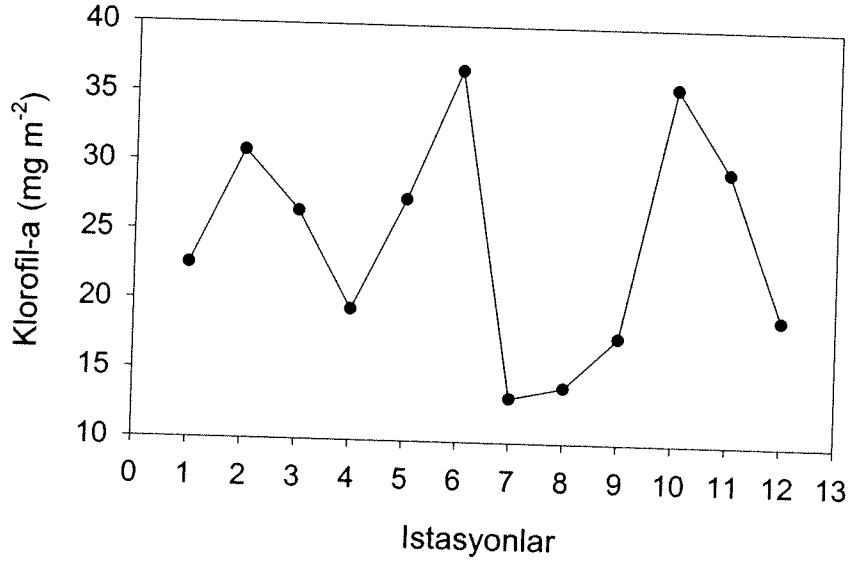
Şekil 7: Ekim 2000'de ziyaret edilen bazı istasyonların sıcaklık, tuzluluk ve klorofil-a profilleri

Derinliğe göre entegre edilmiş klorofil-a miktarları Şekil 8 'de sunulmaktadır. Toplam klorofil-a miktarları istasyonlara göre 13 ile 36 mg m⁻² arasında değişim göstermektedir.

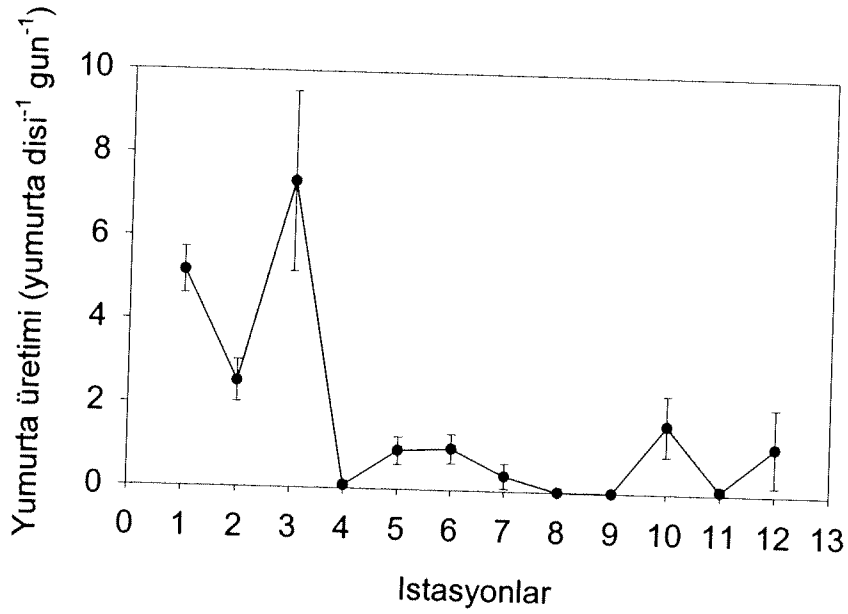
Dişi *Calanus euxinus*'un yumurta üretim oranı Şekil 9'de verilmektedir ve yumurta üretim oranı 0 ile 7.34 yumurta dişi⁻¹ gün⁻¹(ortalama 1.69 ± 2.31 yumurta dişi⁻¹ gün⁻¹) arasında değişmektedir. Günlük yumurta üretimi ile deniz suyu yüzey sıcaklığı (Şekil 10) ve klorofil-a konsantrasyonu (Şekil 11) arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır.

Calanus euxinus'un istasyonlara göre kopepodit evreleri (C1-C5) ve ergin bireylerinin bolluk ve prosome boyları Tablo 5 'de verilmektedir. Kopepodit 5 ve dişiler populasyonun yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Kopepodit 1 ve erkekler ise populasyonun yalnızca %3-4'ünü oluşturmaktadırlar. Dişi:erkek oranı istasyonların yerlerine göre 2:1 ile 14:1 oranında değişmektedir.

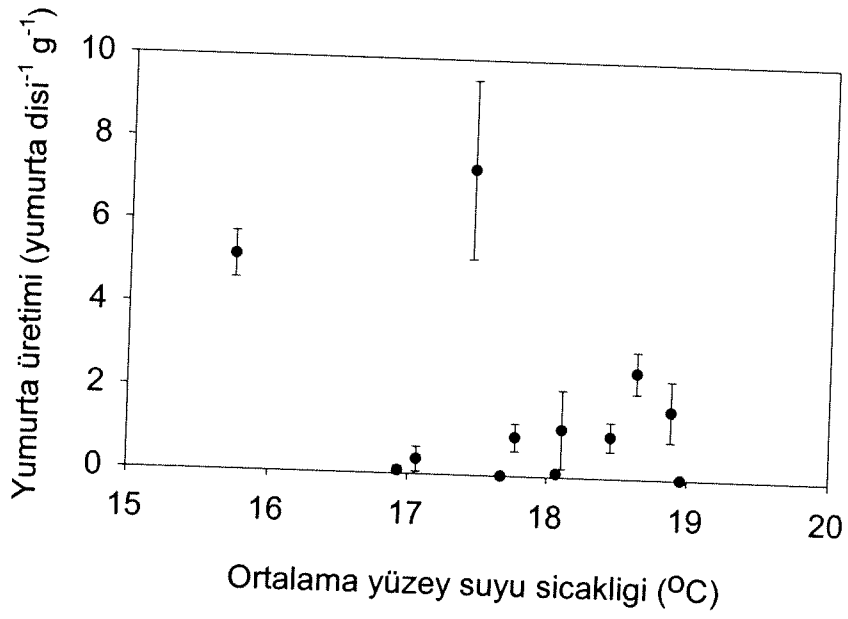
Kuru ağırlık, boy ile eksponensiyel olarak artmaktadır (Şekil 12).



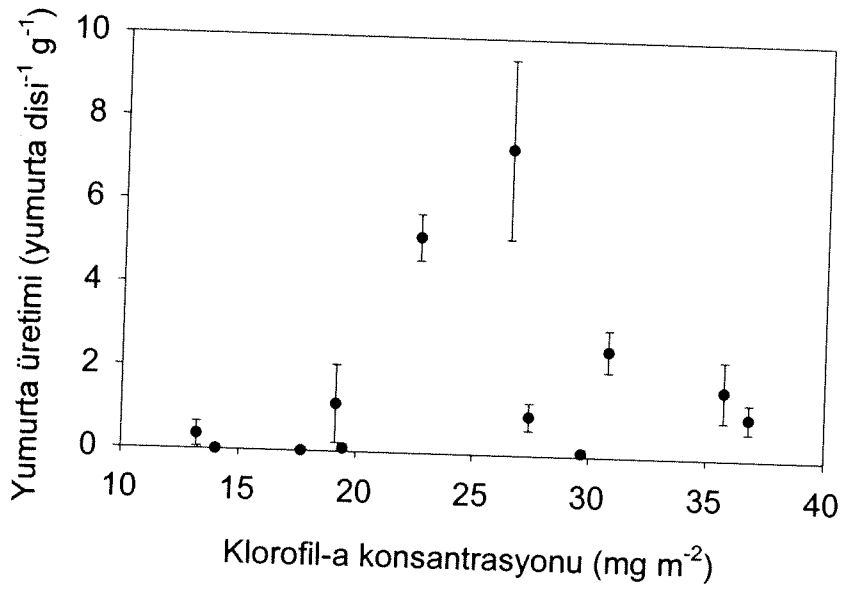
Şekil 8. Ekim 2000 seferinde ziyaret edilen istasyonlarda derinliğe göre entegre edilmiş (0-50 m) klorofil-a konsantrasyonu.



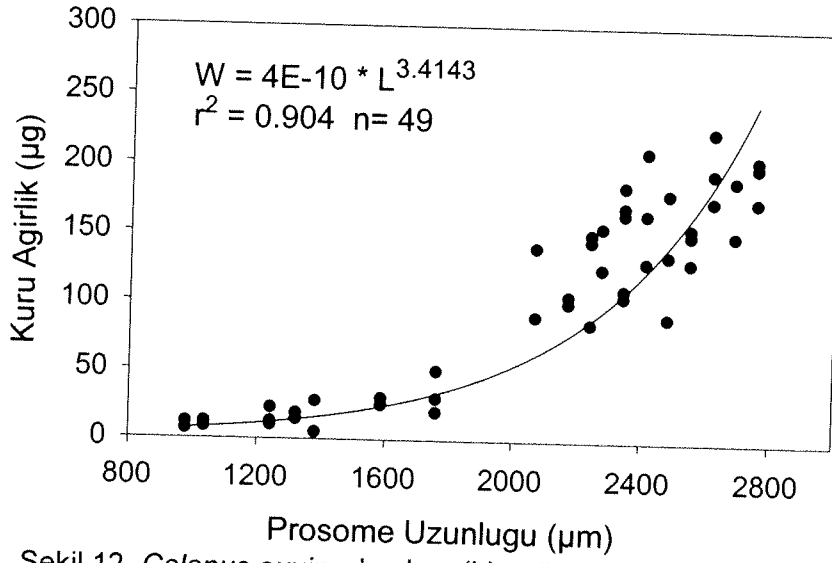
Şekil 9. Ekim 2000 seferinde ziyaret edilen istasyonlarda dişi *Calanus euxinus*'un günlük yumurta üretimleri.



Şekil 10. Dişi *C. euxinus*'un günlük yumurta üretimi ile yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki



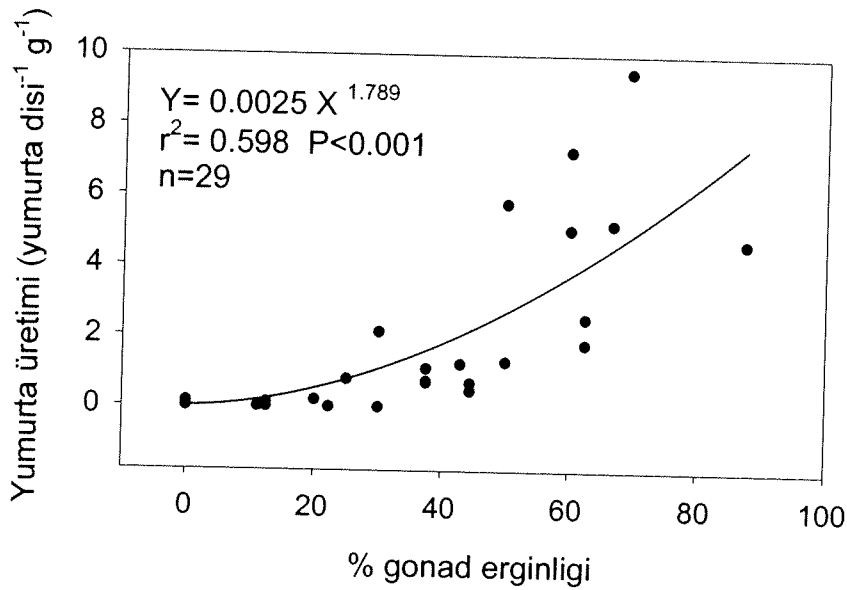
Şekil 11. Ekim 2000 seferinde ziyaret edilen istasyonlarda *C. euxinus*'un günlük yumurta üretimi ve derinliğe göre entegre edilmiş (0-50 m) klorofil-a konsantrasyonu arasındaki ilişki.



Şekil 12. *Calanus euxinus*'un boy (L) –ağırlık (W) ilişkisi

Dişi *C. euxinus*'un gonad erişkinlik yüzdesi Tablo 6'de sunulmaktadır. Buna göre dişilerin yaklaşık %65'i ergin gonadlara sahiptir, ve genç ergin gonadlara sahip olmayan dişilerse populasyonun yalnızca %1-6'sını oluşturmaktadır. Yarı-ergin-a populasyonun %4'ünü oluştururken, yarı-ergin-b populasyonun %15'ini oluşturmaktadır.

Dişi *Calanus*'un yumurta üretim oranı ile gonad erginliği arasında yakın bir ilişkinin olması beklenmektedir ve bu ilişki Şekil 13'de gösterilmektedir. Buna göre yumurta üretimi ve gonad erginliği arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmuştur ($P < 0.001$)



Şekil 13. Dişi *C. euxinus*'un yumurta üretimi ve gonad erginliği arasındaki ilişki.

Tablo 5: İstasyonlara göre *Calanus euxinus*'un kopepodit (C1-C5) ve ergin bireylerinin istasyonlara göre bolluk (birey m⁻³) ve prosome uzunlukları (µm). Bol.= Bolluk, P.L.= Prosome uzunluğu.

İstasyonlar	C-1		C-2		C-3		C-4		C-5		Male		Female	
	Bol.	P.L.	Bol.	P.L.	Bol.	P.L.	Bol.	P.L.	Bol.	P.L.	Bol.	P.L.	Bol.	P.L.
M0650R40 (1)	1.30	740	3.64	970	4.42	1320	8.06	1788	14.82	2340	0.78	2544	16.64	2706
N00R40 (3)	2.23	715	1.19	938	1.19	1263	1.04	1865	3.71	2289	1.78	2513	15.60	2642
M30R40 (2)	1.12	732	0.51	989	1.02	1283	0.51	1643	13.87	2399	1.12	2558	10.81	2679
L40W40 (9)	1.36	722	9.18	976	9.11	1322	4.96	1708	3.94	2265	1.09	2489	3.60	2701
L30Y00 (11)	3.01	749	3.01	936	1.92	1319	1.56	1729	13.34	2249	1.08	2569	4.81	2689
L50Y30 (12)	0.52	748	0.61	989	0.43	1296	0.26	1672	16.55	2326	0.95	2523	10.31	2664
L32T22 (4)	0.52	740	1.77	961	5.87	1355	3.70	1717	4.59	2290	0.49	2523	0.95	2698
L3750T30 (5)	0.96	680	2.55	955	6.38	1277	4.08	1771	6.38	2312	1.28	2519	5.10	2658
M30T40 (6)	2.80	730	3.12	988	1.44	1268	1.28	1725	17.12	2346	0.80	2565	7.44	2670
L00W20 (7)	2.50	685	14.56	944	13.62	1274	4.16	1713	20.69	2287	2.29	2505	13.31	2688
L15W40 (8)	0.90	737	3.09	977	2.49	1277	1.51	1690	12.51	2368	1.13	2527	7.99	2705
L0750X50 (10)	1.44	703	4.33	980	1.73	1285	1.44	1747	25.28	2319	1.90	2508	10.11	2673
Ortalama	1.55	723	3.96	967	4.14	1295	2.71	1731	12.73	2316	1.22	2529	8.89	2681
Standart sap.	0.86	23	4.04	20	4.00	28	2.31	58	6.91	43	0.52	25	4.83	20

Tablo 6: Ekim 2000 seferinde dişi *Calanus euxinus*'un gonad erginliği yüzdeleri. (Imt = ergin olmayan, S.Mt = yarı ergin, Mt = ergin).

İstasyonlar	% Imt	% S. Mt - a	% S. Mt - b	% Mt
M0650R40 (1)	0	0	13.30	85.00
N00R40 (3)	0	0	18.61	37.20
M30R40 (2)	0	1.81	5.45	80.00
L40W40 (9)	0	3.27	3.27	77.00
L30Y00 (11)	2.60	3.89	3.89	75.30
L50Y30 (12)	0	1.78	7.14	66.10
L32T22 (4)	0	6.89	25.86	48.30
L3750T30 (5)	0	3.26	9.78	77.20
M30T40 (6)	0	0	12.30	63.10
L00W20 (7)	1.40	8.21	10.95	68.50
L15W40 (8)	5.89	11.78	44.11	38.20
L0750X50 (10)	0	1.78	25.00	73.20
Ortalama	0.82	3.56	14.98	65.76

Dişi bireylerin büyüme oranları aşağıda verilen formül ile hesaplanmıştır (Hirst ve Lampit, 1998):

$$gr = W_{yumurta}/W_{dişi}$$

$W_{yumurta}$ = 24 saat inkübasyon boyunca üretilmiş olan yumurtaların karbon ağırlığı

$W_{dişi}$ = dişilerin karbon ağırlığı

Yumurtaların karbon ağırlıkları yumurta çaplarından yumurtanın hacminin bulunması ve birim hacimde $0.14 \times 10^{-6} \mu\text{g C } \mu\text{m}^{-3}$ olduğu varsayılarak hesaplanmıştır (Huntley ve Lopez, 1992). Dişilerin karbon ağırlıkları kuru ağırlığın %40'nın karbon olduğu varsayımından giderek hesaplanmıştır (Kiorboe and Sabatini, 1994). Dişilerin kuru ağırlıkları, boy-ağırlık ilişkisi kullanılarak çıkarılmıştır. Bu hesaplamalar sonrasında Ekim 2000'de dişi *Calanus euxinus*'ların büyüme oranlarının 0.011 gün^{-1} olduğu bulunmuştur.

2.1.3 *Calanus euxinus*'un Beslenme ve Fekal Pelet Üretimleri

Proje teklifinde kopepodların nutrient çevrimindeki rollerinin incelenmesine dair yapılması söz verilen laboratuvar deneyleri maalesef bazı problemlerden ötürü gerçekleştirilememiştir. Laboratuvar deneylerinde kullanılmak üzere sefer sonrasında Enstitümüze getirilen dişi *Calanus euxinus* bireyleri yumurtlamışlar, laboratuvar olanaklarında bu yumurtalardan nauplii, kopepodit ve ergin bireyler elde edilmiştir. Fakat laboratuvar koşullarında elde edilen bireylerin tamamı dişi olarak erginleşmiş ve bu nedenle proje teklifinde belirtilen deneyler gerçekleşmemiştir. *Calanus euxinus*'un laboratuvarda kültürlenmesi bir kaç kez daha denenmişse de başarı sağlanamamıştır. Bu nedenle doğal ortamlarından toplanarak yalnızca tek bir besin çeşitinin iki farklı konsantrasyonlarında (düşük ve yüksek) beslenme ve fekal pelet üretimi deneyleri yapılabilmektedir. Bu bölümde, beslenme ve fekal pelet üretimlerine dair gerçekleştirilen deney sonuçları sunulmaktadır.

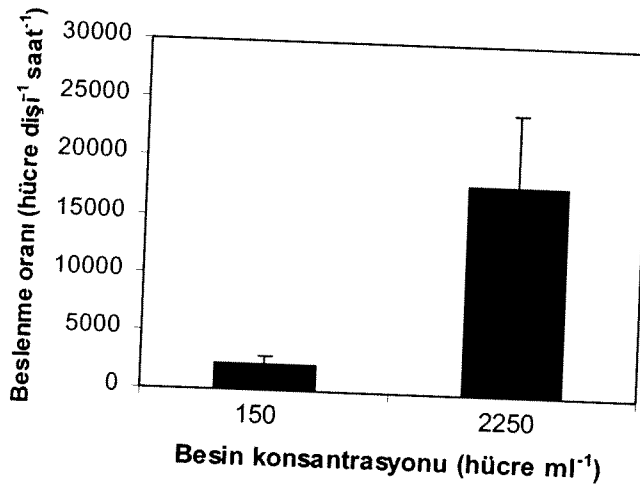
Metod

200 μm göz genişliğine sahip plankton ağı ile toplanan zooplankton örnekleri arasından ayıklanan dişi *Calanus euxinus*'lar 2 ayrı 4 L'lik cam şişelerde muhafaza edilmiş ve bir gün boyunca iki ayrı konsantrasyonda bir diatom türü olan *Thalassiosira weissflogii* ile iklimlendirilmişlerdir. Kavanozlardan birinde 150 hücre ml⁻¹ ve diğerinde 2250 hücre ml⁻¹

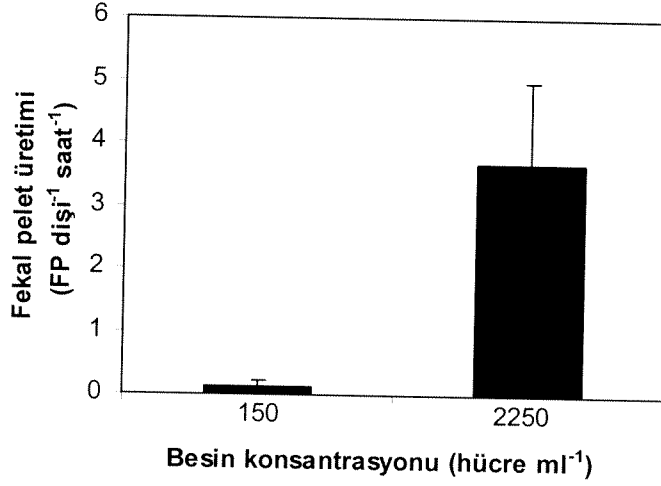
konsantrasyonunda diatom hücresi bulunmaktadır. İkinci gün herbir iklimlendirme kavanozundan yaklaşık 8-10 dişi bireyler, teker teker iklimlendirme konsantrasyonunda hazırlanmış besin konsantrasyonu içeren 500 ml lik HDPE kavanozlara konuldu. Ayrıca 2-3 kavanoz da kontrol (kopepod içermeyen) için hazırlandı ve 21 ± 1 oC'de 24 saat inkübe edildiler. İnkübasyondan sonra kavanoz içerikleri $56 \mu\text{m}$ lik ağ üzerine süzülerek dişi ve üretilmiş olan fekal peletler ağ üzerine toplandı ve bunlar mikroskop sayımına kadar %5 lik formaldehitte saklandı. Beslenme oranlarının tesbiti için kavanozlardan ayrıca su örnekleri alındı ve mikroskopik hücre sayımına kadar %2 lik formaldehitte saklandı.

Sonuçlar

Besin konsantrasyonunun beslenme oranına etkisi Şekil 14'da verilmektedir. Beslenme oranı yüksek besin konsantrasyonunda önemli bir artış göstermektedir. Fekal pelet üretimi de yüksek besin konsantrasyonunda önemli bir artış kaydetmektedir (Şekil 15). Ortalama saatlik pellet üretimleri düşük besin konsantrasyonunda 0.13 ± 0.09 pelet dişi-1 saat-1 iken yüksek konsantrasyonunda 3.67 ± 1.32 pelet dişi-1 saat-1 dir. Beşiktepe ve Dam (2002)'de verilen metodlar kullanılarak tüketilen besin miktarı ve üretilmiş olan fekal peletlerin karbon değerleri kabaca hesaplanarak *Calanus euxinus*'un özümleme kapasitesi bulunmuştur. Buna göre *C. euxinus* 'un düşük besin konsantrasyonundaki özümleme kapasitesi %80 iken yüksek besin konsantrasyonunda %50 dir.



Şekil 14. Dişi *Calanus euxinus*'un iki farklı besin konsantrasyonundaki beslenme oranı. Diatom *Thalassiosira weissflogii* besin olarak kullanılmıştır.



Şekil 15. Dişi *Calanus euxinus*'un iki farklı besin konsantrasyonundaki fekal pelet üretim oranı. Diatom *Thalassiosira weissflogii* besin olarak kullanılmıştır.

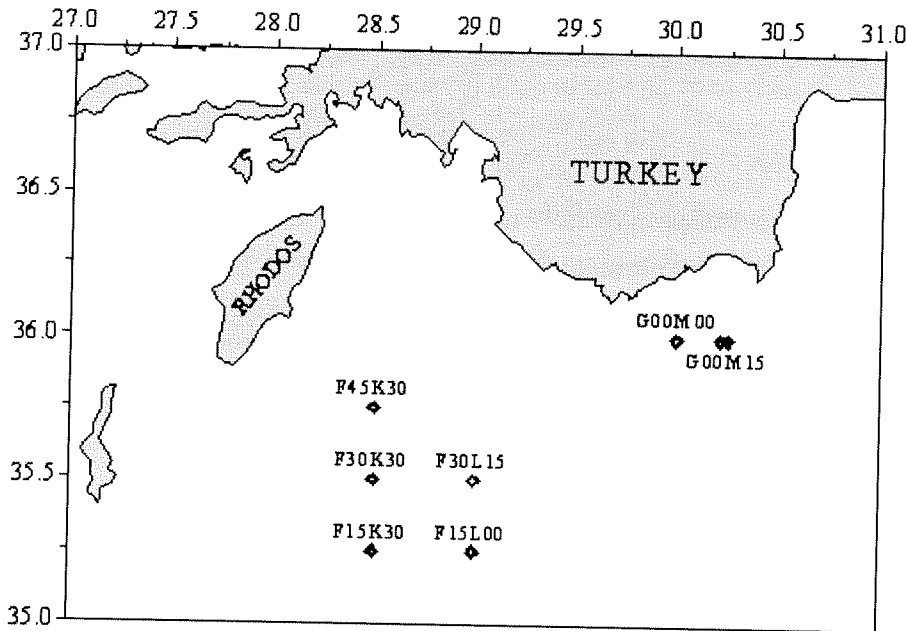
2.1.4 Doğu Akdeniz'de Avrupa uçan kalamarın, *Todarodes sagittatus*, bazı biyolojik özellikleri

Ekim 2000 tarihinde Akdeniz'in Kuzey Levantine havzasında Türk balıkçılığına potansiyel kaynak olabilecek uçan Avrupa kalamarının (*Todarodes sagittatus*) bazı biyolojik karakterleri çalışıldı. Çalışma daha çok kalamarın beslenme durumu ve morfolojik ölçümleri üzerine yoğunlaştı. Ek olarak, Kalamarın akustiksel hedef büyüklüğünü ölçmek için akustiksel çalışma yapıldı. Avlanan kalamarların bir çoğu Güneybatı Türkiye'nin Finike açıklarından elde edildi. Maksimum manto boyu ve toplam ağırlığı 40 cm ve 2 kg olarak ölçüldü. Mide içeriği analizi sonucunda kalamarın euphasids, genç kalamar ve çeşitli miktoid balık türleri üzerinden beslendiğini gösterdi. 19, 17.5 ve 10.5 sm manto uzunluğuna sahip kalamarların 200 kHz'deki hedef büyüklükleri -53, -54 ve -57 dB (desibel) olarak ölçüldü.

Avrupa uçan kalamarı Avrupa ve Atlantik ülkelerinde ekonomik öneme sahiptir (Fischer et al, 1987) ve Akdeniz'de yaygın olan tür en çok Tunus, Cezayir ve Fas civarlarında çok sayıda bulunmaktadır. Bu türün av miktarı genelde ilkbahar ve sonbaharda özellikle Eylül aylarında yüksek değer vermektedir. Genelde manto boyları 20-25 sm arasında olurken dişi bireylerin maksimum boyu 40 sm erkeklerde 32 sm dir (Fischer et al, 1987) ve cinsi olgunluğa erkekler 22 sm, dişiler 36 sm boyda ulaşmaktadır (Fischer et al, 1987). *T. sagittatus* yaklaşık 1.5 yıl kadar kısa ömre sahip olup günlük büyüme oranı 1.29 mm/gün (Nikolsky ve Shulman, 1980) ve dikey dağılım genelde yüzey ile 800 m arasında yer almaktadır. Aktif predatör olan bu

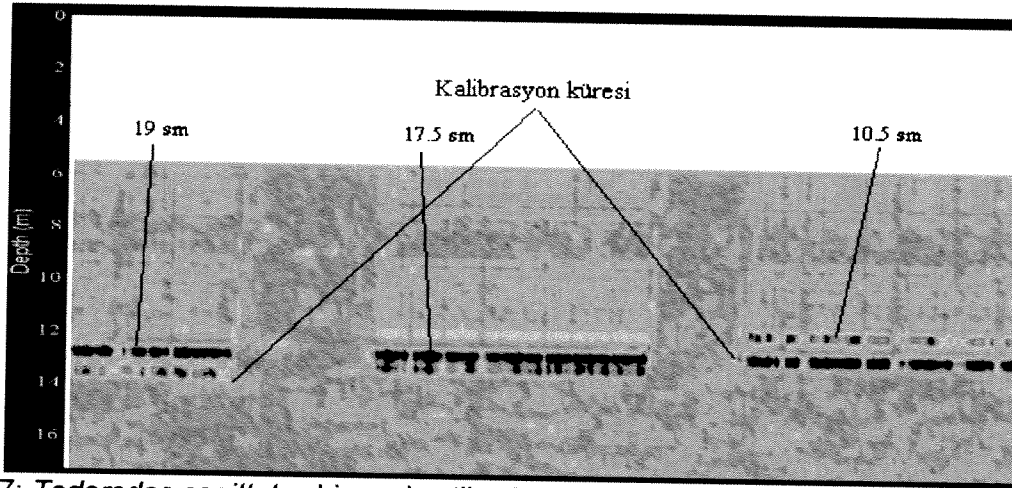
kalamar zooplankton, planktonla beslenen balık ve küçük kalamarla beslenmek için geceleri yüzeye doğru göç ederler (Abolmasova et al., 1990). Akdeniz'de yaygın bulunan bu tür avcılığı henüz yapılmamaktadır ve bunun içindir ki bu proje çerçevesinde kalamarın biyoloji, dinamiği ve besin değerleri yanında akustik methodlar ile algılanabilirliği üzerine bir ön çalışma yapılmıştır.

Ekim 2000'de R/V Bilim ile Rodos ve Finike açıklarında yer alan 8 istasyondan kalamar öltalarıyla (Jiger) toplam 73 birey yakalandı (Şekil 16; Tablo 7).



Şekil 16: Ekim 2000 Doğu Akdeniz'de *Todarodes sagittatus* örnekleme istasyonlarının yerleri

Toplam 73 kalamarın bireysel ağırlıkları ve manto uzunlukları ölçümü ile cinsiyet ve gonad gelişim evreleri belirlendi ve ayrıca mide ve pankreasları tartılıp mide (stomach-somatic index, SSI) ve pankreas (hepato-somatic index, HIS) indeksleri hesaplandı. Laboratuvarında pankreasların kuru ağırlığı, lipid ve yağsız kuru ağırlıkları içeriğini belirlemek için alt-örnek alındı. Kuru ağırlık ve lipid değerleri uygun methodlar (Folch et al, 1957; Kates, 1975) ile analiz pankreas yaş ağırlığının lipid ağırlığı farkından kuru yağsız madde hesaplandı. Bu proje çerçevesinde ayrıca ileride kalamarların stok tahmini için bilimsel ekosounder (200 kHz-BioSonics, Model 120, yankı iskandili) kullanarak birey hedef büyüklüğü ölçümleri (Target strength, TS) ile manto uzunluğu-hedef büyüklüğü regresyon denklemi için deneysel çalışma yapıldı. Manto uzunluğu 19, 17.5 ve 10.5 sm olan birey seçilip naylon misina ile bağlanarak tek tek hedef büyüklükleri ölçüldü (Şekil 17).

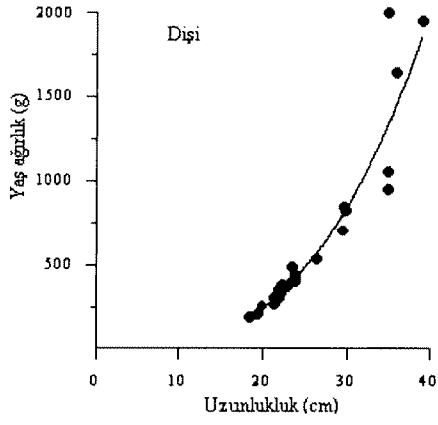
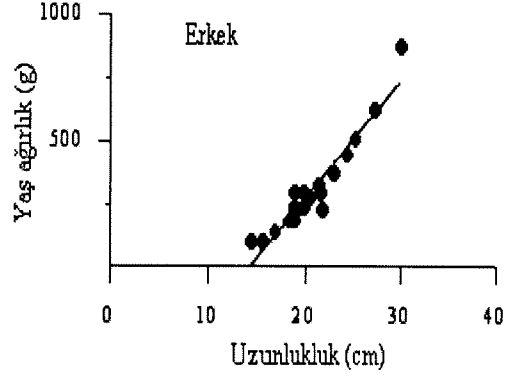
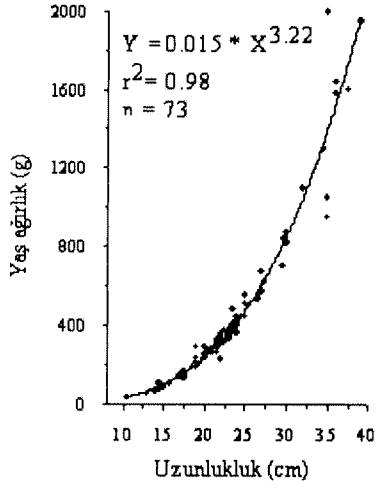


Şekil 17: *Tadarodes sagittatus* birey akustiksel (200 kHz) hedef büyüklüğü ölçüm deneyi

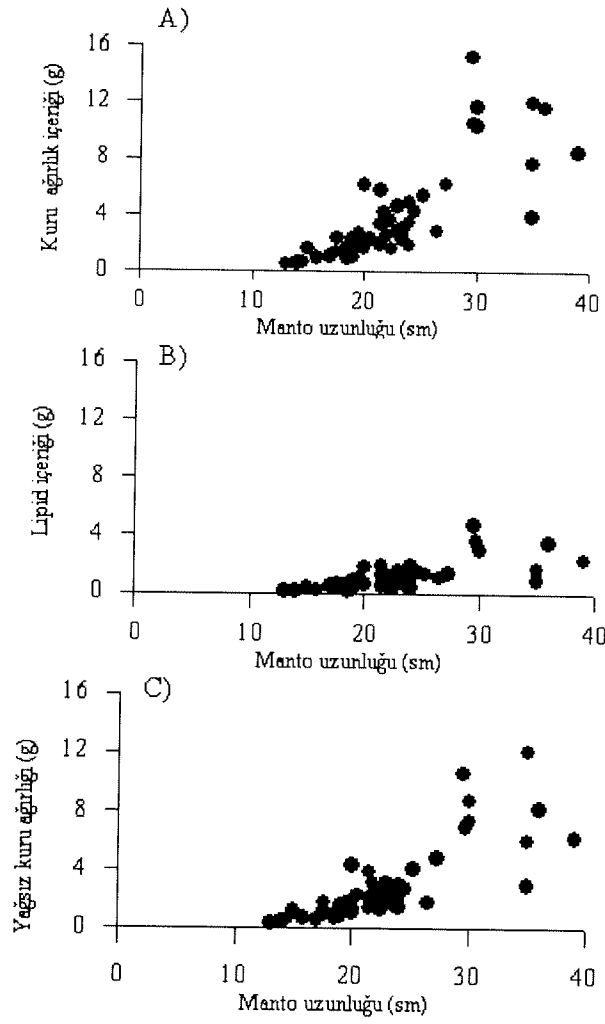
Kalamaların karakteristik boy ve ağırlıkları Tablo 7'de verilmiştir. Genelde kalamalar Finike yakınlarındaki F15K30 ve F15L00 istasyonlarda yakalanmışlardır. Maksimum manto uzunluğu 40 sm civarında ve 2000 g ağırlığında bulunmuştur. Genelde dişiler, erkek bireylerden daha büyüktür. Ağırlık-boy ilişkileri erkek, dişi ve tüm bireyler için Şekil 18 ve 19'de ayrı ayrı verilmiştir ($r^2=0.90-0.98$). Bütün bireyler cinsi olgunluğa ulaşmamış erkek ve dişi bireyler ve olgunluğun ikinci evresinde olduğu anlaşılmıştır. Pankreas kuru ağırlığı (%/yaş ağırlık) ile lipid ve yağsız kuru ağırlığı arasında pozitif ilişki bulunmuştur (Şekil 20).

Tablo 7. *Tadarodes sagittatus*'ın morfometrik ölçümleri

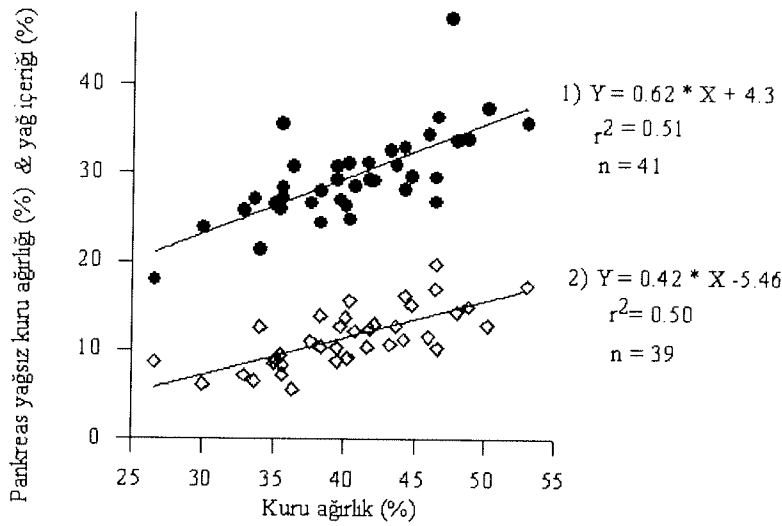
İstasyon	Cinsiyet	Birey sayısı	Manto uzunluğu aralığı (sm)	Vücut ağırlığı aralığı (g)	Pankreas ağırlığı aralığı (g)
F45K30	Erkek	3	20-25	267-500	6.8-14.5
	Dişi	3	22-24	260-400	9.3-12.2
	Yavru	1	18	159	3.7
F30K30	Erkek	5	16-30	102-870	2.8-25.0
	Dişi	6	22-35	300-1050	8.1-28.0
	Yavru	1	14	63	2.0
F15K30	Erkek	1	15	99	6.2
	Dişi	8	19-24	180-480	4.0-13.8
	Yavru	-	-	-	-
F15L00	Erkek	4	19-27	290-620	3.8-14.9
	Dişi	8	22-39	325-1950	9.3-67.5
	Yavru	2	15-18	82; 150	3.9-6.0
F30L15	Erkek	4	11-21	30-280	-
	Dişi	6	17-20	140-290	4.8-12.0
	Yavru	0	-	-	-
G00M00	Erkek	1	13	48	0.6
	Dişi	11	14-34	70-540	-
	Yavru	6	23-37	380-1600	-



Şekil 18: *Todarodes sagittatus* toplam yaş ağırlığı ve manto uzunluğu arasındaki ilişki.

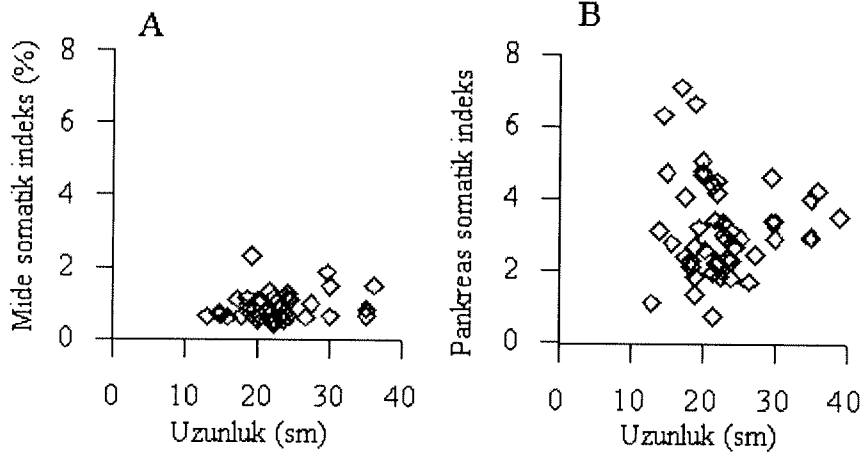


Şekil 19: *Todarodes sagittatus* manto uzunluğu ile pankreas kuru, yağ içeriği ve yağsız ağırlığı arasındaki ilişki.



Şekil 20: *Todarodes sagittatus* kuru ağırlığı ile pankreas yağ içeriği (%), 1) ve yağsız ağırlığı (%), 2) arasındaki ilişki.

Mide somatik (SSI) ve hepato somatik (HIS) indeksleri kalamarın boyları arasında bir ilişki bulunmamıştır (Şekil 21a,b). SSI genelde %2'yi geçmezken, HIS ortalama 2.87 ± 0.88 değer ile %35'lik bir varyasyon göstermiştir.



Şekil 21: *Todarodes sagittatus* manto uzunluğu ile mide somatik (A) ve pankreas somatik indeksleri (% , B) arasındaki ilişki.

Bütün bireylerin euphausiid kalıntıları, genç kalamar ve myctophid türleri beslendiği mide analizlerinden anlaşılmıştır.

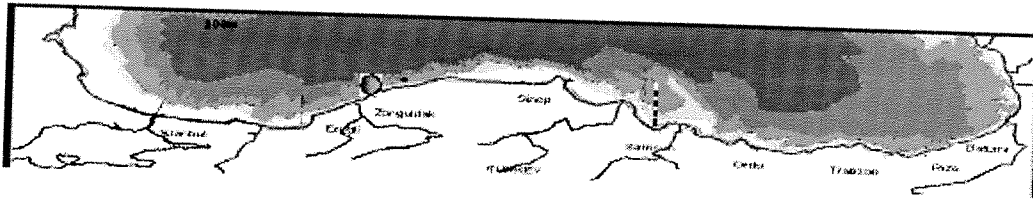
Akustiksel birey hedef büyüklüğü (TS) ölçümü için yapılan deneyde manto uzunlukları 19, 17.5 ve 10.5 sm olan bireylerin -50 ve -65 dB arasında değiştiği ve bireysel ortalama TS değerleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Kalamarların 200 kHz'deki bireysel ortalama hedef büyüklüğü, TS (dB)

Manto boyu (sm)	Bireysel ağırlık (g)	ortalama TS(dB)	TS (dB)
19.0	200	-53	-56 to -50
17.5	130	-54	-56 to -52
10.5	30	-57	-60 to -54

2.1.5 Karadeniz'de *Calanus euxinus* (Copepoda) ve *Sagitta setosa* (Chaetognatha) zooplankton konsantrasyon tabakasının akustik yöntemle tanımlanması ve dikey dağılımları

Karadeniz'de yaşayan zooplankton türlerinden *Calanus euxinus* (Copepoda) ve *Sagitta setosa* (Chaetognatha) küçük pelajik balıkların ve diğer zooplanktonların (jeli organizmalar) besinlerinin yanında önemli bir biyokitle değerine sahiptirler. Akustik sistemler bir çok parametreye bağlı olarak pelajik ortamda algılanabilecek organizmaların doğal günlük davranışları, dağılımları, çevresel faktörlere karşı davranışları ve reaksiyonları vs hakkında plankton ağların kullanıldığı diğer metotlara göre daha etkin bir yoldur. Bunun yanında akustiksel gözlemlerde direk tür tanımlama yapılamaması en göze çarpan dezavantajı olarak bilinmektedir. Fakat organizmalara veya türlere özgü davranışları hakkındaki bilgi akustiksel algılanan tabakaların tanımlanmasında en önemli temel kaynaktır. Bu amaç ile bu ve diğer proje çerçevelerinde bilimsel ekosounder (120 ve 200 kHz, BioSonics, Model 120) yardımı ile Temmuz 2000'de toplanan verileride içeren bir çalışma gerçekleştirilmiştir (Şekil 22).



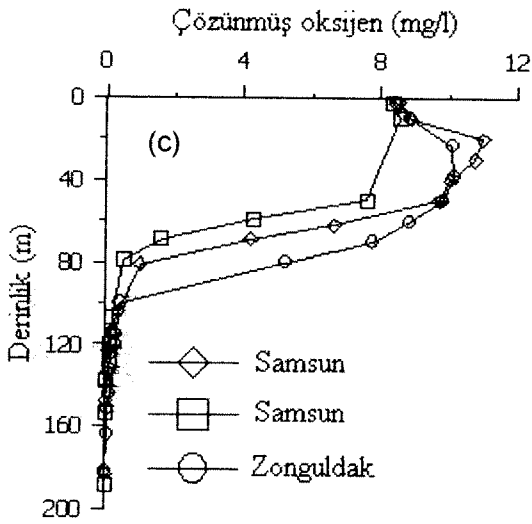
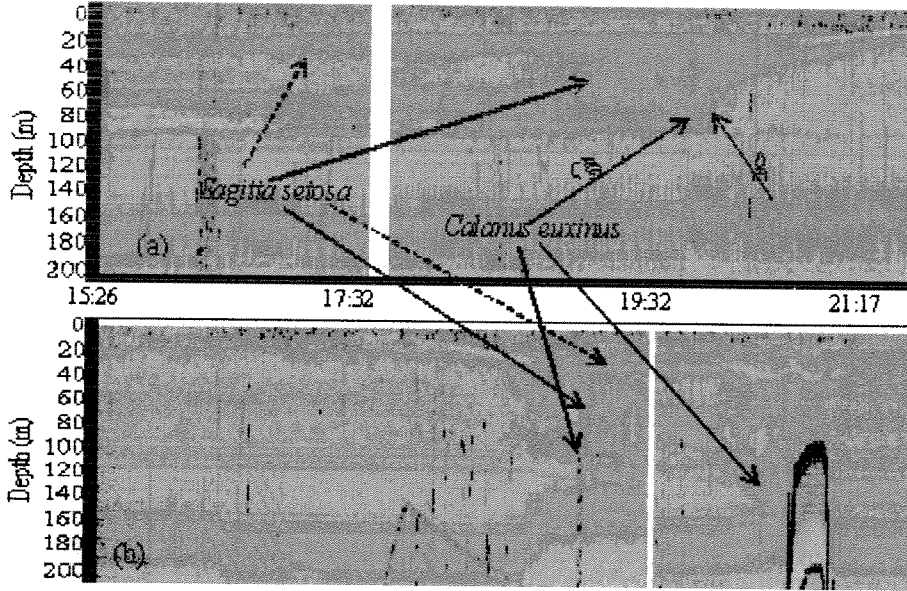
Şekil 22: Karadeniz'de Temmuz 2000'de akustiksel çalışmaların yapıldığı istasyonlar

Kullanılan frekansa bağlı olarak Temmuz 2000'de 3 ayrı akustiksel tabaka gözlenmiştir (Şekil 23): Gece ve gündüz aynı derinlikte bulunan yüzey tabakası ve geceleri yüzeyde ve gündüzleri alt derinliklerde bulunan ve dikey göç gösteren derin su tabakası; derin su tabakası farklı zamanlarda dikey göç yapan ve gündüzleri farklı derinliklerde zamanını geçiren iki konsantrasyon tabakasından oluşmuştur.

Genel olarak Karadeniz'de yüzey ve derin su arasında dikey göç eden çok az sayıda zooplankton türleri mevcuttur: Copepoda'lardan; *Calanus euxinus*, *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus elongatus* ve *Oithana sp.*, Chaetognatha; *Sagitta setosa* ve *Ctenophora*; *Pleurobrachia pileus* türleridir ve bunların hiçbiri hava içeren bir organelleri bulunmamaktadır. Kullanılan akustik frekansa bağlı olarak algılanabilecek minimum organizma uzunluğu yaklaşık 2 mm olup bu özelliğe sahip 3 tür bulunmaktadır: *C. euxinus*, *S. setosa* ve *P. pileus*. Mutlu (2003, 2005) Karadeniz'de yapmış olduğu çalışmalarda akustiksel çevre gürültüsünü

yaklaşık -78 dB ölçmüştür ki bu değer *P. pileus*'un akustiksel olarak gözlenmesine imkan vermemektedir. Daha önce elde edilen çalışmalardan anlaşılacağı üzere *Calanus* ve *Sagitta* türlerinin zamansal ve dikey dağılımları ve çevresel faktörlere karşı farklı davranışları bu iki türün su kolonunda farklı olarak akustiksel algılanması ile tanımlada yardımcı olmuştur. *Calanus euxinus* oksijen minimum zone ile yüzey arasında günlük göç yapar, erkek ve dişi bireyleri farklı zaman saat diliminde göçlerine başlarlar, akşamları yukarı ve gün aydınlanırken aşağı doğru göçlerini başlatırlar, yaklaşık toplam göç zamanları ortalama olarak 2.5-3 saat sürmektedir ve oksijen minimum zonda yüzme hızları düşük ve oksiklin ile birlikte hızlarını artırır ve bazı boy evreleri belli aylarda gece ve gündüz göç etmeden dip sularda kalırlar (Marshall ve Orr, 1955; Enright ve Honegger, 1977; Vinogradov ve Shushkina, 1982; Vinogradov et al. 1985; Mutlu ve Bingel 1999; Svetlichny et al. 2000; Besiktepe 2001). Bahar ve yazları konsantrasyon tabakası (2-3 m) sonbahardakine (1 m) göre daha kalındır. *Sagitta setosa* oksijen minimum zon ile yüzey arasındaki su kolonunda günlük dikey göçlerini yaparlar, *Calanus* türünden önce yukarı göçünü başlatırlar, toplam göç süreleri yaklaşık 4 saat, konsantrasyon tabaka kalınlıkları daha fazladır, yukarı göç esnasında belli saat aralığında ani bir hızlanma olduğu rapor edilmiştir, genelde Temmuz-Eylül arası yeni bireyler popülasyonda çoğunluktadır (80%), yeni birey gece gündüz yüzey de göçmeden veya kısıtlı dikey göç göstererek kalırlar (Vinogradov et al 1985; Niermann et al 1998; Besiktepe ve Unsal 2000).

Bu bilgiler ışığında 120 ve 200 kHz frekanstaki ekosounder ile elde edilen verilerden iki farklı akustik enerji saçan ve yansımaları yapan tabaka gün içerisinde su kolonunda göç ettiği gözlenmiş (Şekil 23) ve bu tabakaların hangi türe ait olduğu ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Her iki tabaka günlük farklı göçsel yol gösterirken farklı hidrografiksel tercihlerini yansıtmıştır. Tabakanın gündüz saatlerini geçirdiği derinlik, farklı zamanlarda göçlere başlaması, tabaka kalınlıklarında farklılık ve oksijen profiline göre farklı göç yüzme hızlarının olduğu Şekil 2'den anlaşılmaktadır: Zonguldak açıklarında yapılan saha çalışmasında elde edilen oksijen profilinden anlaşılacağı gibi bölge downwelling bölgesi, Samsun açıkları upwelling bölgesi olduğu gözükmemektedir. Bu olay *Calanus*'u temsil eden akustik konsantrasyon tabakasının gündüz derinliği ve günlük yüzme profilini açısından bu iki bölge arasında farklılık yaratmıştır: Zonguldak'da *Calanus* tabakası göçünü çok hızlı bir şekilde başlatırken, Samsun'da oksijen profilin maksimum ve oksiklin tabakasını aşağı göçünde hızlı iniş (2.8 sm/san) yaparken oksijen minimum zonda yavaşlayıp düşük hızda (0.5 sm/san) gündüz derinliğine yerleşmiştir. *Calanus* tabakası genelde diğer tabakaya göre incedir ve yukarı göçe sonra, aşağı göçe daha önce başlamaktadır (Şekil 23).



Şekil 23: Karadeniz'de Temmuz 2000 bilimsel ekosounder (200 kHz) ile görüntülenen *Calanus euxinus* ve *Sagitta setosa* zooplanktonların günlük göçleri ve dikey dağılımları: a) Zonguldak ve b) Samsun, c) Her iki istasyonda çözünmüş oksijen dikey değişimi. Kesik çizgili oklar *Sagitta setosa* yavru bireyleri, düz çizgili oklar olgun bireylerini işaret etmektedir.

Tablo 9: Temmuz 2000'de Karadeniz'de farklı saatlerde belli derinlikler aralığından plankton ağı ile alınan meso ve makro zooplanktonların bolluklarındaki değişim (birey/m³).

Lokasyon	Saat	Derinlik (m)	Olgun			
			<i>Calanus euxinus</i>	<i>Sagitta setosa</i>	<i>Aurelia aurita</i>	<i>Pleurobrachia pileus</i>
Zonguldak	19:20	10-20	8.32	23.4	0	0
Zonguldak	20:43	30-45	0.87	16.8	0.35	3.12
Samsun	01:43	10-20	26.52	46.54	0	0
Samsun	05:04	10-20	4.42	6.24	0.26	0.78
Samsun	07:28	10-20	1.82	2.86	0.26	0
Samsun	10:30	10-20	6.76	5.72	0.26	0

Sagitta setosa'ya ait Temmuz 2000 döneminde 2 farklı tabaka tespit edilmiştir ki bu durum yıl içerisinde tamamen bireylerin (yavru ve olgun) evre kompozisyonuna bağlıdır (Beşiktepe ve Unsal 2000; Mutlu 2004a). Olgun bireyler yüzey ile oksijen minimum zon ve oksiklin tabakası arasında kalan tabaka aralığında göç ederlerken, yavrular boy dağılımlarına göre en fazla oksiklin tabakasına erişebilirler (Mutlu 2004b,c) ve Karadeniz'in yüzey sularının sıcak olduğu zamanlarda yeni genç bireyler verirler (Niermann et al. 1998). *Sagitta* tabakası *Calanus* tabakasından daha önce yukarı ve daha sonra aşağı göçe başlar ve daha kalındır. Vinogradov et al (1985) elde ettiği bulgular ile aynı sonuca varılmaktadır ve ayrıca gece belli saat aralığında göç hızında artma olduğunu belirtmiştir. Akustik kayıtlardan *Sagitta* tabakası maksimum oksijen değerinin olduğu yerde hızlı bir iniş gösterdiği Şekil 23a'dan anlaşılmaktadır.

Yeni bulgular ve su hidrografisi hakkında bilgi edinilmesi:

Calanus euxinus:

-Gündüz saatini geçirdiği zon tamamen bölgenin upwelling ve downwelling olması ile ilintilidir: Downwelling bölgesinde minimum oksijen zonun hemen üzerinde, upwelling bölgesinde minimum oksijen zonda kalmaktadır.

-Oksijen konsantrasyon profiline göre yüzme hızını değiştirmektedir: Minimum oksijen zonda yaklaşık 0.5 sm/s; yukarı derinliklerde ortalama 2.8-3 sm/s.

-Konsantrasyon atabakaları yıl içerisinde 1-3 m arasında değişmektedir.

- Bireylerin belli gelişim evrelerinde, vücuttaki lipid içeriği miktarına bağlı veya belli aylarda geceleri yüzeye göç yapmadan gündüz derinliklerinde kalırlar (diapausing, Vinogradov et al 1985, 1990; Besiktepe 2001). Önce elde edilen sonuçların dışında akustik kayıtlardan diğer aylarda da bu işlemin olduğu gözlemlendi ki: Mart, Nisan ve Ağustos aylarında konsantrasyon açısından göze çok çarpan derinde göç etmeyen bir tabaka fakat Nisan sonu ile Ağustos ayları ve Ekim sonu Aralık ayları arasında zayıf konsantrasyonda göç etmeyen tabakalar gözlemlenmiştir.

Sagitta setosa:

- Soğuk aylarda (Ocak-Mart) gündüz bulunduğu derinlik Calanus bulunduğu yer ile aynı ve beraber dikey göçe başlıyorlar; sıcak mevsimlerde farklı zamanlarda dikey hareketlerine başlıyorlar.
- Olgun bireyler oksijen minimum zonun hemen üstüne kadar (gündüz derinlikleri) inebiliyorlar. Biraz gelişmiş yavru bireyler ancak oksiklin tabakasının başlangıcına kadar iniş göçü yapıyorlar.
- Gün boyunca yüzeyde kalan akustiksel tabaka Temmuz ve Eylül-Ekim başlangıcında gözlenmiştir ki: buda Sagitta çok küçük bireylerin olduğuna beraberinde üreme zamanlarını işaret etmektedir. Bu aylardan bir ay sonraki (Ağustos, Ekim) kayıtlarda yüzey tabakanın gün içerisinde klorofil maksima ile oksiklin tabakasının başlangıcı arasında kısıtlı göç ettiği gözlenmiştir.
- Konsantrasyon tabakası 5-10 m arasında aylara göre değişirken genelde 10 m kadardır.
- Sagitta, Calanus'tan önce yukarı göçe (Vinogradov et al 1985), fakat sonra aşağı göçe başlar.
- Olgun Sagitta bireyleri oksiklin tabakasının üzerinde yer alan maksimum oksijen zonunda çok hızlı yüzerler (1.5-3 sm/s): Diğer zonlarda ortalama 0.8 sm/s hızda göç yaparlar; soğuk mevsimlerde (Aralık-Mart) ortalama hızları 1-1.5 sm/s'dir. Biraz gelişmiş yavru bireyler sabit ve 0.5-1 sm/s arasında değişen hızda göç yaparlar.

Hidrografik bilgi edinilmesi:

- Yukarıda elde edilen davranışsal bilgiler ışığında oksijen profili, bölgenin upwelling ve downwelling sınıflandırılmasına ve ayrıca oksik zonun alt sınırının (derinliğinin) gözlenmesinde yardımcı olmaktadır:
- Oksijen profili: Sagitta'nın hızlı yüzdüğü yer maksimum oksijen zonu ($\sigma\theta=14.0-14.7$), yavaşlamaya başladığı ve Calanus'un hızlı göçe devam ettiği ve yavaşladığı derinliğe kadar oksiklin tabakası ($\sigma\theta=15.3-15.9$), Sagitta'nın gündüz bulunduğu derinlik minimum oksijen zonu üstündeki zon ($\sigma\theta=15.9-16.0$) ve Calanus'un gündüz yerleştiği zondan minimum oksijen zonu ($\sigma\theta=16.15$ to 16.20) göstermektedir.
- Upwelling, downwelling: Calanus yukarı doğru göçünü hızlı başlatırsa (Şekil 2a) downwelling; yavaş çıkış yapıp sonra hızlanırsa upwelling bölgesi olduğunu göstermektedir.
- Oksik tabaka: Oksijenli tabakanın bölgesel kalınlığı Calanus'un gündüz zamanını geçirdiği derinliğin alt sınırı dikkate alınarak tahmini gözlenebilir. Fakat burada Calanus'un downwelling bölgesinde minimum oksijen zonunda bulunmadığı göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

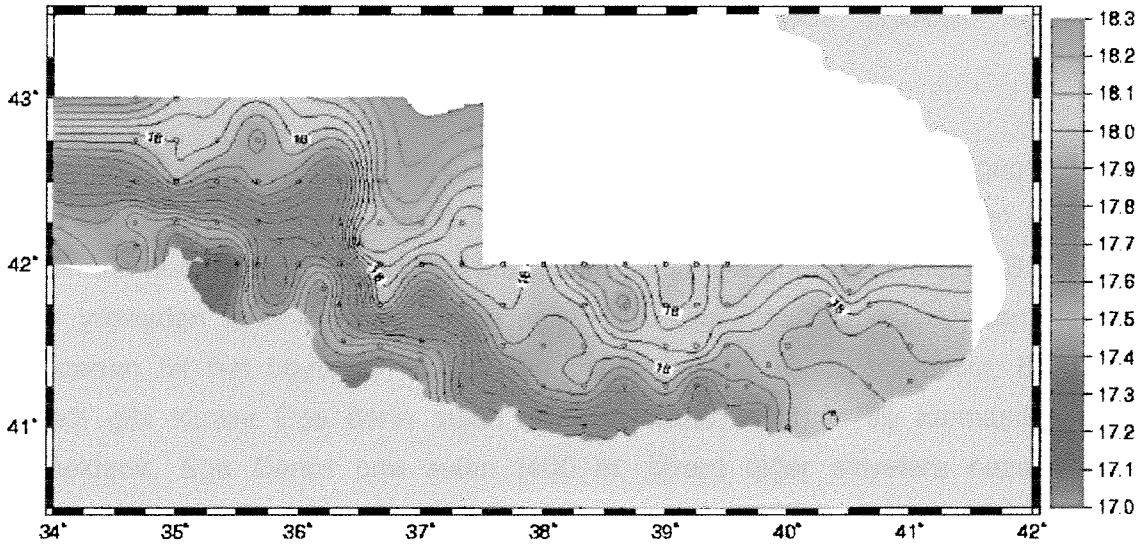
-Oksik tabaka: Oksijenli tabakanın bölgesel kalınlığı Calanus'un gündüz zamanını geçirdiği derinliğin alt sınırı dikkate alınarak tahmini gözlenebilir. Fakat burada Calanus'un downwelling bölgesinde minimum oksijen zonunda bulunmadığı göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

2.2. Orta lekli su hareketleri dinamiği çalışmaları:

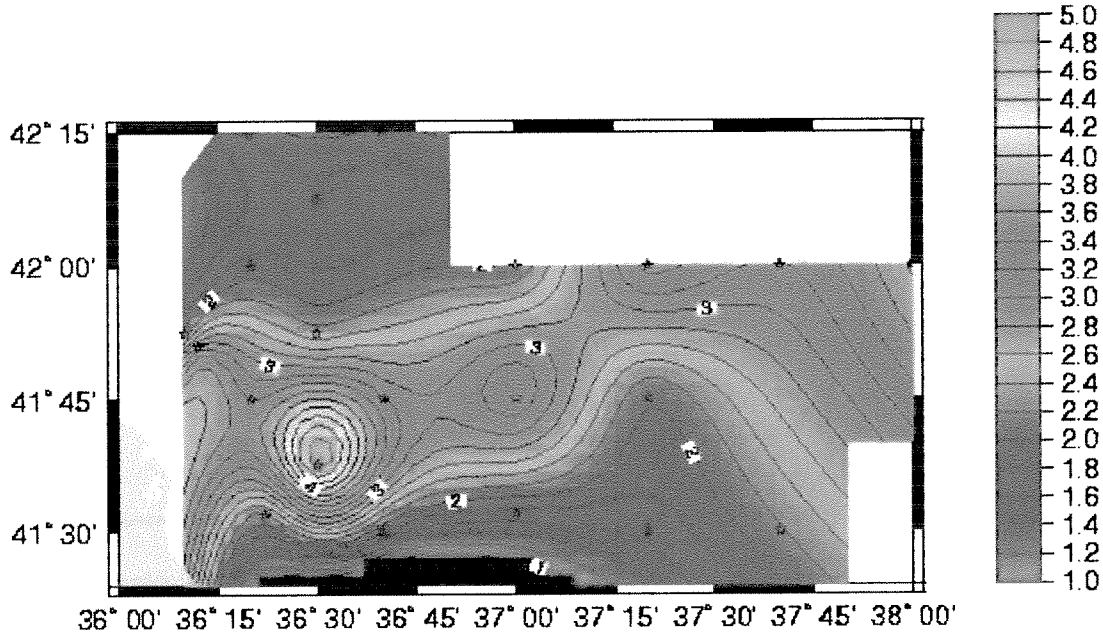
Bu alışma sırasında yapılan fiziksel ölçümlerin amacı iki grupta toplanabilir; denizlerimizin orta-ölçekli dinamiğinin anlaşılması ve kimyasal-biyolojik ölçümlerin yorumlanmasına yardımcı olacak bilgilerin verilmesi.

Karadeniz'de yapılan ölçümlerden oluşturulan yüzey tuzluluk dağılımı Şekil 24 de verilmiştir. Karadeniz ana akıntısı 18 ppt tuzluluk çizgisi ile takip edilebilir. Karadeniz ana akıntısı Sinop'u geçtikten sonar Arkhangelsky topuğuyla karşılaşır ve bir menders oluşturur. Karadeniz ana akıntısında oluşan bu kararsız yapılar karadeniz in kıyası ve biyolojisinde önemli rol oynamaktadır. Bu menderesin oluştuğu bölge daha detaylı örneklenmiş ve kıyasal-biyolojik ölçümler bu bölgede daha sık yapılmıştır.

Bu bölgede TSS dağılımı Şekil 25 te verilmiştir.



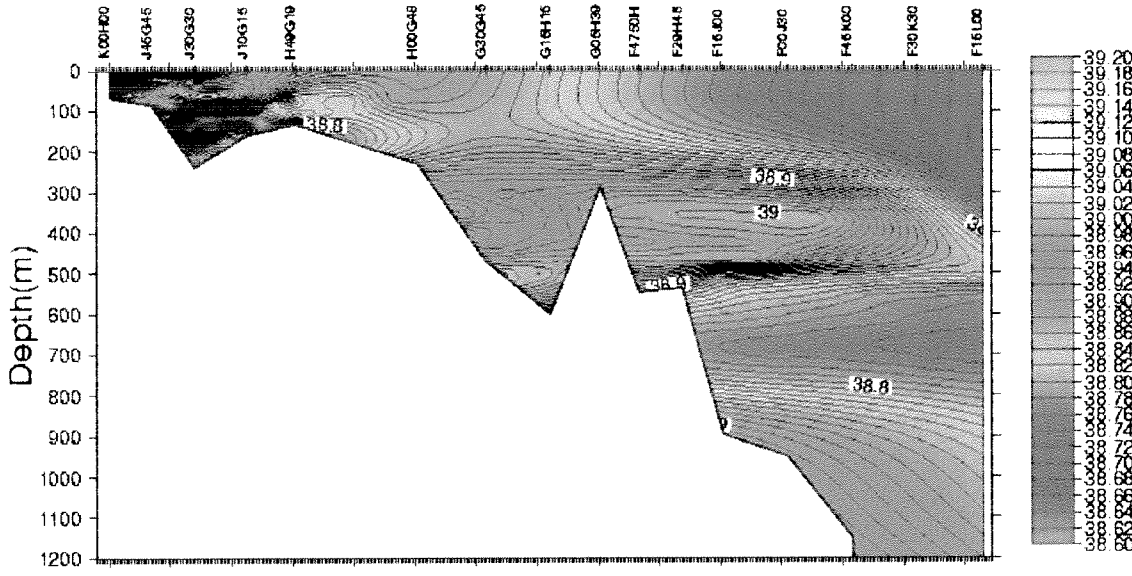
Şekil 24. Doğu Karadeniz'de Ekim 2000 tuzluluk dağılımı



Şekil 25. Karadeniz yüzey sularında TSS nin Ekim 2000 de dağılımı.

Şekil 25 te verilen TSS dağılımı beklentilerin aksine oldukça değişik bir dağılım sergilemektedir. Kıyıda ve açık deniz'de TSS miktarı düşükken Karadeniz ana akıntısı boyunca ölçülen TSS miktarları oldukça yüksektir. Bu durum Kuzey Batı kıta sahanlığına dökülen nehirlerden gelen askı yükün Doğu Karadeniz kıyılarımızda bulunan nehirlerden gelen askı yükten daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu durumun bu bölgenin biyolojik yapısına etkisinin olacağı tahmin edildiğinden bu bölgede biyolojik ölçümlerden yoğunlaştırılmıştır.

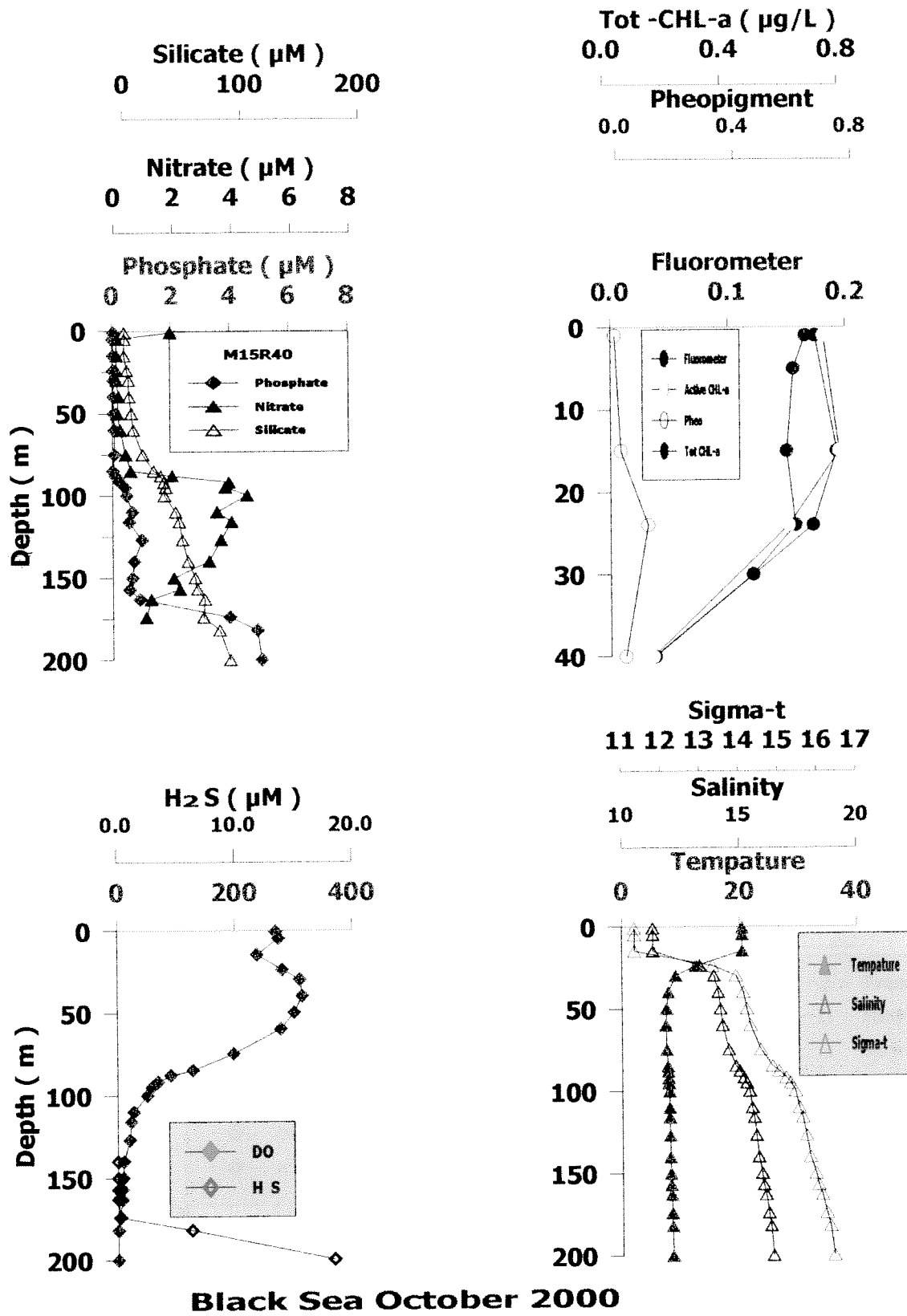
Ege Denizi'ni tanımaya yönelik olarak ilk defa Ege Denizi'nin ortasından geçen bir hat boyunca örnekleme yapılmıştır. Bu ölçümlerin ülkemiz oşinografları tarafından ilk yapılan ölçüm olması nedeniyle, amacımız bu denizimizi tanımaya yönelik olmuştur. Bu nedenle ölçümler yüzeyden tabana kadar gerçekleştirilmiştir. Ege Denizinin kuzeyinden Rodos a kadar uzanan bir hat boyunca tuzluluğun dağılımı Şekil 26 da verilmiştir. Bu şekilde görüleceği gibi Kuzey Ege derin suları genelde daha az tuzlu ve karmaşık bir yapı sergilemektedir. Ege Denizi orta suları (400 m. civarı) diğer seviyelere nazaran daha tuzludur.



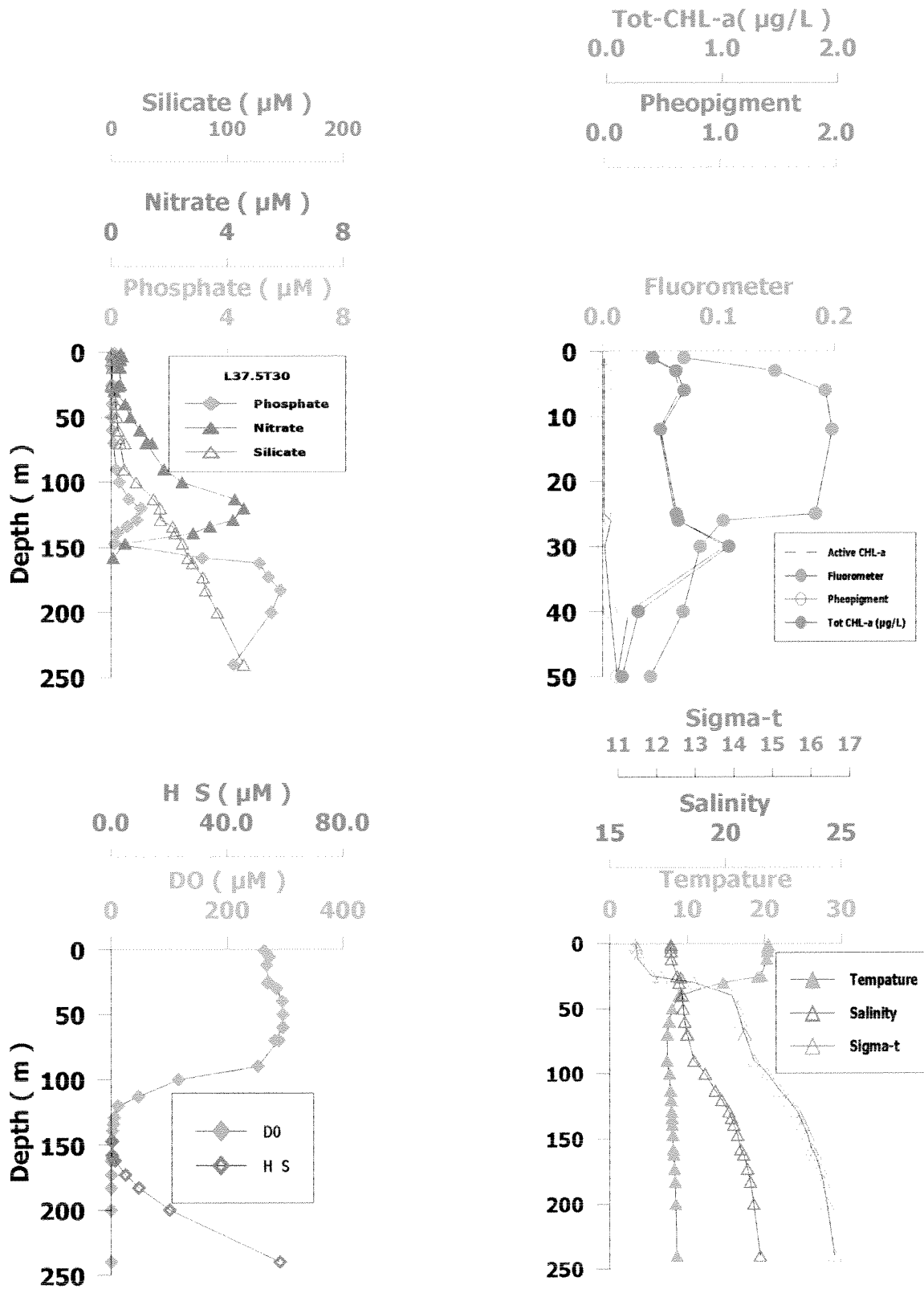
Şekil 26. Çanakkale Boğazi-Rodos arasında tuzluluğun Ekim 2000 de dikey dağılımı.

Su kütlelerinin özellikleri

Sefer süresince her iki CTD istasyonunun bir su örnekleri alınarak Çözülmüş besin tuzları (NO₃, PO₄ ve Si), çözülmüş oksijen, H₂S ve chlorophyll-a ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm derinlikleri her istasyonda sigma-t yüzeylerine uygun olarak belirlenmiştir. Bu örneklerin laboratuvar analizleri tamamlanmıştır. Karadeniz'de yapılan ölçümlerin sonuçları Şekil 27 ve 28 de örnek olarak sunulmuştur. CTD cihazına takılı filorometre ile yapılan ölçümler henüz klorofil ölçümleri ile kalibre edilmediğinden göreceli olarak değerlendirilebilir. Fluorometre ile klorofil ölçümlerinin uyumsuzluğu teknik bir probleminde olabileceğini düşündürmektedir. Şekil 27 de verilen istasyon Sinop yakınlarındaki kıta sahanlığında, Şekil 28 de verilen istasyon da Yeşilirmak açıklarında Karadeniz ana akıntısı üzerindedir. Sinop'un batısında yer alan kıta sahanlığı üzerindeki istasyonda düşey karışımın göreceli olarak fazla olması nedeniyle oksik olmayan tabakanın hemen üzerinde gözlenen besin tuzları maksimumundan üst ışıklı tabakaya doğru besin tuzu girdisi aşıkardır. Bu da ya sonbahar aylarında görülen plankton patlaması öncesi durum olduğunu yada ışıklı tabakaya giren besin tuzlarının Yeşilirmak açıklarındaki istasyonda tüketildiğini işaret etmektedir. Bununla beraber, düşük pheopigment ölçümleride plankton patlaması öncesi durum olduğunu göstermektedir.



Şekil 27. M15 R40 (Sinop açığı) istasyonunda Ekim 2000 de fiziksel ve kimyasal değişkenlerin derinlik ile değişimi



Black Sea October 2000

Şekil 28. . L37.5T30 istasyonunda (Yeşilirmak açığı) Ekim 2000 de fiziksel ve kimyasal değişkenlerin derinlik ile değişimi

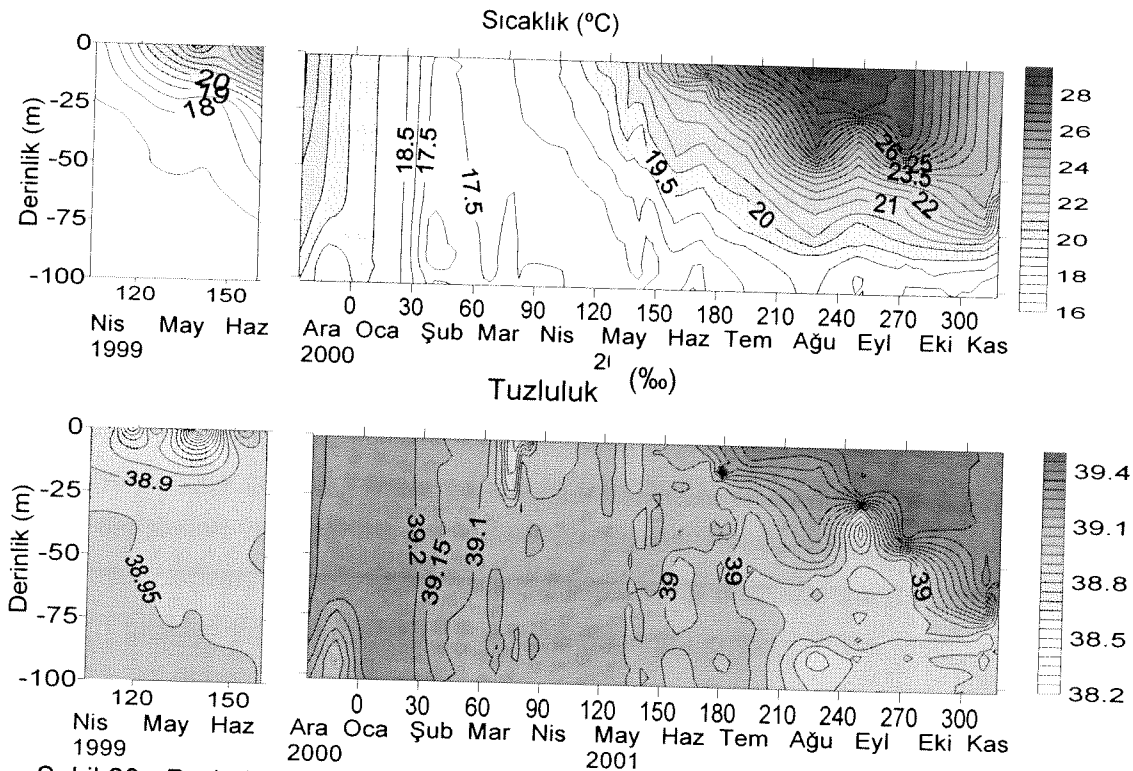
2.3. Alt Besin Ağı Dinamiği ve Biyokimyasal Dönüşüm Çalışmaları:

2.3.1 Kuzeydoğu Akdeniz de izleme istasyonları fizik-kimya sonuçları

Su kolonunda hidrolojik ve biyokimyasal parametrelerin zamana bağlı dağılımları ODTÜ-DBE Önündeki kıta sahanlığı üzerinde 100 derinlikte seçilen kıyı istasyonunda 1999-2001 arasında izlenen hidrografik ve kimyasal ölçüm sonuçlarının parametre bazında değerlendirmesi aşağıda sunulmuştur.

Hidrografi

İlkbahar 1999 ile karşılaştırınca, 2001 ilkbaharında, bağıl olarak daha tuzlu ve daha soğuk sular oluştu (Şekil 29). Düşük tuzluluğa sahip yüzey suları 28 Nisan 1999, 14 ve 18 Mayıs 1999, 22 Mart 2001 ve 9 Nisan 2002 tarihlerinde yağmur yokken gözlemlendi.



Şekil 29. Derin istasyonda Nisan-Haziran 1999 ve Aralık 2000-Kasım 2001 dönemi düşey sıcaklık ve tuzluluk dağılımı.

Kış aylarında düşey olarak tamamen karışan ve homejen hale gelen kıta sahanlığı sularında, Mart 2001'de üst 20 m de tuzluluk tabakalaşması görüldü. Mayıs 2001'de hafif sıcaklık tabakalaşması oluşmaya başladı. Ağustos 2001'e kadar sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk tabakalaşması gittikçe daha da belirginleşti (Şekil 29). Eylülde yoğunluk tabakalaşması çok belirgin hale geldi (20 ve 35 m'ler arasında tuzluluk 39.44 ile 38.8 ‰, sıcaklık ise 28.73 ile 23.75 °C arasında değişmiştir. Sonbahar aylarında yüzey sularının soğumasıyla homojen karışimli üst tabakanın giderek derinleştiği/kalınlaştığı ve Kasım 2001'de 70 metrelere kadar indiği, yani yoğunluk tabakalaşması bu derinlikten sonra görüldü (Şekil 29). Mayıs 1999'da 2001'e göre yüzeyde daha belirgin tuzluluk ve sıcaklık tabakalaşması görüldü (Şekil 29). Yani 1999 yılında yüzey sularının ısınması ve buharlaşma daha erken başlamıştır. Ancak termoklin altındaki suların daha az tuzlu ve daha düşük sıcaklıkta olması bölgenin tabanında, 2001 göre daha derinden gelen ara tabaka sularının bulunduğunu belirtebiliriz. Bu farklı fiziksel özelliklere suların, bölgedeki besin elemnetleri dağılımını ve biyolojik özelliklerini 2001 kıyasla bazı farklılıklar yaratması beklenir.

Besin elementleri

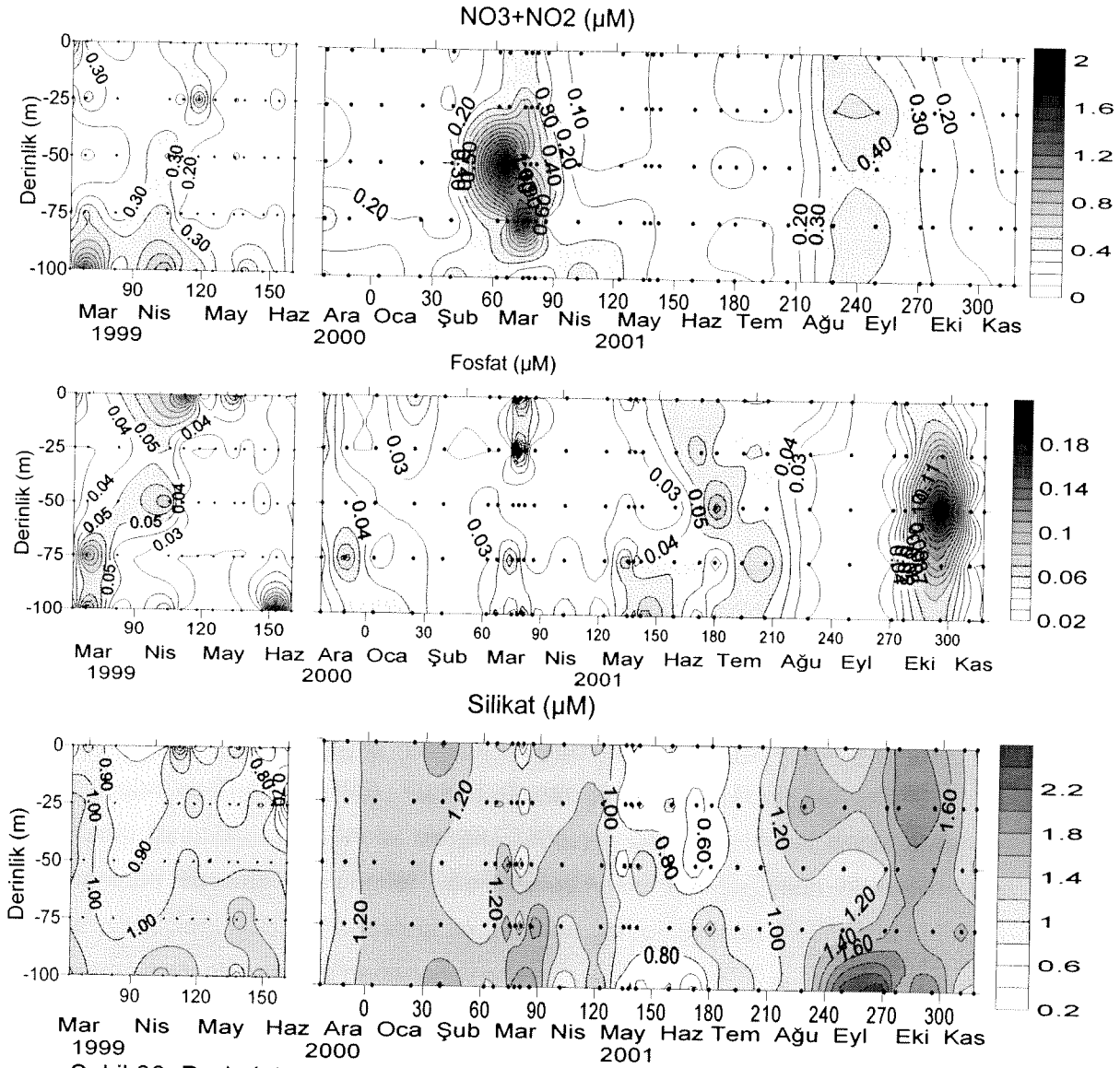
Doğu Akdeniz kıta sahanlığında besin elementlerinin sıg ve derin sulardaki dağılımlarının karasal ve atmosfer kaynaklı girdilerden etkilenmesi beklenir. Çünkü nehir ve yağmur suları nitrat iyonlarınca zengindir. Akarsu girdisi alan ve yağmurlu dönemlerde yüzey sularında nitrat artışı beklenir. Fakat yağmur suları her zaman silikat iyonlarınca ve çoğu dönemlerde de fosfat iyonlarınca fakirdir. Afrika kökenli (Sahra Çölünden kalkan) tozların bölgeye ulaştığı dönemlerde yağmur ve nehir sularının fosfat iyonlarınca zenginleştiği gözlenmiştir. Nehir suları silikatça her zaman zengin, fakat yağmur suları ise çok fakirdir. Bölgenin yüzey sularına dış kaynaklardan olduğu kadar denizdeki düşey karışımlar ve derindeki suların yüzeye kadar çıkması yoluyla besin elementleri taşınır. Ancak, Akdeniz'in ara tabaka suları fosfat iyonlarınca çok fakirdir ve genellikle 0.0.05-0.1 µM seviyesinde fosfat içerir. Nitrat ve silikat derişimleri ise fosfata kıyasla daha fazladır. Kıyasal sulardaki besin elementlerinin mevsimsel dağılımını incelerken bölgedeki iç ve dış girdilerin konsantrasyonları ve N/P/Si oranları birlikte dikkate alınarak incelendiğinde, deniz ortamındaki besin elementleri değişimlerini daha iyi anlayabiliriz.

Şekil 30'deki mevsimsel değişimlerden görüldüğü gibi, açık istasyonun üst tabak sularında fosfat her zaman düşüktür. Kış dönemi hariç olmak üzere nitrat konsantrasyonu da bu sularda azdır ve 0.1-0.3 µM aralığında değişmiştir. Kış aylarında meydana gelen düşey karışımlar sonucu Şubat-Mart aylarında nitrat derişimi dikkate değer artış göstermiş, 50

metre ve altında nin 2.11 μM seviyesine kadar ulaşmıştır. Ancak, benzer artışlar silikat ve fosfat derişimlerinde gözlenmemiştir. Bu sonuçlardan, bölgeye ulaşan tuzlu Akdeniz ara tabaka sularının nitrat iyonlarınca kısmen zenginleştiği, fakat diğer besin elementleri konsantrasyonun yüzey sularına kıyasla fazla artış olmadığı anlaşılmaktadır. Su kolonunda henüz belirgin yoğunlu tabakalaşmasının başlamadığı Mart-Nisan 1999'da üst tabaka suları muhtemelen nehir etkisinden dolayı tuzluluğu düşüktür. Bu suların nitrat+nitrit değerleri Mart ve Nisan 1999'da 0.3-0.4 μM seviyesinde bulunmuştur; Mart-2001 ölçümlerinden düşük, Nisan 2001 nitrat sonuçlarına (0.1 μM) daha yüksektir. Az tuzlu Mart-99 döneminde daha düşük nitrat ölçülmesi, nehir etkili düşey karışımların varlığını işaret etmektedir.

Bazı aylardaki fosfat ölçümleri hatalı olduğundan, zaman serisi içinde nitrat ile uyumsuz fosfat değişimleri değerlendirmeye alınmamıştır (Şekil 30). Daha öne de belirtildiği üzere ölçülen fosfat değerleri genellikle uygulanan yöntemin tesbit sınırına yakındır ve yıl boyunca fazla değişim göstermemiştir. Gözlenen küçük değişimlerin çok düşük seviyelerde fosfat ölçümü yapılmasından ve deneyde diğer fosfor bileşiklerinin az da olsa pozitif girişimleri de kapsadığını belirtmeliyiz. Şubat ve kısmen Mart-Nisan ve Eylül'de fosfat konsantrasyonu düşüktür (Şekil 30). En yüksek nitrat konsantrasyonu ise Mart 2001'de 50-75 m arasında ve maksimum değer 2.11 μM olarak ölçülmüştür.

Su kolonun homojen olduğu ve alt tabakadan düşey karışımlarla besin elementleri taşındığı Mart-Nisan 2001 dönemi silikat konsantrasyonları, 1999 yılı aynı dönem ölçümlerinden daha yüksek bulunmuştur (Şekil 30). Ancak, Mayıs-Haziran 2001 silikat konsantrasyonları 1999'da görüldenden daha düşüktü. En yüksek silikat konsantrasyonları Ocak, Eylül (2.59 μM) ve Ekim 2001'de kaydedilirken en düşüklükler Mayıs, Haziran ve Temmuz 2001'de gözlemlendi.



Şekil 30. Derin istasyonda Nisan-Haziran 1999 ve Aralık 2000-Kasım 2001 dönemi düzey nitrat+nitrite, fosfat ve silikat dağılımı.

2.3.2 Türk Boğazlar Sisteminde (Marmara, İstanbul ve Çanakkale Boğazı) Besin Tuzları Değişimleri

Akdeniz ile Karadeniz arasındaki su değişimini sağlayan Marmara Denizi, Çanakkale ve İstanbul Boğazları ile birlikte oşinografi literatüründe Türk Boğazlar Sistemi (TBS) olarak anılmaktadır. Komşu denizlere kıyasla oldukça küçük olan Marmara Denizi ve Türk Boğazları hakkında geçmiş yıllardan, özellikle 1985 öncesi yıllara ait, çok az bilimsel bulgu ve sonuçlar bulunmaktadır (Sorokin, 1983; Baştürk ve diğ., 1990; Beşiktepe ve diğ., 1994). TBS'deki iki tabakalı akıntı rejimi sayesinde Karadeniz'in az tuzlu suları Ege'ye, Ege'nin daha tuzlu suları da boğazlardaki taban akıntısı ile Karadeniz'e kadar yıl boyunca taşınmaktadır (Sorokin, 1983; Beşiktepe ve diğ., 1993,

1994). 90'lı yılların başında yapılan Marmara Denizi su bütçesine göre Karadeniz'den giren az tuzlu sular Marmara Denizi üst tabakasında ortalama beş ay kadar kaldığından (Beşiktepe ve diğ., 1993, 1994), Karadeniz akısının taşıdığı biyokimyasal bileşenler Marmara Denizi ekosistemini için kritik öneme sahiptir (Tuğrul ve Polat, 1995). Karasal kaynaklı kirleticilerin yıllık yükleri Karadeniz girdisine yakındır; fakat insan kaynaklı atıklar en fazla Marmara'nın kıyısız kuşağını ve körfez sularının biyokimyasal özelliklerini etkilemektedir (Orhon ve diğ., 1994; Tuğrul ve Polat, 1995). Fazla miktarda nehir girdisi alan batı Karadeniz yüzey sularında birincil üretimin yüksek olduğu bilinmektedir (Sorokin, 1983; Cociascu ve diğ., 1997). Marmara'ya ulaşan batı Karadeniz suları canlı ve cansız organik maddelerce oldukça zengin olmalarıyla birlikte dikkate değer mevsimsel salınımlar göstermektedir (Polat ve Tuğrul, 1995). Çanakkale Boğazı'ndaki iki tabakalı akıntı rejimi, yıl boyunca Marmara ile Ege Denizi arasında su değişimini sağlar (Grasshoff, 1975; Beşiktepe ve diğ., 1993). Boğaz girişindeki ters yönlere akan az ve çok tuzlu suların doygunluk seviyesinde oksijen içerir; fakat inorganik besin elementlerince fakir oldukları gözlenmiştir (Polat ve Tuğrul, 1996; Polat ve diğ., 1998). Ege'den giren tuzlu sular, Marmara'daki 6-7 yıllık ortalama kalış süresi boyunca oksijence fakirleşir; nitrat ve fosfat iyonlarıca 10 kata varan artışlar olur (Baştürk ve diğ., 1990; Polat ve diğ., 1998). Akdeniz kökenli tuzlu sular, sahip oldukları bu yeni özellikleriyle İstanbul Boğazı'ndan güneybatı Karadeniz'in ara tabakalarına taşınır (Polat ve Tuğrul, 1995). Türk Boğazlar Sisteminin (TBS) hidro-dinamik ve biyokimyasal özelliklerini tanımlamaya yönelik olarak, 1986 yılından beri ulusal deniz araştırma programları çerçevesinde sistematik ölçümler yapılmaktadır. Burada tartışılan hidro-kimyasal bulgular ve ulaşılan sonuçlar, TÜBİTAK desteği ile 2000'de gerçekleştirilen ölçümlerle birlikte 1990'lı yıllarda elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirilmiştir.

Marmara Denizi ve Boğazlar Sistemi, Karadeniz ile Ege Denizi arasındaki su değişiminin sonucu oluşmuş iki tabakalı bir ekosisteme sahiptir. Komşu denizlerde su yoğunluklarının çok farklı olması nedeniyle Marmara'nın yüzeyindeki ince tabakada tuzluluğu kısmen artmış Karadeniz suları, bunun altında ise Ege'den giren tuzlu sular vardır. Bu nedenle Marmara Denizi'nin temel oşinografik özelliklerini anlamının ve değişimleri tanımlamanın temel koşulu Marmara'ya Boğazlar yoluyla giren az ve çok tuzlu suların hidro-kimyasal özelliklerini izlemek ve Marmara'daki ölçüm değerleri ile kıyaslamaktır. Ege'den giren tuzlu suların tuzluluğu ve sıcaklığı Marmara'da fazla değişmezken biyokimyasal özelliklerinde çarpıcı değişimler olduğu uzun zamandır bilinmektedir. Boğazlardaki ters yönlü akıntılarının neden olduğu dikey karşımlar Marmara ve Ege yönüne olan üst akıntının tuzluluğunu yükseltirken, ters yöndeki alt akıntının taşıdığı tuzlu suların yüzey sularıyla seyrelmesi sonucu tuzluluğun düşer (Beşiktepe ve diğ., 1993, 1994).

İstanbul Boğazı: Boğazın Karadeniz girişinde ölçülen akıntı vektörleri ve tuzluluk profilleri göre, 40-45 metrelik homejen bir kütlesi Karadeniz'den Marmara yönüne akmaktadır (Şekil 31). Boğaz alt akıntısı da Karadeniz'e tuzlu suları taşır. Boğaz çıkışında oldukça incelen alt akıntının tuzluluğu da Marmara'ya kıyasla oldukça azalır. Alt akıntıdaki günlük ve mevsimsel değişim daha fazladır (Beşiktepe ve diğ., 1994). Karadeniz'den Boğaza giren yüzey suların tuzluluğu yıl boyunca dar bir aralıkta (17-18 ppt), su sıcaklığı ise 7-22 °C arasında değişebilmektedir. Bu suların kimyasal özelliklerindeki mevsimsel değişimler de belirgindir. Çünkü kuzeybatı Karadeniz kıyı suları, özellikle Tuna Nehri'nin taşıdığı besin tuzları ve organik madde ile sürekli kirlenmektedir ve kıyasal akıntılarla seyrelerek güney Karadeniz kıyılarına ulaşır. Boğaz sularında ölçülen ÇO, nitrat ve fosfat profilleri arasında uyumlu fakat ters yönde değişen bir ilişki gözlenir (Şekil 31). Karadeniz yüzey suları her zaman oksijence doygundur ve su sıcaklığına bağlı olarak ÇO=240-410 µM aralığında değişmektedir. Boğazdaki Karadeniz üst akıntısının özellikle nitrat ve fosfat konsantrasyonlarında çarpıcı mevsimsel değişimler gözlenir (Şekil 31). Kasım-Mayıs ayları arasında besin elementlerince zenginleşen kuzey batı Karadeniz yüzey suları, Boğaz yoluyla Marmaraya taşınır. Boğaz üst akıntısında yaz aylarında 0.1-0.2 µM seviyesinde olan nitrat, Kasım-Mayıs arasında zaman zaman 5-7 µM'a kadar çıkmaktadır. Ancak besin tuzlarınca zengin bu suların Marmara'ya ne kadar süreyle girdiği konusunda sistematik veri yoktur. Fosfat değerleri yaz-sonbahar başlarında 0.02-0.05 µM aralığında iken, nitratın yükseldiği dönemlerde 0.2-0.3 µM'a kadar çıkar (Şekil 32). Mevsimsel ortalamalar Tablo 10'da verilmiştir.

Marmara'ya girerken 225-255 µM aralığında ÇO içeren Ege'nin tuzlu suları, Marmara kaldıkları 6-7 yıllık sürede sahip olduğu oksijenin %70-80'ni tüketmiş, fakat besin tuzlarınca zenginleşmiş olarak İstanbul Boğazı'na ulaşır. Bu çarpıcı değişimin nedeni, Marmara üst sularından alt tabakaya giren oksijen miktarının yüzey sularından çökelen partikül organik maddenin parçalanması için yetersiz kalmasıdır. İstanbul Boğazı girişinde alt tabaka sularında ölçülen nitrat ve fosfat konsantrasyon değerlerinin mevsimsel ortalamaları sırasıyla 9.3-10.4 µM ve 0.92-1.07 µM aralığında değişmektedir (Tablo 10). Bu değerlerden hesaplanan nitrat/fosfat oranı 8-10 aralığında olup, yıl boyunca dikkate değer değişim göstermez (Polat, 1995; Polat ve diğ., 1998). Marmara alt su N/P oranları, oşinografi bilimine "Redfield oranı" olarak bilinen okyanusların derin su N/P=16 ortalama oranından oldukça düşüktür. Anlaşılacağı üzere, Marmara alt tabakasından Boğaz alt akıntısı ile Karadeniz'e taşınan tuzlu sular, nitrat ve fosfatça zengin olmakla birlikte, düşük N/P oranına sahiptir.

Çanakkale Boğazı: Boğaza her zaman oksijence doygun (ÇO: 225-255 µM) giren Ege'nin tuzlu suları, Marmara'ya ulaştınca, içerdiği oksijenin yarısından fazlasını, oksijence fakirleşmiş Marmara'nın eski tuzlu sularıyla karışımı sonucu kaybeder. Çanakkale Boğazdaki iki tabakalı

akıntı rejiminin besin tuzları (nitrat, fosfat) özellikleri, İstanbul Boğazı'ndaki iki tabakalı sularında ölçülen değerlerden belirgin şekilde farklıdır. Çanakkale üst akıntısındaki mevsimsel değişim İstanbul Boğazı'ndaki kadar çarpıcı değildir (Tablo 10). Üst akıntı nitrat değerleri, 0.12-0.36 μM , fosfat ise çoğunlukla 0.03-0.09 μM aralığında değiştiği gözlenmiştir. Bu sonuçlar, 1990-1995 dönemi bulgularıyla uyumludur (Polat ve Tuğrul, 1996). Yüzey sularındaki mevsimsel değişim ortalama 3 kat kadardır. Üst akıntıdaki nitrat/fosfat oranı çoğunlukla 1-10 aralığında olup, normal plankton çoğalması için gereken N/P= 16 oranının oldukça altındadır. Oranın düşük bulunması, Marmara'dan Ege'ye taşınan sularda göreceli nitrat eksikliğinin olduğunu ve Marmara ve kuze y doğu Ege sularındaki plankton çoğalmasında muhtemelen nitratın sınırlayıcı rol oynadığını işaret etmektedir.

Kuzey Ege'nin suları Marmara'ya girerken doygunluk seviyesinde oksijen içerir; fakat besin elementlerince oldukça fakirdir (Tablo 10, Şekil 32). Boğazın alt akıntısıyla Marmaraya bu tuzlu suların fosfat derişimi kış aylarında zaman zaman 0.1 μM 'a kadar yükselse de; hesaplanan mevsimsel ortalamalar 0.03-0.05 μM aralığındadır. Alt su nitrat mevsimsel ortalama değerleri yazın 0.4 μM seviyesinde iken, kışın dikkate değer bir artışla 1.6 ortalama değere ulaşır ve ilkbaharda kısmi bir düşüş gösterir (Tablo 10). İlkbahar ve kış aylarındaki besin tuzları artışının nedeni, derinlerdeki nitrat ve fosfatça kısmen zenginleşmiş suların "upwelling" prosesleriyle yüzeye yaklaşması ve Boğaz girişine kadar ulaşmasıdır. Bu dönemlerde boğaz alt akıntısında yapılan ölçümlerde 2.0 μM 'u aşan nitrat değerleri ölçülmüştür (Şekil 32). Boğaz alt akıntısındaki nitrat/fosfat oranı (> 20) oldukça yüksektir ve doğu Akdeniz'in genel özelliğini yansıtmaktadır (Yılmaz ve diğerleri, 1998).

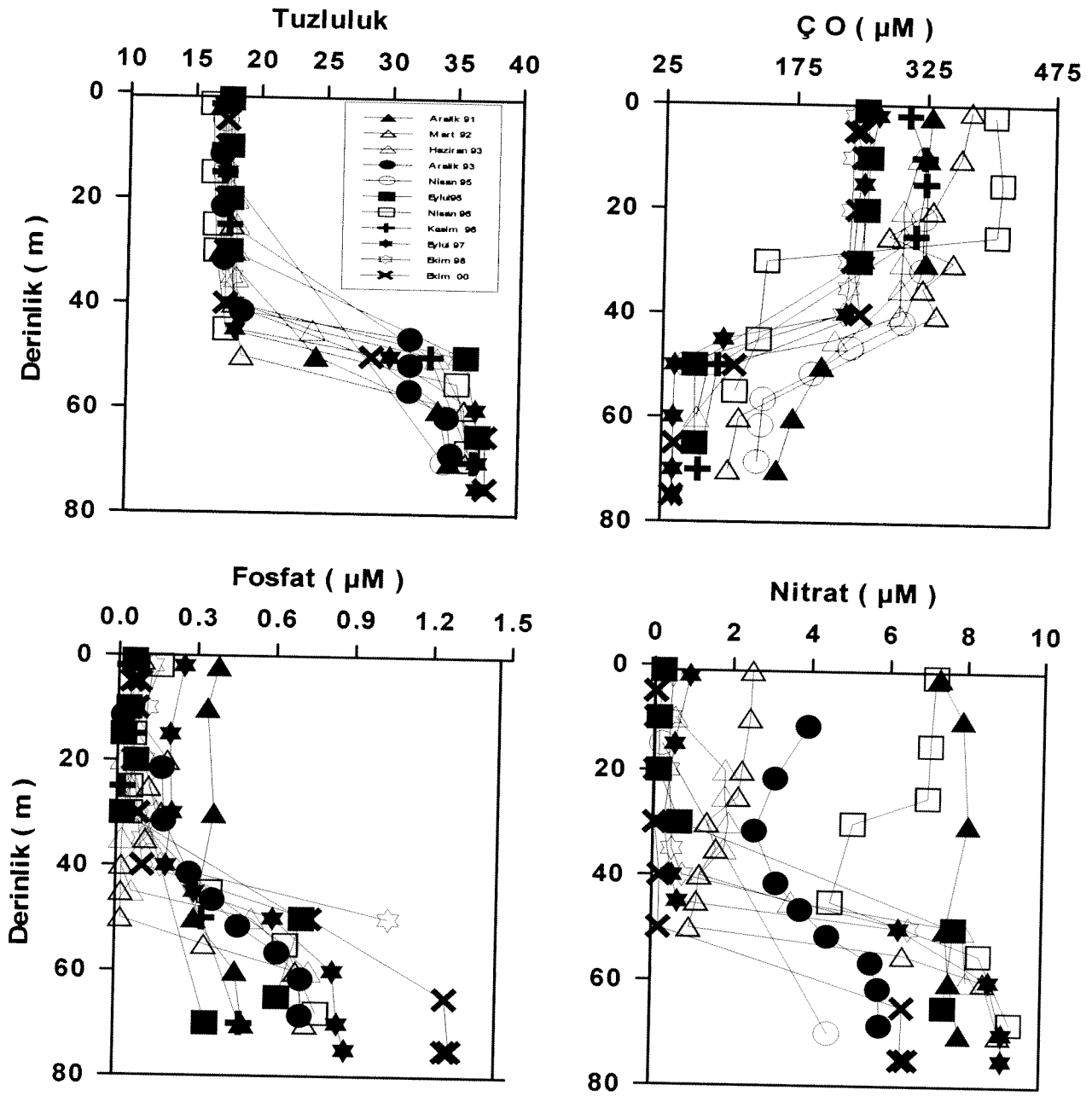
Sonuç: Türk Boğazlar Sisteminde son on yıldır ölçülen (TBS) besin tuzları derişimleri, iki tabakalı deniz ekosisteminin genel özelliklerini yansıtmaktadır. Tuna ile beslenen kuzey batı Karadeniz suları organik maddece her zaman zengindir ve seyrelerek Marmara'ya kadar ulaşır. Bu sular kış aylarında yüksek nitrat ve fosfat derişimleri içerir. Ancak, Marmara boyunca Karadeniz sularının içerdiği fazla nitrat ve fosfat bileşenleri fotosentez yoluyla tüketilir ve Çanakkale Boğazı'na ulaşıldığında nitrat ve fosfat derişimleri yüzey sularında düşer ve mevsimsel değişim çok azalır. Marmara'da fotosentez sadece Karadeniz suyuyla beslenen ince üst tabakada (10-20 metre) süregeldiği için Karadeniz kökenli yüzey suları organik maddece her zaman zengindir. Yüzey sularının altındaki tuzlu alt tabaka sularının kimyasal özelliklerindeki bölgesel ve mevsimsel değişimler oldukça düşüktür. Çünkü üretken yüzey sularından güneş ışığının ulaşmadığı tuzlu sulara yıl boyunca değişen miktarlarda partikül organik madde girdisi vardır. Bunun sonucu olarak düşük derişim fakat yüksek nitrat/fosfat oranı ile giren tuzlu Ege sularının kimyasal özellikleri, Marmara'da kaldığı 6-7 yıllık ortalama sürede önemli değişime uğrar. Oksijen suboksik

seviyelere (30-80 μM) düşerken, nitrat ve fosfatça zenginleşir; N/P oranı 8-10 mertebesine düşer. Bu değişen özelliklerle Karadeniz'e kadar ulaşır. Diğer bir ifade ile, Karadeniz'den ve karasal kaynaklardan Marmara yüzey tabakasına taşınan besin tuzlarının önemli bir yüzdesi, boğaz alt akısıyla Karadeniz'in ara sularına taşınır. Son 25 yıldaki çevresel kirlenmeler sonucunda Marmara'nın alt tabaka sularındaki nitrat ve fosfat derişimleri artarken, ÇO azalmıştır. Marmara'nın toplam toplam fosfor bütçesi hesaplamalarına göre (Tuğrul ve Polat, 1995), Karadenizden giren yıllık TP yükü, karasal kaynaklı kirleticilerden giren TP yükü ve alt akıntıyla Karadenize taşınan yıllık TP miktarıyla yaklaşık aynı seviyelerdedir.

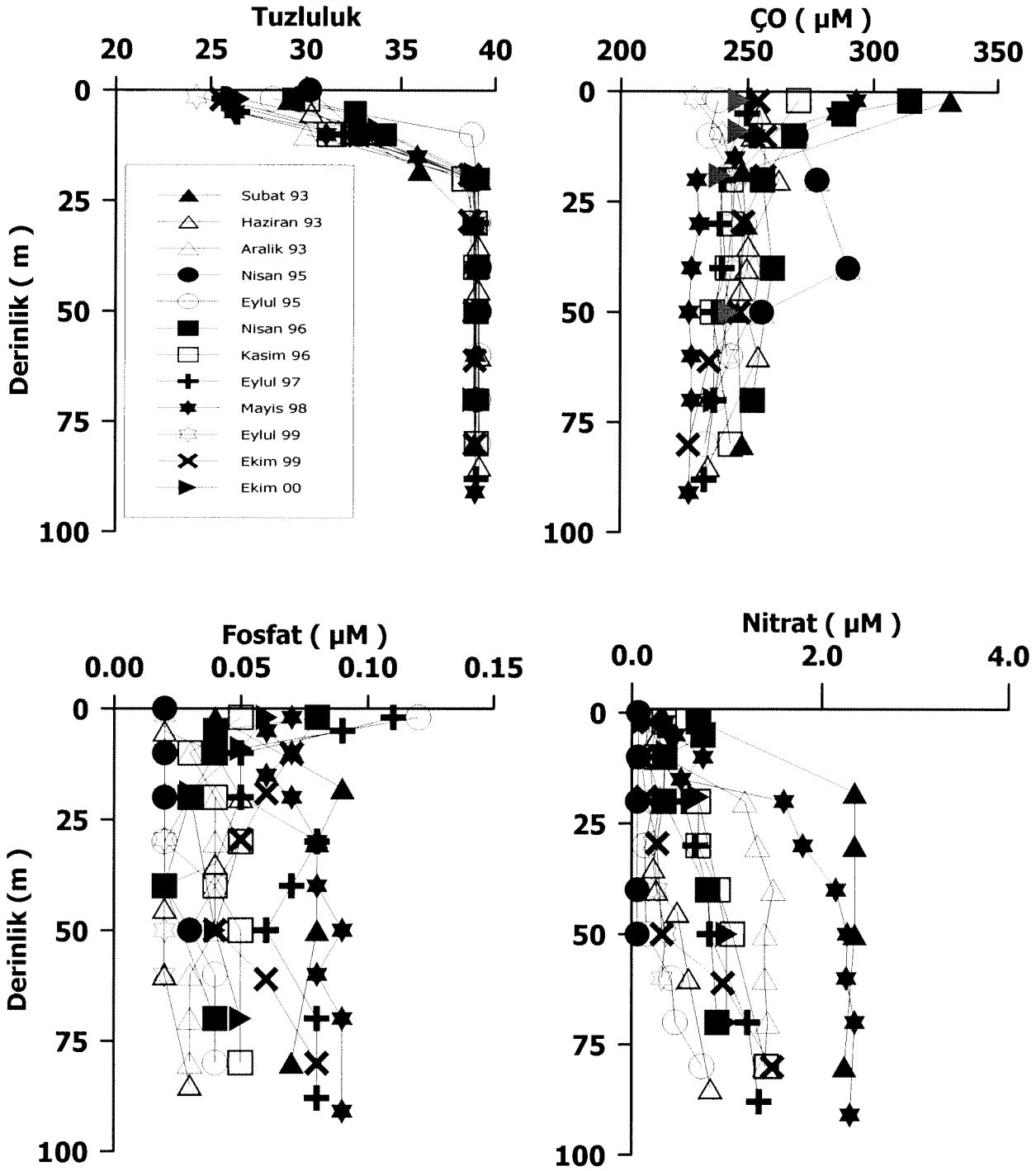
Tablo 10. İstanbul ve Çanakkale Boğazları'ndaki iki tabakalı (üst ve alt) akıntı rejiminin mevsimsel ve yıllık su debisi, nitrat ve reaktif fosfat derişimleri ve madde akısı

NİTRAT-AZOTU							
İSTANBUL BOĞAZI				ÇANAKKALE BOĞAZI			
Akıntı tabakası	Mevsim	Su Akısı ($\cdot 10^9 \text{ m}^3$)	Nitrat derişimi (mmol/m^3)	Nitrat akısı ($\cdot 10^8 \text{ mol}$)	Su akısı (10^9 m^3)	Nitrat derişimi (mmol/m^3)	Nitrat akısı ($\cdot 10^8 \text{ mol}$)
Üst	İlkbahar	200	1,32	2,64	307	0,2	0,61
Üst	Yaz	158	0,42	0,66	194	0,12	0,23
Üst	Sonbah.	105	0,22	0,23	142	0,3	0,42
Üst	Kış	145	3,2	4,64	234	0,36	0,84
Üst	Yıllık	608	1,29	8,17	877	0,24	2,1
Alt	İlkbahar	94	9,17	8,62	202	1,14	2,3
Alt	Yaz	76	10,46	7,95	112	0,47	0,52
Alt	Sonbah.	49	9,34	4,58	87	0,88	0,76
Alt	Kış	68	9,81	6,67	158	1,62	2,55
Alt	Yıllık	287	9,7	27,8	559	1,03	6,13

FOSFAT-FOSFORU							
İSTANBUL BOĞAZI				ÇANAKKALE BOĞAZI			
Akıntı tabakası	Mevsim	Su akısı (10^9 m^3)	Fosfat derişimi (mmol/m^3)	Fosfat akısı (10^6 mol)	Su akısı (10^9 m^3)	Fosfat derişimi (mmol/m^3)	Fosfat akısı ($\cdot 10^6 \text{ mol}$)
Üst	İlkbahar	200	0,05	1,00	307	0,06	1,84
Üst	Yaz	158	0,03	0,47	194	0,03	0,58
Üst	Sonbah.	105	0,05	0,52	142	0,05	0,71
Üst	Kış	145	0,14	2,03	234	0,09	2,10
Üst	yıllık	608	0,07	4,25	877	0,06	5,26
Alt	İlkbahar	94	0,92	8,65	202	0,05	1,01
Alt	Yaz	76	0,99	7,52	112	0,03	0,34
Alt	Sonbah.	49	0,91	4,46	87	0,05	0,43
Alt	Kış	68	1,07	7,27	158	0,05	0,79
Alt	yıllık	287	0,97	27,84	559	0,05	2,79



Şekil 31. İstanbul Boğazı-Karadeniz girişindeki iki tabakalı akıntı rejiminde farklı zamanlarda ölçülen tuzluluk (S), çözülmüş oksijen (ÇO), nitrat ve reaktif fosfat profilleri



Şekil 32. Çanakkale Boğazı-Ege girişindeki iki tabakalı akıntı rejiminde farklı zamanlarda ölçülen tuzluluk (S), çözülmüş oksijen (ÇO), nitrat ve reaktif fosfat profilleri

2.3.3 Klorofil-a ve Birincil Üretim

Giriş

Karadeniz kıyusal alanlarında besin tuzu girdileri, genel olarak nehirlerden taşınım, sedimandan su kolonuna taşınım, düşey karışım ve yatay taşınım mekanizmaları ile sağlanmaktadır (Yılmaz ve diğ., 1998b ve burada verilen kaynaklar). Açık denizde ise ki bu alanlar genelde siklonik döngülerin yer aldığı alanlardır, fitoplankton biyo-kütlesi ve birincil üretim, su kolonunda karışım ve difüzyon yoluyla derin sulardan besin tuzu taşınımı ile sağlanmaktadır. Ancak sürekli yoğunluk tabakasının bulunması ve indirgenme/yükseltgenme olaylarının yoğun olduğu, denitrifikasyonun görüldüğü oksik/anoksik geçiş tabakasının varlığı besin tuzlarının ışıklı ve üretken yüzey tabakalarına taşınımına engel oluşturmaktadır (Baştürk ve diğ., 1997).

Son 30 yılda özellikle kuzeybatı kıta sahanlığında daha belirgin olmak üzere, tüm Karadeniz'in beslenme mekanizmalarında ve besin tuları girdilerinde önemli değişimler gözlenmiştir (Codispoti ve diğ., 1991; Tuğrul ve diğ., 1992, Cociasu ve diğ., 1996; Konovalov ve diğ. 1999; Cociasu ve diğ., 2002). Örneğin, NO_3/PO_4 oranı 1970 lerde 11.7 iken 1988-1992 döneminde 22-33'e kadar yükselmiştir (Cociasu ve diğ., 1996). Bu oran, inorganic fosfat girdisindeki azalma nedeniyle artmaya devam ederek 1995 yılında 100'e ulaşmıştır. Ancak 1996 yılından sonra, örneğin 2000 yılında azot girdilerindeki azalma nedeniyle 20'li rakamlara düşmüştür (Cociasu ve diğ., 2002). Oksik/anoksik geçiş tabakasında nitratın denitrifikasyon ile ortamdan çekilmesi nutriklin tabakasında NO_3/PO_4 oranının düşük olmasına neden olmakta (Baştürk ve diğ., 1997) ve Karadeniz'de özellikle açık denizde azotun sınırlayıcı besin elementi olduğu bir birincil üretim gerçekleşmektedir (Yılmaz ve diğ., 1998b; Yayla ve diğ., 2001). 1970'li ve 1980'li yıllarda reaktif silikat girdi miktarlarında ve kuzeybatı kıyusal alanlarda daha belirgin olmak üzere tüm Karadeniz'de reaktif silikat konsantrasyonunun azaldığı gözlenmiştir. Bu değişiklik de fitoplankton tür dağılımlarında değişime neden olmuş, diatom türü organizma ağırlıklı populasyonlardan daha çok kokolit ve dinoflagellat türü organizmaların çoğunlukta olduğu populasyonlar gözlenmeye başlanmıştır (Humborg ve diğ., 1997; Cociasu ve diğ., 1996). Ancak son yıllarda ve özellikle 1990'lı yıllarda, nehir girdilerindeki özelliklerin yukarıda açıklanan değişiklikleri nedeniyle, Karadeniz sularında besin tuzlarının dağılımında değişiklikler gözlenmiş, örneğin nitrat konsantrasyonları belirgin bir düzeyde azalmış, reaktif silikat konsantrasyonu oksik tabakada artmış, anoksik tabakada azalmıştır (Konovalov ve diğ. 1999; Cociaus ve diğ., 2002).

Son yıllarda Karadeniz beslenme olanakları ve beslenme mekanizmalarında meydana gelen değişimler aynı yıllarda birincil üretimi de etkilemiştir. 1960'lı yılları itibarı ile Karadeniz'de gözlenen mevsimsel yapıda, hemen her yıl ilkbaharda büyük ve diatom ağırlıklı, sonbaharda daha zayıf ve kokolit ağırlıklı olmak üzere iki fitoplankton patlamasının çok yaygın olarak gözlemlendiğini göstermiştir (Sorokin, 1983; Vedernikov and Demidov, 1993). Ancak 1990'lı yıllarda hem kıyusal alanlarda hem de açık denizde, ek olarak yaz fito plankton patlamaları ve daha yoğun sonbahar fitoplankton patlamalarında populasyonların kokolit ve dinoflagellat ağırlıklı olduğu gözlenmiştir. (Hay ve diğ., 1990; Yılmaz ve diğ., 1998a; Yılmaz ve diğ., 1998b; Çoban Yıldız ve diğ., 2003; Oğuz ve diğ., 2003)

1960-1991 döneminde birincil üretim kuzey batı kıyılarında $570 - 1200 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, aralığında, açık denize geçiş bölgelerinde $320 - 500 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ aralığında ve açık denizde $100 - 370 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ aralığında ölçülmüştür (Vedernikov ve diğ., 1996). Güney Karadeniz Bölgesinde 1995-1996 dönemi için benzer birincil üretim değerleri ölçülmüş ve ilkbahar aylarında $247-1925 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ aralığında, yaz/sonbahar aylarında da $405-687 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ aralığında birincil üretim değerleri ölçülmüştür (Yılmaz ve diğ., 1998b). Tüm bulgulara bakıldığında 1970'li ve 1980'li yıllarda özellikle kuzeybatı kıyılarında ötrifikasyon problemlerinin söz konusu olduğu bilinmektedir (Bologa ve diğ., 1999). 1990'lı yılların başlarında ötrifikasyon en üst düzeye ulaşmıştır ve özellikle kuzeybatı kıyılarında çok yoğun fitoplankton patlamaları gözlenmiştir (Bologa ve diğ., 1999). Bu değişimler tüm Karadeniz'i etkilemiş ve 1990'lı yılların başında açık denizdeki birinci üretim 1980'li yıllarındaki birincil üretimin iki katına ulaşmıştır (Vedernikov and Demidov, 1993, Yunev ve diğ., 2002). 1992 den sonra, Karadeniz açık sularında bir iyileşme gözlenmiş, fitoplankton biyo-kütle göstergesi olarak klorofil konsantrasyonları ve birincil üretim değerleri düşmüştür (Yunev ve diğ., 2002). 1990 lar öncesinde gözlenen klasik yoğun kış sonu/ilkbahar fitoplankton patlamaları ya zaman zaman kaybolmuş ya da zayıflamıştır, sonbahar fitoplankton patlamalarında yoğunlaşmalar gözlenmiştir (Oğuz ve diğ., 2003).

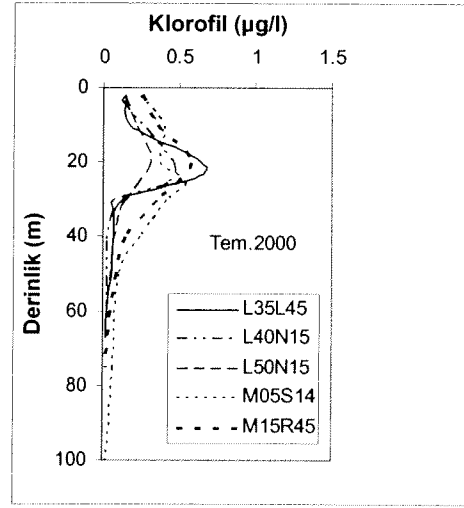
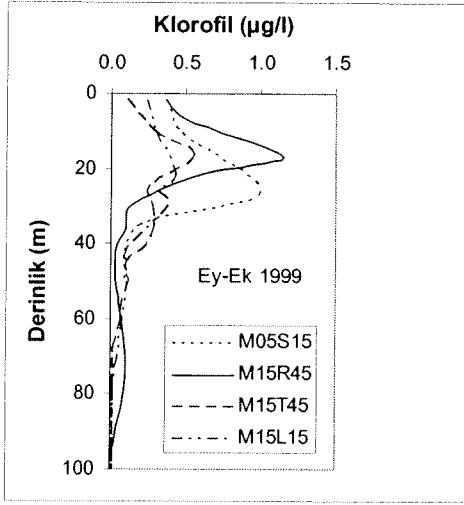
Bu Rapor kapsamında Ekim 2000 döneminde Karadeniz'de 2 istasyonda, Doğu Akdeniz'de 3 istasyonda ölçülen birincil üretim sonuçları verilecek ve tartışılacaktır. Ayrıca fitoplankton biyo-kütlesinin bir göstergesi olarak Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Doğu Akdeniz'de ölçülen klorofil-a sonuçları da paralel olarak verilecek ve değerlendirilecektir.

Biyo-kütle Göstergesi Olarak Klorofil-a'nın Karadeniz - Marmara Denizi - Ege Denizi ve Doğu Akdeniz'de Dağılımı:

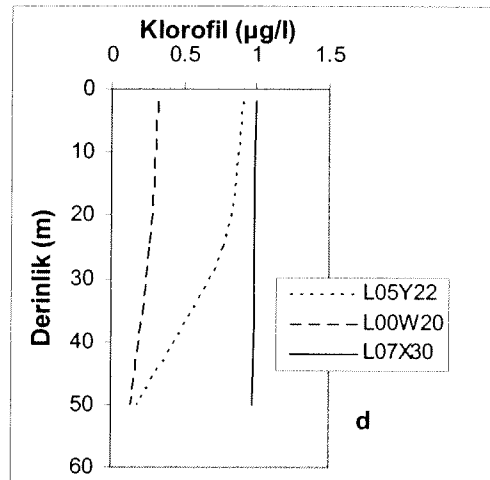
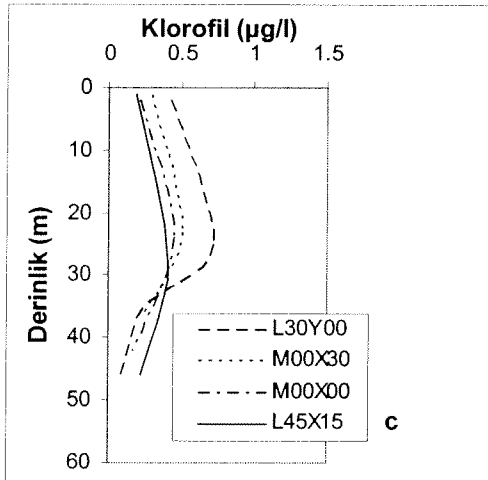
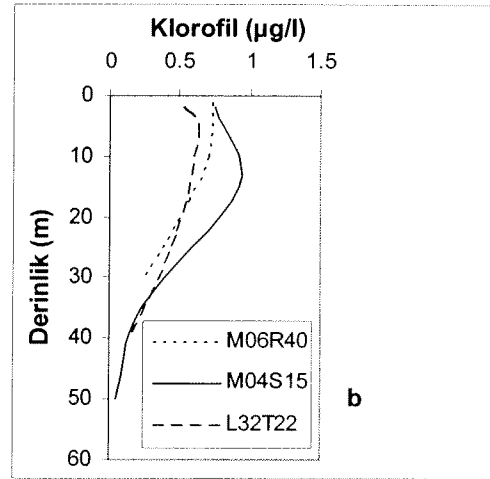
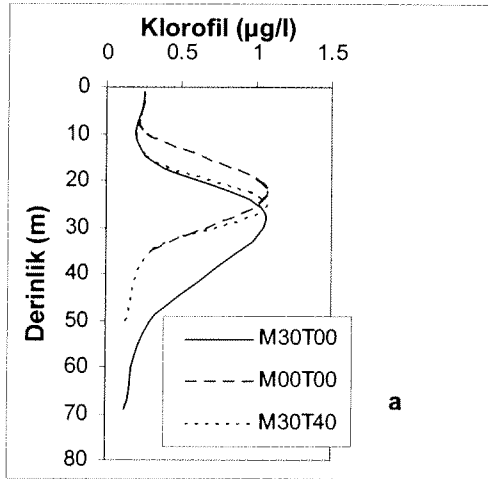
Bu proje kapsamında fitoplankton biokütle göstergesi olan Klorofil-a'nın seviyesini belirlemek üzere örnekler toplanmış ve bulgular bu bölümde sunulmuştur.

Kara Deniz: 1999-2000 yılları arasında Karadeniz'e toplam 4 deniz seferi gerçekleştirilmiştir. Bu seferlerde elde edilen klorofil-a bulguları Şekil 33 ve 34 de sunulmuştur.

Eylül-Ekim (1999) aylarında ölçüm yapılan istasyonlarda klorofil-a'nın konsantrasyon aralığı 0.01-1.25 µg/l olarak belirlenmiştir. Klorofil-a'nın dikey dağılımına bakıldığında maksimum konsantrasyonlar 20-25 metrelerde gözlenmiştir. 50 metreden sonra konsantrasyonlar ölçülebilen minimum değer olan 0.01 µg/l değerine inmiştir (Şekil 33). Temmuz 2000 seferinde ölçüm yapılan istasyonlardaki dikey klorofil-a dağılımları yüzeyde yaklaşık 0.2 µg/l iken konsantrasyonlar 20-25m de 0.3-0.7 µg/l olarak belirlenmiş ve derinlik arttıkça konsantrasyonlar azalmıştır. Ekim, 2000 seferinde ziyaret edilen istasyonlarda elde edilen klorofil bulguları Şekil 34 a-d de verilmiştir. Klorofil konsantrasyonları yüzeyde 0.2-1.0 µg/l aralığında olup (Şekil 34a-d) orta Karadeniz'in açık bölgelerinde yer alan istasyonlarda 20-30 metrelerde belirgin bir şekilde klorofil-a maksimumu gözlenmiştir (Şekil 34a). Kıyıya yakın kesimlerde çok belirgin bir maksimum gözlenmemekle birlikte ilk 20 metrelik su kolonunda klorofil-a konsantrasyonları 0.5-1.0 µg/l aralığında değişim göstermiştir. Bu metreden sonra derinlik arttıkça konsantrasyonlarda düşüş gözlemlenmiştir (Şekil 34b). Doğu Karadeniz'in açık kesimlerinde yüzeyde 0.5 µg/l dan az olan konsantrasyonlar 25 metre civarında az bir artış göstermiştir (Şekil 34c). Kıyıya yakın kesimlerde ise klorofil konsantrasyonları su kolonu boyunca homojen bir dağılım sergilemişlerdir (Şekil 34d).



Şekil 33. Karadeniz de örnekleme yapılan istasyonlarda Klorofil-a'nın düşey dağılımı



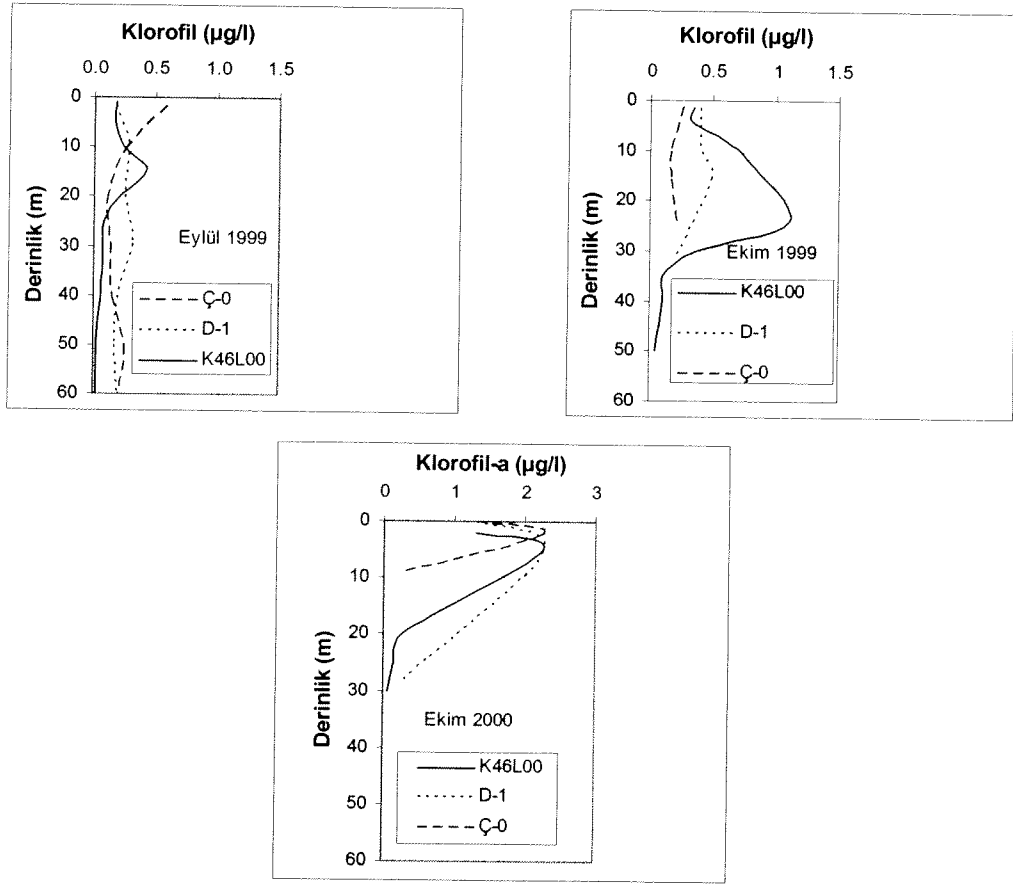
Şekil 34 a-d. Karadeniz de Ekim 2000 de önekleme yapılan istasyonlarda Klorofil-a'nın düşey dağılımı.

Marmara Denizi:

Marmara denizinde Eylül, Ekim, 1999 ve Ekim, 2000 aylarında olmak üzere toplam 3 sefer gerçekleştirilmiş ve klorofil-a'nın dikey dağılımları Şekil 35 de verilmiştir. K46L00 Marmara derin baseninde, D-1 Çanakakle boğaza giriş, ve Ç-0 boğaz çıkışında yer alan istasyonlardır. Eylül ve Ekim 1999 aylarında K46L00 istasyonunda maksimum klorofil-a değerleri sırasıyla 15 ve 25 metrelerde gözlemlenmiştir. Eylül ayında 0.5 µg/l olan maksimum klorofil-a değeri Ekim de 1.1µg/l olarak daha derinde (25 m) gözlenmiştir. Ç-0 istasyonunda maksimum klorofil-a değeri (0.57µg/l) Eylül ayında yüzeyde gözlemlenmiş olup, Ekimde ise aynı istasyonda klorofil-a değerleri su kolonu boyunca homojen bir dağılım sergilemiştir (şekil 3). D-1 istasyonuna ait dikey klorofil-a dağılımları her iki ayda da su kolonu boyunca homojen olarak dağılım göstermişlerdir ve konsantrasyonlar 0.5 µg/l den azdır (Şekil 35). Ekim 2000 de ise bu 3 istasyonda yüzey de ölçülen klorofil-a değerleri 1.3 µg/l olup, konsantrasyonlar 5-8 metrelerde 2 µg/l den fazla ölçülmüşlerdir. Bu derinlikten itibaren konsantrasyonlarda hızlı bir azalma gözlenmiştir (Şekil 35).

Ege Denizi

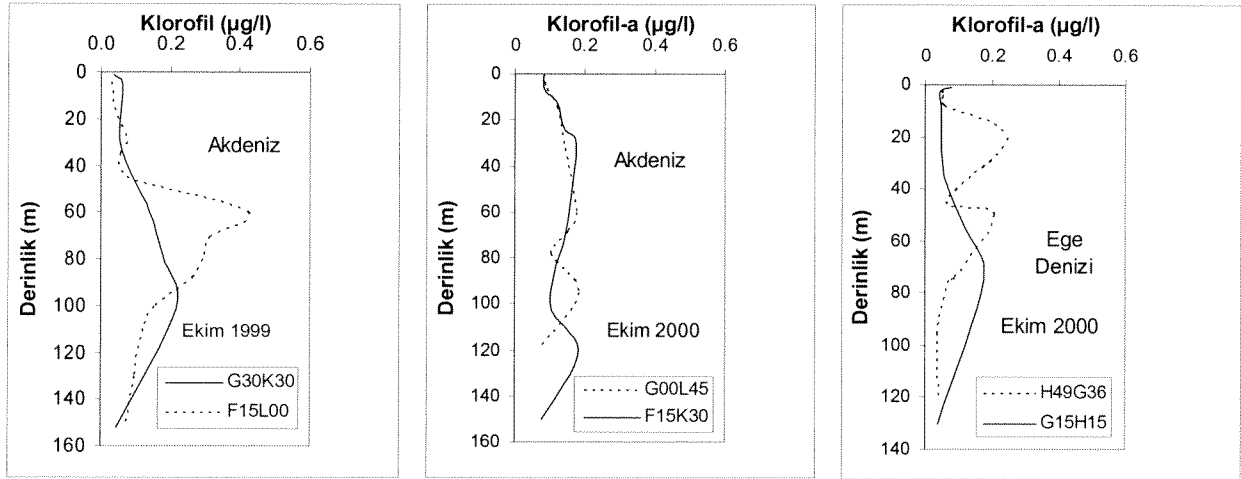
Ege Denizinde Ekim 2000 seferinde 2 istasyonda ölçüm yapılmış ve bulgular şekil 36 sunulmuştur. Chlorophyll-a derişimlerinin çok düşük seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Yüzey derişimleri 0.1 µg/l den az olduğu gözlenmiştir. G15H15 nolu istasyonda yüzeyde 0.08 µg/l civarında olan derişim derinlik arttıkça 70 m lerde zayıf bir maksimum göstererek 0.18 µg/l ye yükselmiş bu derinlikten sonra derişimlerin azaldığı gözlenmiştir. H49G36 nolu istasyonda yüzeyde 0.05 den az olan derişimler su kolonu boyunca iki maksimum vermiş ilki 20 m de 0.24 µg/l, ikinciside 50 m de 0.20 olarak gözlenmiştir, bu metreden sonra derinlik arttıkça derişimler azalmıştır. Genelde bulgular Akdeniz le benzerlik göstermektedir (Şekil 36).



Şekil 35. Marmara Denizinde 1999 ve 2000 yıllarında ölçüm yapılan istasyonlarda Klorofil-a'nın düşey dağılımı

Akdeniz:

Akdeniz de Ekim 1999 ve Ekim 2000 tarihlerinde 2 sefer gerçekleştirilmiş olup klorofil-a'nın dikey dağılımları şekil 36 da sunulmuştur. Akdeniz de genellikle gözlenen derin klorofil maksimumu sefere gidilen aylarda da gözlenmiştir. Ekim 1999 da F15L00 istasyonunda 60 m de 0.45 µg/l olarak gözlenen klorofil-a maksimumu, G30K30 istasyonunda 100m lerede 0.25 µg/l olarak gözlenmiştir. Ekim 2000 de klorofil konsantrasyonları çok bariz bir maksimum göstermemişler ve konsantrasyonlar 0.2 µg/l den daha az olarak ölçülmüşlerdir, maksimum değerlerde daha derinlerde 120m civarlarında gözlenmişlerdir. Rodos siklonik bölgesinde yer alan istasyonlarda ise bu maksimumlar daha bariz gözlenmiş vede daha sığ derinliklerde yer almışlardır (ist. F15L00) (Şekil 36).



Şekil 36. Akdeniz ve Ege Denizi'nde örneklenen istasyonlarda Klorofil-a'nın düşey dağılımı

Birincil Üretim

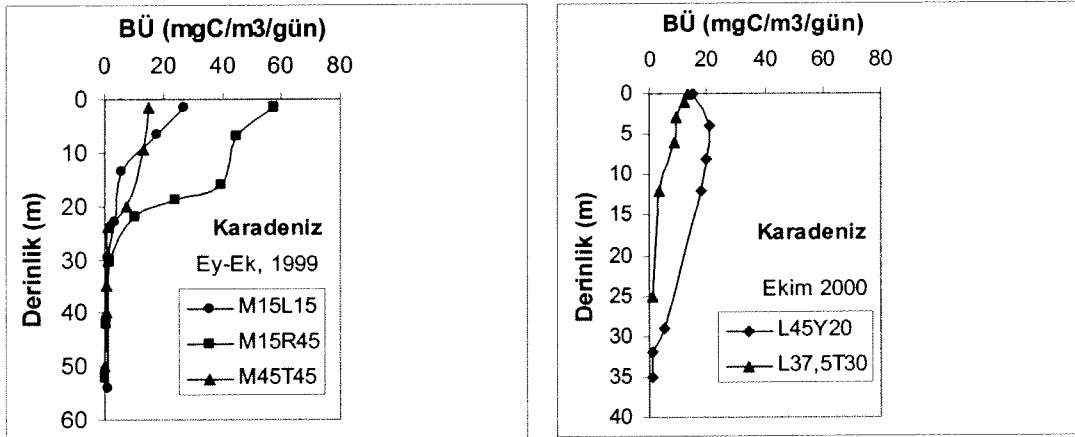
Karadeniz'de Ekim 2000'de, ölçülen birincil üretim hızlarının derinliğe göre dağılımı Eylül-Ekim 1999 değerleri ile birlikte karşılaştırmalı olarak Şekil 37'de sunulmaktadır. Eylül-Ekim 1999'da yüzeyde $15-60 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ olan birincil üretim değerleri 30m'ye inildikçe düzenli bir azalma göstermekte ve 30m' den sonra $0.5-1 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ seviyelerine düşmektedir. Ekim 2000'de ise birincil üretim yüzeyde $15 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ olarak belirlenmiş, 5-10 metrelerde $20 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ değerine ulaşmış, ve daha sonra değerler derinlik arttıkça azalmıştır.

Su kolunu boyunca ışıklı tabakanın tabanına kadar (%1 ışık derinliğine kadar) entegre edilen birincil üretim değerleri ise Tablo 11'de verilmektedir. Tablodan görüldüğü üzere Karadeniz'de Ekim 1999'da $270-930 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ve Ekim 2000'de 141 ve $245 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ seviyesinde birincil üretim ölçülmüştür. Tablodan görüldüğü üzere bu değerler Karadeniz'de aynı mevsimlerde daha önce yapılmış çalışmalarda elde edilen değerlerle uyum içerisindedir (Yılmaz ve diğ., 1998a ve 1998b; Sorokin, 2002).

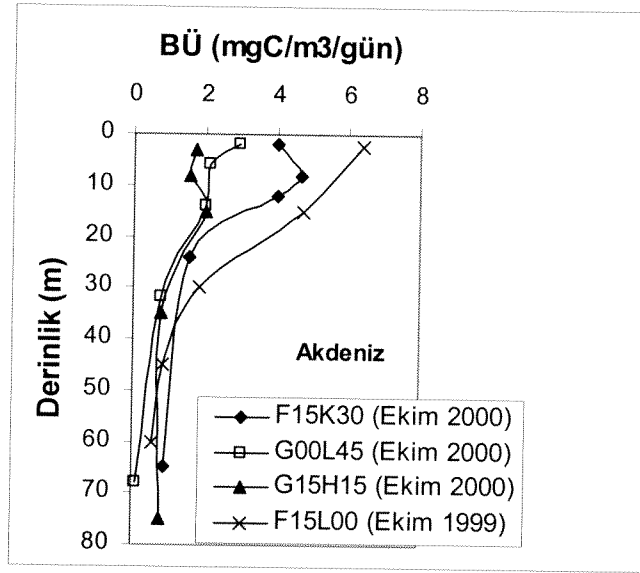
Doğu Akdeniz'de Ekim 1999 ve 2000'de yüzeyde yaklaşık $2-6 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ olan birincil üretim değerleri F15K30 istasyonu hariç derinlik arttıkça azalma göstermiştir (Şekil 38). Ekim 2000'de F15K30 istasyonunda maksimum birincil üretim değeri 10 metrede gözlenmiştir. Bu aylarda su kolunu boyunca entegre edilen birincil üretim değerleri de $74-155 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ aralığında hesaplanmıştır ve aynı bölgede aynı mevsimde daha önce Doğu Akdeniz'de yapılan çalışmalarda elde edilen bulgularla uyumludur (Tablo 11) (Ediger ve Yılmaz 2002).

Tablo 11. Karadeniz ve Akdeniz'de Ekim 2000 Döneminde Su Kolonunda Entegre Birincil Üretim Değerleri. Entegrason ışıklı tabakada yüzeyde %1 ışık derinliğine kadar , Yapılmıştır ve bir önceki yılın aynı dönemi ile (Ekim 1999) karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Ege Denizi'de bir istasyonda (G15H15) yapılan birincil ölçüm sonuçları da Akdeniz grubunda yer almıştır.

	Su Kolunda Entegre Birincil Üretim mgC/m ² /gün
KARADENİZ	
Ekim 1999	
M15L15	308
M15R45	930
M45T45	270
Ekim 2000	
L37.5T30	141
L45Y20	245
1984-1992	240-550 (Sorokin, 2002)
AKDENİZ	
Ekim 1999	
F15L00	155
Ekim 2000	
F15K30	135
G00L45	74
G15H15	84
1991-1999	38-191 (Ediger ve Yılmaz 2003)



Şekil 37. Karadeniz'de Ekim 2000'de Doğu Karadeniz'de (L45Y20 ve L37,5T30 İstasyonları) yapılan birincil üretim hızlarının Ekim 1999 döneminde Batı Karadeniz'de (İstasyon M15L15), Orta Karadeniz'de (İstasyon M15R45) ve Doğu Karadeniz'de (M45T45) yapılan birincil üretim hızları ile karşılaştırılmalı olarak düşey dağılımları



Şekil 38. Doğu Akdeniz'de Ekim 2000'de ve Ekim 1999'da yapılan birincil üretim hızlarının derinlikle değişimi/düşey dağılımları

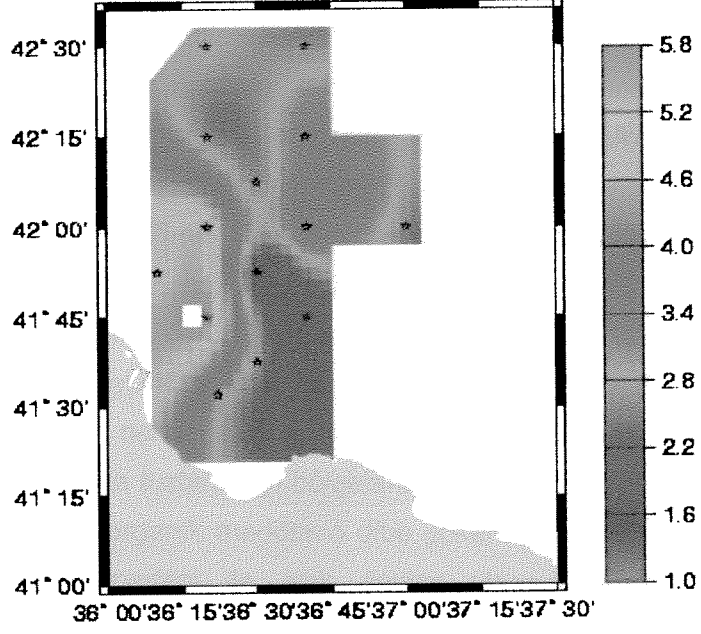
2.3.4 Fiziksel dönüşümlerin karışmış tabakadaki planktonların dağılımına etkisi

Karışımın ve dağılımın zooplankton üzerine etkilerini çalışmak için, zooplankton örnekleri toplanmıştır. Zooplankton örnekleri Nansen ağı ile toplanmıştır. Toplanan örnekler dört boy grubuna (100-200, 200-500, 500-1000, 1000-2000 μm) ayrılıp, daha önce darası alınmış GF/C filtrelerle süzülüp, laboratuvar analizi için $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ de saklanmıştır.

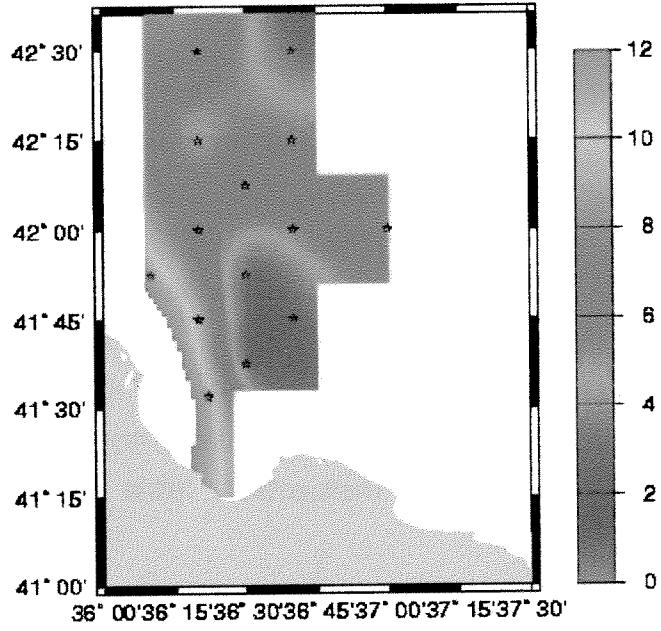
Farklı büyüklük guruplarındaki zooplanktonların dağılımları Şekil 39 da verilmiştir. Üst panel de verilen 100-200 μm büyüklük iri mikrozooplantonları, alt panelde verilen 200-500 μm büyüklükte mezozooplanktonların küçüklerini temsil etmektedir. Bu dağılımlar Şekil 24 ve Şekil 25 verilen tuzluluk ve askıda madde dağılımları ile karşılaştırıldığında dağılımların birbirine benzediği görülebilir. Kızılırmak ağzında yüksek olan zooplankton dağılımı açığa doğru gidildikçe Karadeniz ana akıntısı ile doğruya doğru taşınmaktadır.

Zooplankton ölçümleri 500-1000 ve 1000-2000 büyüklük gurupları içinde yapılmış, fakat bu büyüklük gurupları günlük düşey seyahat ettiklerinden bu etki kaldırıldıktan sonra yorumlanabilir. Bu etkiyi kaldırabilmek için matematiksel metod geliştirme çalışmaları sürmektedir.

100-200



200-500



Şekil.39 Orta Karadeniz'de Ekim 2000 seferi sırasında iki farklı büyüklük gurubundaki partiküllerin dağılımı (μg kuru ağırlık/ m^3 olarak)

2.4. Atmosfer Girdileri ve Deniz Ekosistemine Etkileri:

Giriş

Akdeniz baseninin birincil üretimi batıdan doğuya doğru azalan bir eğilim göstermekte ve doğu Akdeniz ihtiva ettiği besin tuzlarının miktarı açısından denizlerin çözü olarak tanımlanmaktadır. Denizsel ortamda yaşayan mikroskobik bitkisel canlıların (fitoplanktonların), ortamdaki inorganik besin tuzları (azotlu bileşikler, fosfat, silikat) ve demir gibi üretim için gerekli elementi fotosentez işlemi esnasında kullanarak organik madde üretmeleri besin zincirinin ilk halkası olup "birincil üretim" olarak anılmaktadır. Doğu Akdeniz baseninde birincil üretimin çok düşük seviyelerde olmasının nedeni, besin tuzlarının deniz ortamında yetersiz seviyelerde bulunmasındandır. Genel olarak karalarla çevrili denizlere besin tuzları girdisinin nehirler ve atmosferik taşınım ile gerçekleştiği kabul edilmektedir. Nehirler ile taşınan besin tuzları, kıyı bölgelerde yaşayan fitoplanktonlar tarafından kullanılıp ve daha sonra oluşan organik maddenin dibe çökerek canlıların fotosentez yaptıkları ışıklı ortamdan ayrılmaları nedeni ile açık denize ulaşmadan sistemden çıkmaktadırlar. Atmosferik taşınım ile denizler üzerine ulaşan ve daha sonra yağmur ve/veya kuru çökeltme mekanizmaları ile deniz yüzeyine ulaşan besin tuzları ise açık deniz için yegane kaynak olarak gösterilmektedir. Doğu Akdeniz'e dökülen nehir sayısının çok kısıtlı olması ise bu basen için atmosfer girdilerinin önemli ve hatta yegane diyebileceğimiz bir kaynak olduğu gerçeğini ortaya çıkarmaktadır.

Son yıllarda Türkiye kıyılarında yapılan çalışmalar ile Doğu Akdeniz aerosollerinin ve yağışlarının kimyasal kompozisyonu ve kaynak bölgeleri hakkında bir bilgi birikimi oluşmaya başlamıştır (Kubilay ve Saydam, 1995; Al-Momani ve diğ., 1995; 1998; Güllü ve diğ., 1998; Özsoy ve Saydam, 2000, 2001; Özsoy ve diğ., 2000). Anılan çalışmalarda Doğu Akdeniz'in ülkemiz kıyılarındaki aerosollerinin ve bu aerosollerini içeren yağışların deniz tuzu, Afrika kökenli çöl tozu (mineral toz), lokal toprak ve antropojenik komponentlerin karışımından ibaret olduğu belirlenmiştir. Oluşan bulgu ve bilgi birikimi iyi bir başlangıç olmakla birlikte atmosferik taşınımının açık deniz ekosistemi üzerindeki olası etkileri ve atmosferdeki aerosollerin (özellikle sülfat aerosollerini) kaynakları henüz tam manası ile açıklanamamaktadır.

Klasik yaklaşımda, deniz ortamındaki besin tuzlarının (nitrat ve fosfat) ve birincil üretim için canlıların gereksinim duyduğu bazı eser elementlerin (demir gibi) bütçesi yapılırken sadece nehirler ile denize taşınan miktarlar göz önünde tutulmuş ve atmosfer ile taşınan miktarlar ise

gözardı edilmiştir. Ancak son on yıl içerisinde gerçekleştirilen araştırmaların sonuçları, özellikle kıyıda uzak (açık deniz) bölgeler ile doğu Akdeniz gibi nehir girdileri açısından yoksul olan kıyı bölgeleri için atmosfer girdilerinin yegane kaynak olduğunu (Duce ve diğ., 1991; Jickells, 1995; 1999) göstermektedir.

Guerzoni ve diğ. (1999), Akdeniz'e atmosfer girdileri ile ilgili yayınlanmış tüm verileri ve atmosfer girdilerinin basen biyokimyası üzerindeki olası etkilerini sentezlemiş ve atmosfer girdilerinin basen ölçeğinde önemli miktarlarda olduğunu vurgulamışlardır. Atmosfer ile deniz yüzeyine ulaşan besin tuzları ile ilgili bulguların önemli bir bölümü batı basenine aittir (Martin ve diğ., 1989; Loye-Pilot ve diğ., 1990; Bergametti ve diğ., 1992; Migon ve Sandroni, 1999). Doğu baseni için atmosfer yolu ile deniz yüzeyine ulaşan besin tuzları ile ilgili İsraili bir grup araştırma yapmıştır (Herut ve diğ., 1999a). Akdeniz'in batı baseninde birincil üretim nitrat ile kısıtlanırken doğuda fosfat eksikliği olduğu gösterilmiştir. Önceleri bölgeye darbeler halinde ulaşan Afrika kaynaklı çöl tozlarının deniz yüzeyine çökeldikten sonra ortamdaki fosfatı üzerlerine adsorblayarak dibe doğru çökttikleri ve dolayısı ile biyolojik olarak kullanılabilir fosfatın ortamdaki kaybolduğu üzerine hipotezler üretilmişti (Krom ve diğ., 1991). Fakat bu konu üzerinde yapılan detaylı bir araştırmanın sonucu göstermiştir ki Afrika tozları doğu Akdeniz'e fosfat katkısında bulunmaktadır ve sistemdeki fosfat eksikliğinin nedeni başka sebeplerden kaynaklanmaktadır (Herut ve diğ., 1999b). Ayrıca Herut ve diğ. (1999a) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise güneydoğu Akdeniz'e tek bir darbe halinde ulaşan Afrika kaynaklı çöl tozunun içerdiği fosfatın, deniz yüzeyinde birincil üretimin önsürücüsü olan chl-a pigmentinde artışa neden olduğu belirtilmiştir. Yine Batı Akdeniz'de gerçekleştirilmiş başka araştırmalarda da Afrika kaynaklı tozların, deniz ortamı için fosfat açısından kaynak olduğu belirtilmiştir ve özellikle yaz aylarında (dip sulardan ötrofik tabakaya fosfat taşınımının minimal olduğu dönemlerde) atmosfer ile denize ulaşan fosfatın ortamda yaşayan mikroskobik canlılar için önemli olabileceği belirtilmiştir (Bergametti ve diğ., 1992; Migon and Sandroni, 1999; Ridame and Guieu, 2002).

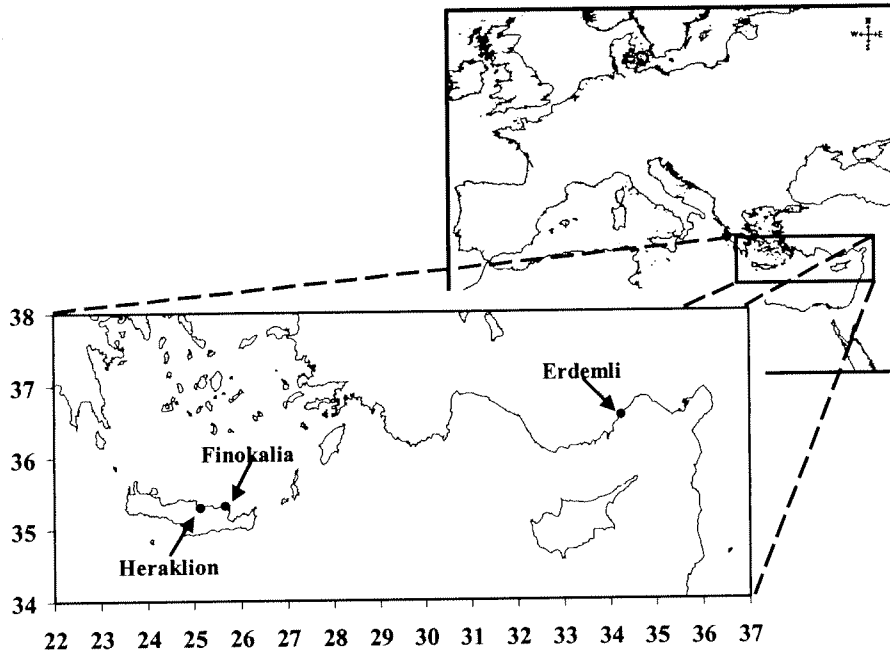
Afrika kaynaklı çöl tozlarının yanısıra Doğu Akdeniz aerosollerinin bir diğeri baskın bileşenide sülfat parçacıklarıdır (Mihalopoulos ve diğ., 1997; Luria ve diğ., 1989; 1996; Özsoy ve diğ., 2000). Sülfat aerosolleri güneş ışınlarını yeryüzüne ulaşmadan geri yansıtıkları ve/veya bulut yoğunlaşma çekirdeği olarak görev yapıp atmosferdeki bulut miktarını artırma özelliğine sahip oldukları için iklim üzerinde soğuma etkisi yaratmaktadırlar. Bu nedenle günümüzde atmosferik sülfat parçacıkları üzerine yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Atmosferdeki antropojenik orijinli sülfat miktarının dağılımı ve iklim üzerindeki etkisini global ölçekli bir model ile simule eden Charlson ve diğ. (1991) nin sonuçları doğu Akdeniz üzerinde yüksek

miktarlarda sülfat ve bu sülfatın iklimsel soğuma potansiyelini göstermektedir. Bölgede gerçekleştirilen ölçüm çalışmalarının bir bölümü doğu Akdeniz'deki yüksek sülfat aerosol konsantrasyonlarından Avrupa dan atmosferik taşınım ile bölgeye ulaşan antropojenik emisyonların sorumlu olduğunu söylerken (Mihalopoulos ve diğ., 1997; Luria et al., 1989, 1996) diğer bir grup ise denizsel biyojenik emisyonların, bölgenin sülfat bütçesi üzerindeki katkısının göz ardı edilmemesi gerektiğini söylemektedir (Özsoy ve diğ., 2000; Ganor ve diğ., 2000).

Materyal ve Metod

Bu araştırma kapsamında Erdemli ve Girit adasında toplanan aerosol ve yağmur numunelerinde gerçekleştirilen analizlerin sonuçları tartışılacaktır. İstasyonların konumu Şekil 40 da gösterilmiştir. Numuneler 1996-2000 dönemi arasında eşzamanlı toplanmıştır. Yağmurlar otomatik yağ çökme örnekleyicisi ile her yağış ayrı toplanmıştır. Aerosol numuneleri ise günlük olarak filtre kağıtları üzerine pompalar ile örneklenmiştir.

Erdemli de toplanan yağmur numunelerinin besin tuzu (nitrat ve fosfat) analizleri Enstitü laboratuvarında bulunan Oto Analizör cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Toplanan aerosol numunelerinin analizleri ise bilimsel işbirliği kapsamında Enstitümüz doktora öğrencisi tarafından Girit Üniversitesindeki deki laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 40. Aerosol ve yağmur numunelerinin toplandığı istasyonlar.

Aerosol numunelerinde suda çözülebilen anyon (nitrat, NO_3^- , fosfat, PO_4^{3-} , sülfat, SO_4^{2-} ve metan sülfonik asit, MSA^-) ile katyon (sodium, Na^+ , kalsiyum, Ca^{+2} , sodium, Na^+ , ve amonyum, NH_4^+) analizleri Lyon Kromatografisi cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

4.3. Sonuçlar

Burada sunulan araştırma verileri doğu Akdeniz'de iki ayrı istasyonda toplanan zaman serisi numunelerinin analizleri ile elde edildiği için basen ölçeğinde zamansal değişimi görebilmeye olanak sağlamıştır. Doğu Akdeniz'de iki ayrı istasyonda eş zamanlı toplanan örneklerin birlikte değerlendirilmesi ilk olması açısından benzer araştırmalar arasında özgün değeri vardır. Bu bölümde ilk olarak doğu Akdeniz'e atmosfer ile taşınan besin tuzları ile ilgili araştırmanın sonuçları sunulacak daha sonra ise doğu Akdeniz atmosferinde bulunan sülfat aerosolleri ve kaynakları ile ilgili sonuçlar sunulacaktır.

Doğu Akdeniz'e yağ çökeltme mekanizması ile ulaşan besin tuzları: Girit de bulunan Heraklion istasyonunda Eylül 1999-Eylül 2000 dönemi arasında toplam 41 adet yağmur örneği (bu dönem içinde düşen toplam yağışın > 95 ine denk düşmektedir) toplanmıştır. Erdemli istasyonunda ise Şubat 1999-Aralık 1999 dönemi arasında toplam 16 adet yağmur örneği (bu dönem içinde düşen toplam yağışın % 70 ine denk düşmektedir) toplanmıştır. Heraklion istasyonuna ait yağış örneklerinin toplam reaktif fosfor (TRP) analiz sonuçlarının hacim ağırlıklı ortalaması $0.24 \mu\text{mol L}^{-1}$ iken Erdemli istasyonuna ait örneklerde bu değer $0.48 \mu\text{mol L}^{-1}$ dir. Aynı şekilde Heraklion'a ait yağışlarda hacim ağırlıklı nitrat (NO_3^-) ortalaması $17.9 \mu\text{mol L}^{-1}$ olup bu değer Erdemli'de $46.3 \mu\text{mol L}^{-1}$ dir. Bu ortalama değerler aynı döneme ait toplam yağış miktarları ile (50 cm yıl^{-1} Heraklion ve 35 cm yıl^{-1} Erdemli) çarpılıp yıllık yağ akı miktarları hesaplanmıştır. Erdemli için yıllık TRP yağ akı değeri $167.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ iken yıllık yağ nitrat akı değeri $16.2 \text{ mmol m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ dir. Heraklion için ise yıllık TRP yağ akı değeri $119.3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ iken yıllık yağ nitrat akı değeri $9.0 \text{ mmol m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ dir.

Doğu Akdeniz'e kuru çökeltme mekanizması ile ulaşan besin tuzları: Kuru çökeltme akılarının belirlenmesi için aerosollerde çözünmüş inorganik fosfat (DIP) ve toplam inorganik fosfat (TIP) olmak üzere iki farklı formda fosfat analizleri gerçekleştirilmiştir. Fosfat analizlerinin yanısıra aerosol örneklerinde suda çözülebilen nitrat (NO_3^-) ve amonyum (NH_4^+) analizleride yapılmıştır. İstasyonları etkileyen kaynak bölgelerinin ölçülen konsantrasyon değerleri üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için her aerosol örnekleme gününe ait hava kütlesi geri yörünge (air mass back trajectories) analizleri (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>) kontrol edilmiştir. Aerosollerde ölçülen besin

tuzu değerlerinin mevsimsel ve sektörel değerleri Tablo 12 de her iki istasyon için sunulmuştur. Girit deki (Finokolia) TIP ve DIP derişimleri yaz mevsiminde en yüksek değerlere ulaşip mevsimsel bir değişim gösterirken benzer değişim Erdemli'de görülmemiştir (bknz. Tablo12 a ve b). Her iki istasyon için elde edilen TIP ve DIP derişimleri literatürde yer alan diğer araştırmaların sonuçları ile uyumludur. Güneydoğu Akdeniz atmosferinde toplanan aerosoller için Herut ve diğ. (1999a) tarafından rapor edilen TIP derişimleri Avrupa sektöründen kaynaklanan aerosoller için 0.65 nmol m^{-3} iken Afrika/Arap Yarımadası sektöründen kaynaklanan aerosoller için 2.91 nmol m^{-3} dür. Bergametti ve diğ. (1992) nin batı Akdeniz'de elde ettikleri sonuçlarda Finokalia'da gözlenen mevsimsel değişim ile uyumludur.

Genel olarak DIP/TIP ortalaması 0.35 olup aerosollerdeki fosfatın DIP ve TIP formları her iki istasyonda da birbirleri ile lineer ilişki göstermektedir ($r^2=0.59$ Finokolia ve $r^2=0.52$ Erdemli). Ancak Sahra kaynaklı örneklerde DIP/TIP oranının $\sim 0.1-0.3$ değerlerine kadar düştüğü görülmüştür. Tablo 12'de verilen sektörel derişim değerlerine bakıldığında TIP derişiminin SW (Sahra çölünden kaynaklanan örnekleri temsil etmektedir) sektöründe NE ve/veya NW (Avrupa kıtasından kaynaklanan hava kütleleri) sektörüne kıyasla iki kat daha fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuç Herut ve diğ. (1999a) bulguları ile uyumlu olup Sahra tozundan etkilenen aerosol numunelerinde fosfat çözünürlüğünün çok düşük olduğunu göstermektedir. TIP değerleri her iki istasyonda toplanan numunelerde ölçümü yapılan deniz tuzundan kaynaklanmayan Ca^{+2} ile istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki göstermiştir (bknz. Şekil 41). Her iki istasyon verileride istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki göstermiş olmasına rağmen Finokolia için hesaplanan eğim (1.86×10^{-2}) Erdemli değerinden (1.4×10^{-2}) büyüktür. Bu ise Finokalia istasyonunun Sahra çölünden nisbeten daha az etkilendiğini göstermektedir. Benzer ilişki Herut ve diğ. (1999a) tarafından rapor edilmiş olup elde edilen eğim 1.3×10^{-2} dir. Aerosollerde ölçülen fosfatın topraktan kaynaklanan fraksiyonunun antropojenik emisyonlardan kaynaklanan fosfattan ayrılması için literatürde P/Al oranları kullanılmıştır (Bergametti ve diğ., 1992). Bu çalışmada TIP ın topraktan kaynaklanan miktarı Finokalia istasyonu için 25 %, Erdemli istasyonu için ise 34 % olarak hesaplanmıştır.

Aerosollerde ölçümü gerçekteştirilen NO_3^- ve NH_4^+ her iki istasyonda da yaz mevsiminde yüksek derişimler göstermektedir (bknz Tablo 12). Erdemli istasyonunda ise Finokolia'dan farklı olarak ilk bahar mevsiminde de yüksek değerler gözlemlenmiştir. Özsoy ve diğ. (2000) Erdemli'de gözlenen yüksek değerlerin lokal aktivitelerden (trafik, tarımda gübreleme faaliyetleri) kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir. Finokalia istasyonu verilerinde NO_3^- derişimlerinde sektörel bir farklılaşma görülmemezken Erdemli istasyonunda SW (Sahra çölü)

sektöründe gözlenen değerler N sektöründe (Avrupa ve Rusya) gözlenen değerlerden iki veya üç kat daha fazladır.

Tablo 1. Doğu Akdeniz aerosollerinde toplam inorganik fosfat (TIP), çözünmüş inorganik fosfat (DIP), nitrat (NO_3^-) ve amonyumun (NH_4^+) mevsimsel ve sektörel geometric ortalama değerleri. (a) Finokalia; (b) Erdemli.

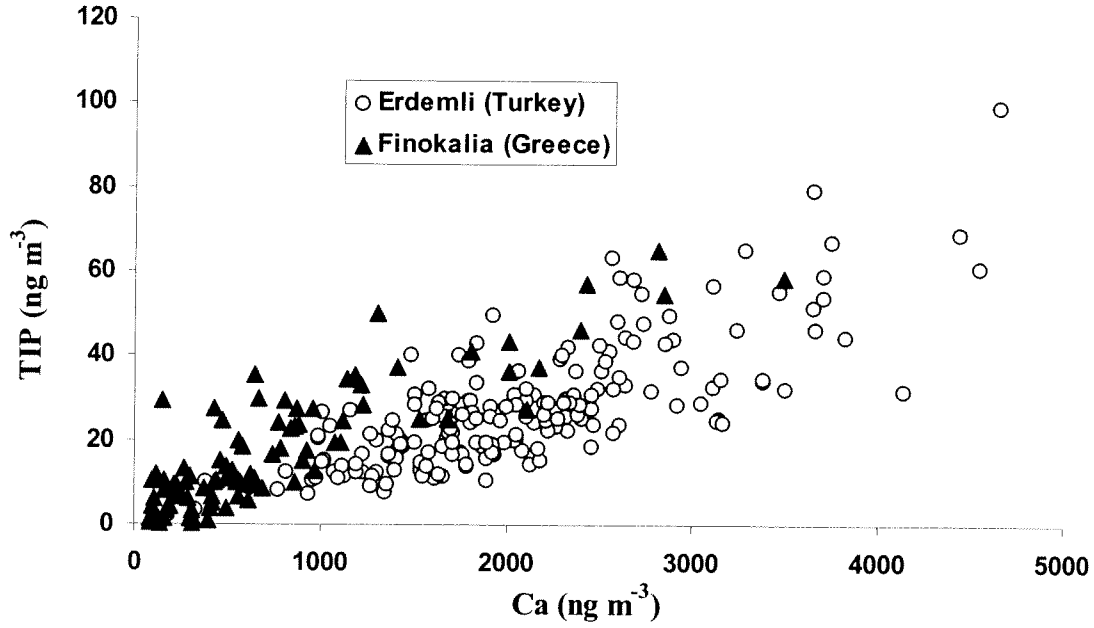
(a) FINOKALIA

Mevsim	TIP	DIP	DIP/TIP	NO_3^-	NH_4^+
	nmol m^{-3}	nmol m^{-3}		nmol m^{-3}	nmol m^{-3}
Kış	0.13	0.03	0.23	8.9	16.4
İlkbahar	0.57	0.23	0.40	12.4	21.4
Yaz	0.80	0.31	0.39	27.6	41.0
Sonbahar	0.50	0.18	0.36	15.0	17.2
Yıllık ortalama	0.43	0.13		16.0	24.0
Sektör					
N/NE	0.63	0.24	0.37	15.3	36.6
NW	0.70	0.29	0.42	17.6	33.2
W	0.60	0.24	0.40	20.5	18.4
SW	1.18	0.26	0.22	17.2	10.7

(b) ERDEMLİ

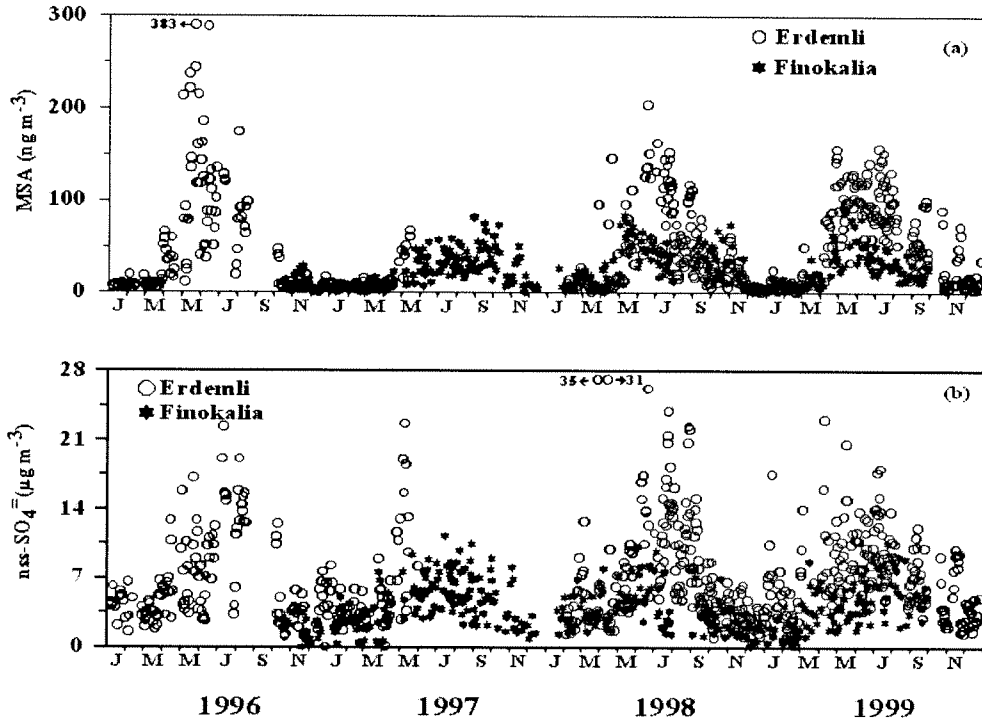
Mevsim	TIP	DIP	DIP/TIP	NO_3^-	NH_4^+
	nmol m^{-3}	nmol m^{-3}		nmol m^{-3}	nmol m^{-3}
Kış	0.62	0.15	0.24	30.7	75.0
İlkbahar	0.87	0.31	0.36	76.3	146.6
Yaz	0.76	0.32	0.43	72.7	142.9
Sonbahar	0.87	0.29	0.33	51.2	108.5
Yıllık ortalama	0.77	0.26		57.7	118.3
Sektör					
N/NE	0.84	0.34	0.40	64.7	133.4
NW	0.74	0.26	0.35	39.3	91.1
W	0.62	0.21	0.34	76.4	139.4
SW	1.66	0.38	0.23	106.2	129.9
SE	0.94	0.20	0.22	29.5	84.8

Aerosollerde ölçülen yıllık ortalama fosfat ve azot (nitrat ve amonyum azotu) derişimleri kuru çökme hızları ile çarpılarak yıllık kuru akı miktarları her iki istasyon için hesaplanmıştır. Erdemli için yıllık DIP kuru akı değeri $167.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ iken yıllık kuru azot (nitrat ve amonyum) akı değeri $43.88 \text{ mmol m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ dir. Heraklion için ise yıllık DIP kuru akı değeri $125 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ iken yıllık kuru azot (nitrat ve amonyum) akı değeri $11.60 \text{ mmol m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ dir.



Şekil 41. Finokalia ve Erdemli numunelerinde gözlenen TIP ve nss-Ca⁺² ilişkisi.

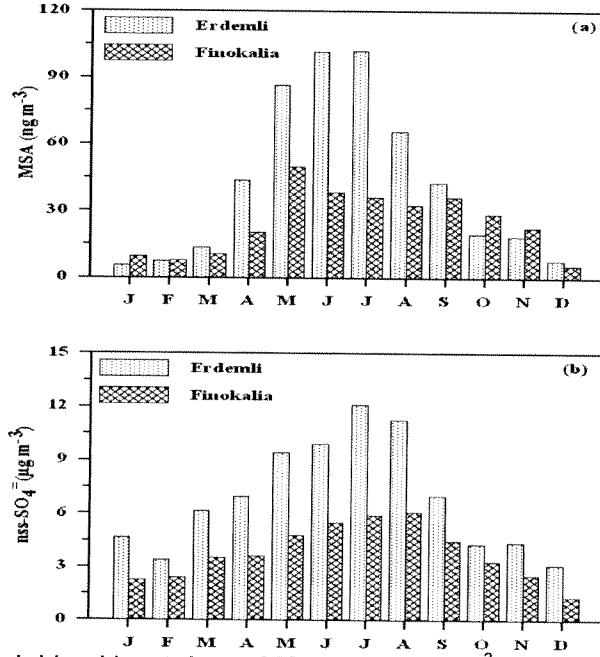
Doğu Akdeniz Atmosferi Aerosollerindeki Sülfatın Kaynakları: Denizlerdeki biyolojik aktivite kaynaklı gazlar (dimetilsülfid, DMS, gibi) atmosfere kaçtıklarında atmosferdeki sülfür döngüsü üzerinde etki yapma potansiyeline sahiptir. Denizsel biyolojik üretimin iz sürücüsü olan DMS gazı atmosferde fotokimyasal dönüşüm süreçleri sonucunda metan sülfonat (MSA⁻) ve sülfat (SO₄⁻³) aerosollerine dönüşürler. Denizsel bölgelerin atmosferindeki aerosollerde ölçülen sülfatın kaynakları antropojenik, deniz tuzu ve biyojenik aktivitelerdir. Aerosollerde sülfatın yanısıra deniz tuzunun iz sürücü elementi olan sodyum (Na⁺) ile biyojenik aktivitenin iz sürücüsü olan MSA⁻ ölçümleri gerçekleştirilerek toplam sülfata kaynakların göreceli katkısını belirlemek mümkündür. Bu çalışma kapsamında Erdemli ve Finokalia istasyonlarında 1996-1999 periyodunda eş zamanlı toplanan aerosollerin analizleri sonucunda doğu Akdeniz aerosollerindeki sülfata biyojenik aktivitenin katkısı belirlenmiştir. Şekil 42'de her iki istasyonda gözlenen denizden kaynaklanmayan sülfat (nss-SO₄⁻³) ve MSA⁻ nın zaman serisi değişimi sunulmuştur.



Şekil 42. Aerosollerdeki günlük MSA ve $nss-SO_4^{-3}$ ölçümlerinin zamansal değişimi.

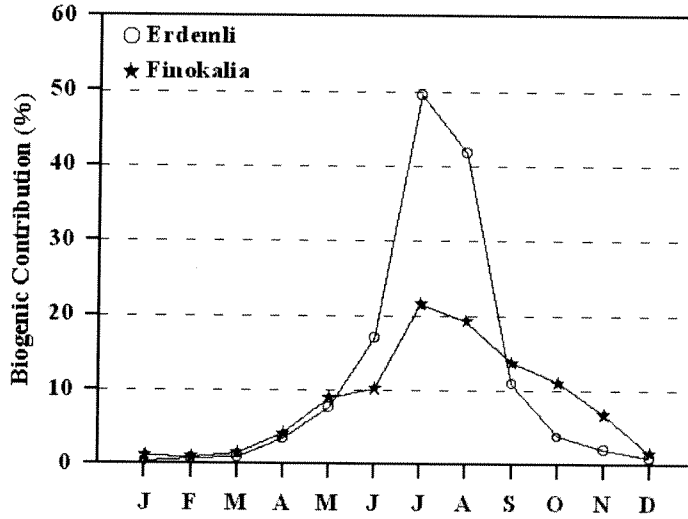
Şekil 42'den görüleceği üzere her iki parametrede (MSA , $nss-SO_4^{-3}$) yaz aylarında maksimum değerlere ulaşip kış aylarında ise minimum seviyelere düşmektedir. Ancak bu zamansal değişim her iki istasyon için geçerli iken derişim değerleri Erdemli'de daha yüksektir. Erdemli'de ölçülen ortalama MSA değeri $44.6 \pm 48.5 \text{ ng m}^{-3}$ iken Finokalia'da $26.5 \pm 20.1 \text{ ng m}^{-3}$ 'dür. Aynı döneme tekabül eden ortalama $nss-SO_4^{-3}$ derişimleri Erdemli'de $6.97 \pm 5.08 \text{ µg m}^{-3}$ iken Finokalia'da $4.08 \pm 2.40 \text{ µg m}^{-3}$ 'tür. Görüleceği üzere derişimlerin standart sapmaları ortalama derişim değerlerine oldukça yakındır. Bu durum günlük ve/veya haftalık zaman ölçeğinde yüksek değerlerin gözlemlendiğine işaret etmektedir. MSA derişimlerinde yüksek değerler dört senelik gözlem dönemi boyunca Mayıs ayının ikinci yarısında başlayıp Haziran ve Temmuz aylarında yüksek seviyelerde devam edip daha sonra düşmektedir (bknz. Şekil 42a).

Şekil 42'de sunulan günlük derişim değerlerinden hesaplanan aylık ortalama MSA , $nss-SO_4^{-3}$ değişimi Şekil 43'de sunulmuştur. Aylık ortalama MSA derişimlerinden görüleceği üzere Erdemli istasyonunda ölçülen değerler Finokalia'dan daha yüksek olup Haziran ve Temmuz aylarında maksimuma ulaşmaktadır.



Şekil 43. Aerosollerdeki aylık ortalama MSA ve nss-SO₄⁻³ derişimlerinin değişimi.

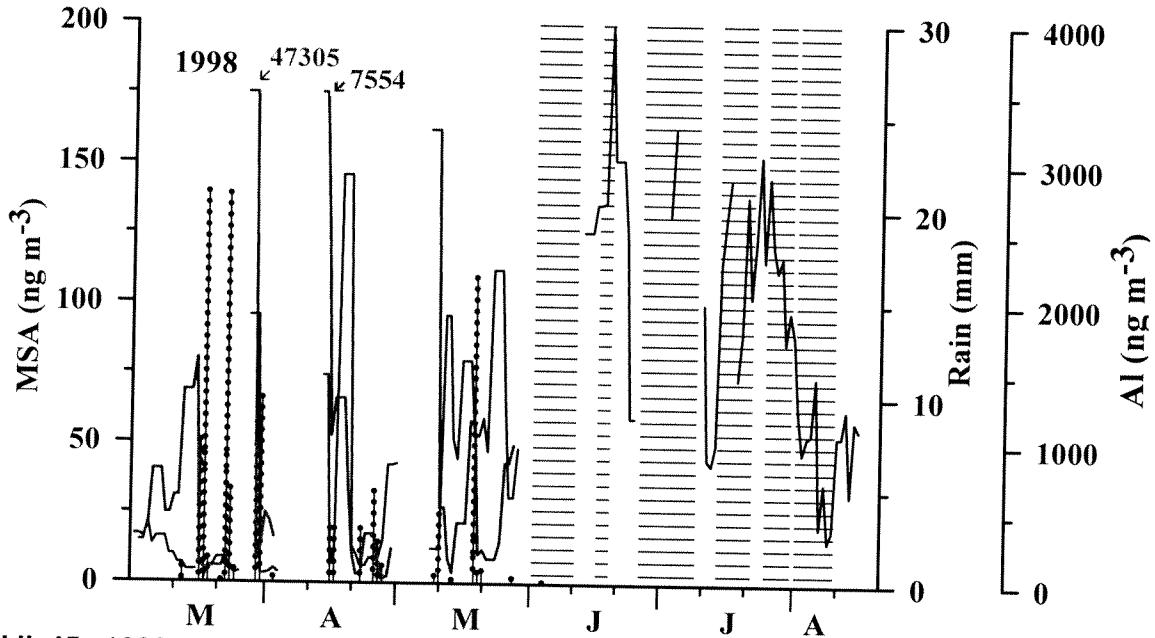
Aerosollerde ölçülen toplam sülfata biyojenik katkı miktarı Bates ve diğ. (1992) tarafından literature sunulan amprik formül yardımı ile hesaplanıp Şekil 44'de sunulmuştur. Erdemli'de ölçülen toplam sülfata denizsel biyojenik katkı yıl bazında % 25 iken bu katkı Temmuz ayında % 50 civarına çıkmaktadır. Temmuz ayında Finokalia istasyonunda ölçülen toplam sülfata biyojenik katkı ise % 20 civarındadır.



Şekil 44. Aylık ortalama toplam sülfat derişimlerine biyojenik katkının zamansal değişimi.

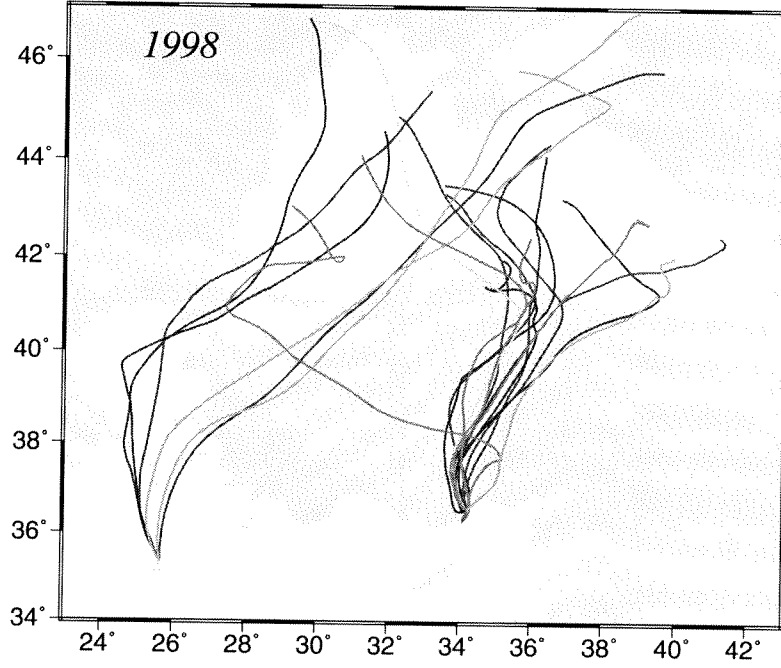
Şekil 45'de 1998 yılında Erdemli'de toplanan aerosol örneklerinde gerçekleştirilen metan sülfonat (MSA), alimünyum (Al) derişimlerinin bahar ve yaz aylarındaki değişimi ile birlikte Erdemli'ye düşen günlük yağış miktarı sunulmuştur. Yaz aylarında Erdemli istasyonunda gözlenen yüksek MSA derişimlerinin kaynaklarını belirlemek amacı ile 1998 yılı Mayıs-

Ağustos dönemine ait hava kütlelerinin geri yörüngeleri detaylı olarak incelenmiştir. Şekil 46' da verilen örneklerde görüleceği üzere Temmuz ve Haziran 1998 döneminde her iki istasyon (Erdemli ve Finokalia) sıklıkla Karadeniz üzerinden gelen hava akımlarının etkisi altında kalmaktadır. Şekil 45'de Erdemli istasyonunun Karadeniz kaynaklı hava kütlelerinin etkisinde olduğu dönemler kesik çizgili barlar ile belirtilmiştir.



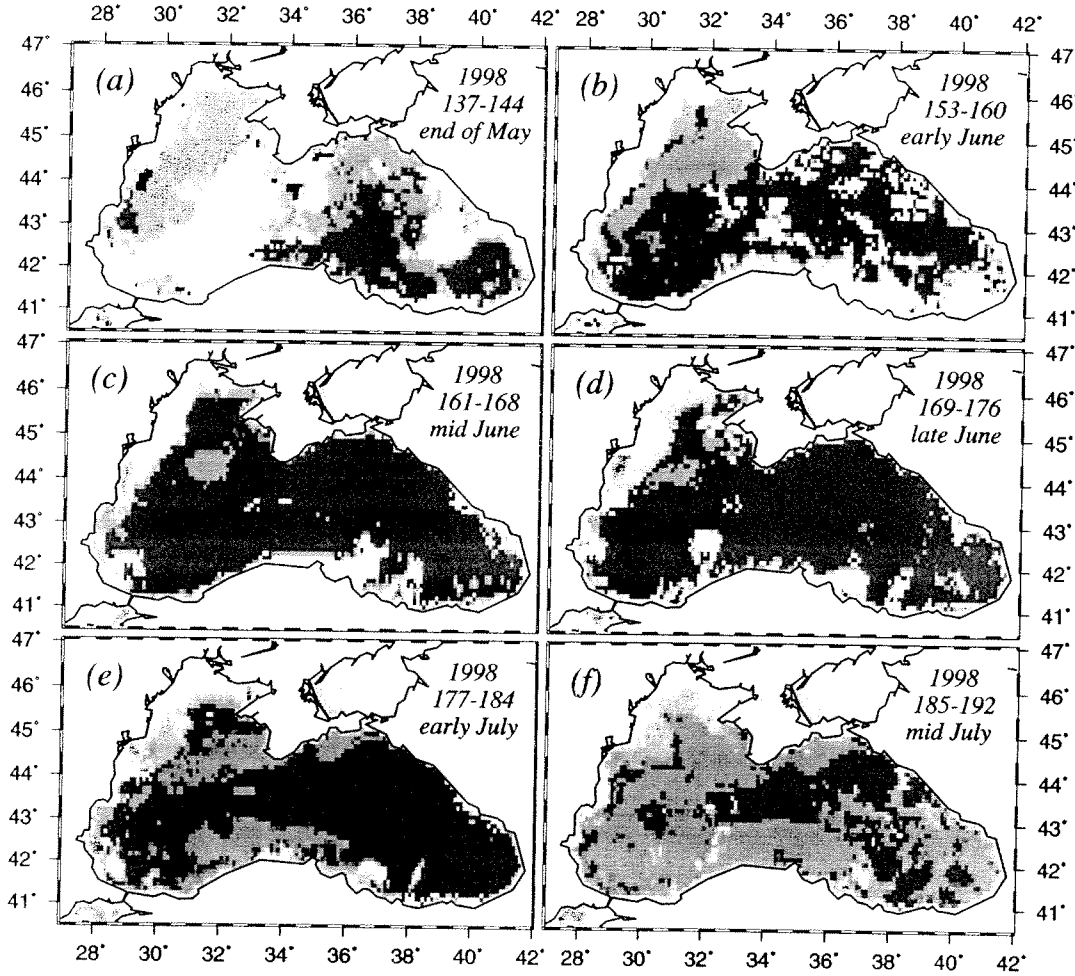
Şekil 45. 1998 yılında Erdemli aerosollerinde ölçülen MSA (siyah çizgiler) ve Al (kırmızı çizgiler) derişimlerinin bahar ve yaz aylarındaki dağılımı. Günlük yağış miktarı noktali barlar ile gösterilmiştir. Erdemli istasyonunun Karadeniz üzerinden kaynaklanan hava kütlelerinden etkilendiği dönemler kesikli çizgi ile gösterilen barlar ile tanımlanmıştır.

Yaz aylarındaki yüksek MSA derişimleri Karadeniz üzerinden taşınan hava kütleleri ve bu denizin tüm yüzeyini kaplayan kokolit türü fitoplankton patlamaları ile ilişkilendirilmiştir. Karadeniz'de yaz aylarında rutin olarak kokolit patlamaları olduğu SeaWIFS verileri kullanılarak uzaktan algılama metodu ile kanıtlanmıştır (Çokacar ve diğ., 2001). 1998 yılına ait Mayıs-Temmuz ayları arasındaki kokolit patlamaları Çokacar ve diğ. (2001)'nin kullandıkları algoritma ile proses edilmiş olan SeaWIFS verileri ile gösterilmiştir (bkz Şekil 47). Uzaktan algılama verileri ile bu dönemde tüm Karadeniz baseninin kokolit türü fitoplankton patlamalarına maruz olduğu kanıtlanmıştır. Bu tür organizmalar yoğun olarak DMS üretmeleri nedeni ile Karadeniz üzerindeki atmosferde DMS ve MSA derişimlerinin yüksek olması beklenir. Sonuç olarak, yaz aylarında Erdemli ve Finokalia istasyonlarında gözlenen yüksek MSA derişimlerinin bu dönemde Karadeniz'de basen ölçeğinde patlama yapan kokolitlerin ürettiği DMS'in Karadeniz üzerinden kaynaklanarak Erdemli istasyonuna ulaşan hava kütleleri ile taşındığı şeklinde yorumlanmıştır.



Şekil 46. 1998 yılı Haziran ve Temmuz aylarında Erdemli ve Finokalia istasyonlarını etkileyen Karadeniz kaynaklı hava kütlelerinin 3 günlük geri yörüngeleri.

Bahar aylarında MSA ve AI değişimlerinde ani yükselmeler gözlenmiştir. Erdemli istasyonunda bahar aylarında toplanan aerosol ve yağış numunelerinde gözlenen AI değişimlerindeki ani artışların istasyon bölgesine ulaşan hava kütlelerinin geri yörüngeleri ile bütünleşik olarak değerlendirilmesi sonucunda bölge atmosferine episodik olarak taşınan çöl tozlarından kaynaklandığı kanıtlanmıştır (Kubilay ve diğ., 2000; Özsoy ve Saydam, 2000; 2001). Şekil 45'de bahar aylarında gözlenen MSA değişimindeki ani yükselmeler, yağmurlar ile yıkanarak deniz yüzeyine çökelen çöl tozlarının deniz ortamındaki biyolojik aktiviteyi arttırmasına bağlanmıştır.



Şekil 47. Mayıs-Temmuz 1998 dönemine ait SeaWIFS sensörünün 8 günlük komposit verilerinden türetilen Karadeniz'in yüzey sularındaki kokolit dağılımı. (a) Mayıs sonu; (b) Haziran başı; (c) Haziran ortası; (d) Haziran sonu; (e) Temmuz başı; (f) Temmuz ortası. Haritalar üzerinde siyah renk ile boyanan bölgeler kokolit patlamalarının olduğu alanları, gri renkli bölgeler kokolit patlamalarının olmadığı alanları ve beyaz renkli bölgeler ise bulut ile kaplı alanları tanımlamaktadır.

Tartışma

Atmosfer yolu ile deniz yüzeyine ulaşan besin tuzlarının denizin ışıklı tabakasındaki biyolojik açıdan kullanılabilir formda olan toplam besin tuzları bütçesine önemli katkı sağlama (özellikle dikey karışımın tabakalaşma sonucunda kısıtlandığı dönemlerde) potensiyeline sahip olduğu belirtilmiştir (Prospero ve diğ., 1996; Pearl, 1997). Araştırma sonuçları göstermiştir ki Akdeniz'de özellikle oligotropik dönemlerde (dikey karışımın kısıtlandığı yaz aylarında) yağışlarla deniz yüzeyine çöken besin tuzları ve/veya Sahra tozu fitoplankton büyümesine katkı sağlamaktadır (Martin ve diğ., 1999; Ridame and Guieu, 2002). Su kolonunun tabakalaşması sonucunda dip sulardan ışıklı tabakaya besin tuzu taşınımının kısıtlandığı yaz ve sonbahar aylarında atmosfer yolu ile deniz yüzeyine çöken besin tuzları

üretim için yegane kaynak haline gelmektedir. Girit denizi çevresinde iki dönem (1995 ve 1997-1998) gerçekleştirilen araştırma sonucunda yaz-sonbahar döneminde yeni üretim miktarı 0.15 ile 0.23 mmol C m⁻² gün⁻¹ mertebesinde rapor edilmiştir (Kouvarakis ve diğ., 2001). Burada sunulan araştırma kapsamında Girit'deki istasyon için hesaplanan fosfat akısı kullanılarak yaz-sonbahar dönemi için verilen yeni üretim miktarının % 20 ile % 38 lik (Erdemli istasyonu için hesaplanan fosfat akısı kullanıldığına % 22-% 40 oranları elde edilmiştir) kısmının atmosfer ile doğu Akdeniz'e ulaşan besin tuzlarından kaynaklandığı bulunmuştur. Sonuç olarak atmosfer yolu ile doğu Akdeniz'e ulaşan fosfat miktarının özellikle stratifikasyon dönemlerinde önemli bir kaynak olduğunu söylemek mümkündür. Benzer sonuç daha önce Bergametti ve diğ. (1992) tarafından batı Akdeniz için gösterilmiştir.

Burada sonuçları sunulan araştırma çalışması çerçevesinde geçmiş dönemde uzun dönemli toplanan zaman serisi aerosol örneklerinde sülfat ve MSA analizleri gerçekleştirilerek doğu Akdeniz atmosferindeki yüksek sülfat miktarının kaynakları araştırılmıştır. Yaz aylarında her iki istasyonda da gözlenen yüksek sülfat değerleri Karadeniz'deki kokolit patlamaları ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca Erdemli istasyonunun Girit'deki istasyona nisbeten daha uzun dönem Karadeniz kaynaklı hava kütlelerinin etkisinde kalmasından dolayı sülfat ve MSA derişimlerinin Girit'deki istasyondan daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca ilkbahar aylarında kısa dönemli gözlenen sülfat ve MSA derişimlerine ait piklerin ise Akdeniz'e ulaşan Sahra çölü tozlarının deniz yüzeyindeki biyolojik aktiviteyi arttırmış olmasından kaynaklanmış olabileceği sonucuna varılmıştır.

3. Sonuç

Yürütülen bu proje ile Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz'de biyojeokimyasal ve fiziksel dönüşüm olaylarının açıklanmasına ve sistematik bulgu-birikimi sağlanmasına yönelik olarak saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle denizlerimizin ışık alan üst tabakasında süregelen canlı yaşamın alt beslenme basamağını oluşturan planktonik canlıların çoğalması ve dağılımını etkileyen çevresel faktörlerin anlaşılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar ile termal tabakalaşma dönemindeki deniz ekosisteminin özelliklerinin incelenmesi ve ekosistemdeki uzun süreli derişimleri tanımlamak için güvenilir bulguların elde edilmiştir.

Kaynaklar:

1. Abolmasova, G.I., Shulman, G.E., Shchepkina, A.M. Dzhiganshin G.F. Dry matter content in the liver of orange back squid from eastern part of the Atlantic Ocean. *Oceanology*, v. 30, N3: 494-496, 1990 (Rusca).
2. Al-Momani, I. F., Tuncel, S., Eler, Ü., Örtel, E., Sirin, G. and Tuncel G., 1995. Major ion composition of wet and dry deposition in the eastern Mediterranean basin. *The Science of the Total Environment*, 164, 75-85.
3. Al-Momani, I. F., Aygun, S. and Tuncel, G., 1998. Wet deposition of major ions and trace elements in the eastern Mediterranean basin. *Journal of Geophysical Research*, 103, 8287-8299.
4. Avsar, D. 1993. The biology and population dynamical parameters of the sprat (*Sprattus sprattus phalericus* Risso) on the southern coast of the Black Sea. Ph.D. Thesis. In METU. IMS. Turkey. 239p
5. Balode, M., I. Purina, C. Bechemin and S. Y. Meastrini, 1998. Effects of nutrient enrichment on the growth rates and community structure of summer phytoplankton from the Gulf of Riga, Baltic Sea, *Journal of Plankton Research*, 20(12): 2251-2272.
6. Baştürk, Ö., Tuğrul, S., Yılmaz, A. ve Saydam, C., 1990. Health of the Turkish Straits: Chemical and Environmental Aspects of the Sea of Marmara. METU-Institute of Marine Sciences, Teknik rapor No. 90/4, Erdemli-İçel, 69 sayfa.
7. Baştürk, Ö., S. Tuğrul, S. Konovalov and I. Salihoğlu, 1997. Variations in the vertical structure of water chemistry within the three hydrodynamically different regions of the Black Sea. In E. Özsoy and A. Mikaelyan (eds.), *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea*, NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers, 27: 183-196.
8. Baştürk, Ö., C. Saydam, I. Salihoğlu, L. V. Eremeev, S.K. Konovalov, A. Stoyanov, A. Dimitrov, A. Cociasu, L. Dorogan and M. Altabet, 1994. Vertical variations in the principal chemical properties of the Black Sea in the autumn of 1991. *Mar. Chem.*, 45: 149-165.
9. Bates, T. S., Calhoun, J. A. and Quinn, P. K., 1992. Variations in the methane-sulfonate to sulfate molar ratio in submicrometer marine aerosol particles over the south Pacific ocean. *Journal of Geophysical Research*, 97, 9859-9865.
10. Bergametti, G., Remoudaki, E., Losno, R., Steiner, E., Chatenet, B. and Buat-Menard, P., 1992. Source, transport and deposition of atmospheric phosphorus over the Northwestern Mediterranean. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 14, 501-513.
11. Beşiktepe, Ş., Özsoy, E ve Ünlüata, Ü., 1993. Filling of the Sea of Marmara by the Dardanelles Lower Layer Inflow, *Deep-Sea Res.*, 40:1815-1838.
12. Beşiktepe, Ş, Sur, H.İ., Özsoy, E., Latif, M.A., Oğuz T. ve Ünlüata, Ü., 1994. The circulation and hydrography of the Marmara Sea, *Prog. Oceanogr.*, 34:285-334.
13. Besiktepe S (2001) Diel vertical distribution, and herbivory of copepods in the southwestern part of the Black Sea. *J Mar Syst* 28:281-301
14. Besiktepe S, Diel vertical distribution, and herbivory of copepods in the south-western part of the Black Sea. *Journal of Marine System*, 28, 281-301, 2001.

15. Besiktepe S, Unsal M, Population structure, vertical distribution and diel migration of *Sagitta setosa* (Chaetognatha) in the south-western part of the Black Sea, *Journal of Plankton Research*, 22, 669–683, 2000.
16. Besiktepe, S., Dam, H.G., 2002. Coupling of ingestion and defecation as a function of diet in the calanoid copepod *Acartia tonsa*. *Marine Ecology Progress Series*, 229: 151-164.
17. Bologa, A. S., P. T. Frangopol, V. I. Vedernikov, L. V. Stelmakh, O. A. Yunev, A. Yılmaz, T. Oguz, 1999. Distribution of planktonic primary production in the Black Sea. In: *Environmental Degradation of the Black Sea: Challenges and Remedies*, Ş. T. Beşiktepe, Ü. Ünlata and A. S. Bologa (eds.), NATO-ASI Series, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1999, pp. 131-145.
18. Charlson, R. J., Langner, J., Rodhe, H., Leovy, C. B. and Warren, S. G., 1991. Perturbation of the northern hemisphere radiative balance by backscattering from anthropogenic sulfate aerosols. *Tellus*, 43AB, 152-163.
19. Cline, J.D., 1969. Spectrophotometric determination of hydrogen sulphide in natural waters, *Limnol. and Oceanogr.*, 14:454-458.
20. Cociasu, A., L. Dorogan, C. Humborg and L. Popa, 1996. Long-term ecological changes in Romanian Coastal Waters of the Black Sea. *Mar. Poll. Bull.*, 32:32-38.
21. Cociasu, A., Diaconu, V., Teren, L., Nae, I., Popa, L., Dorogan L. ve Malciu, V., 1997. Nutrient stocks on the Western shelf of the Black Sea in the last three decades. In E. Özsoy and A. Mikaelyan (eds), *Sensitivity to change: Black Sea, Baltic and North Sea*, NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers.
22. Cociasu, A., and L. Popa, 2002. Significant changes in Danube nutrient loads and their impact on the Romanian Black Sea shelf, Poster presented at Second International Conference on the Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins, 14-18 October 2002, Ankara, Turkey, In: *Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea*. Yılmaz, A., Salihoğlu, İ., and Mutlu, E. (eds.), METU-IMS Publication, Abstract Book, 402-403.
23. Codispoti, L.A., G.E. Friederich, J.W. Murray and C.M. Sakamoto, 1991. Chemical variability in the Black Sea: Implications of continuous vertical profiles that penetrated the oxic/anoxic interface. *Deep-Sea Res.*, 38: 691-710.
24. Çoban-Yıldız Y., J. J. McCarthy, J. L. Nevins, A. Yılmaz, 2003. Nitrogen cycling in the off-shore waters of the Southern Black Sea. Presented at Second International Conference on the Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins, 14-18 October 2002, Ankara, Turkey, In: *Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea*. Yılmaz, A. (eds.), TÜBİTAK Publisher, Ankara, Turkey, 624-627.
25. Çoban-Yıldız Y., M. Altabet, A. Yılmaz and S. Tuğrul, 2005a. Carbon and nitrogen isotopic ratios of suspended particulate organic matter (SPOM) in the Black Sea water column, *Deep-Sea Res. II*, Special Issue (baskıda).
26. Çoban-Yıldız Y., D. Fabbri, V. Baravelli, I. Vassura, A. Yılmaz, S. Tuğrul and E. Eker-Develi, 2005b. Molecular characterization of phytoplankton and Black Sea suspended particulate organic matter (SPOM) by analytical pyrolysis, *Deep-Sea Res. II*, Special Issue (baskıda).
27. Çokacar, T., Kubilay, N., and Oguz, T., 2001. Structure of *E. huxleyi* blooms in the Black Sea surface waters as detected by SeaWiFS imagery.
28. *Geophysical Research Letters*, 28, 4607-4610.

29. Dickson, A.G., 1981. An exact definition of total alkalinity and a procedure for the estimation of alkalinity and total CO₂ from titration data. *Deep-Sea Research Part A - Oceanographic Research Papers*, 28: 609-623.
30. Duce, R.A., Liss, P.S., Merrill, J.T., Atlas, E.L., Buat-Menart, P., Hicks, B.B., Miller, J.M., Prospero, J.M., Arimoto, R., Church, T.M., Ellis, W., Galloway, J.N., Hansen, L., Jickells, T.D., Knap, A.H., Reinhardt, K.H., Schneider, B., Soudine, A., Tokos, J.J., Tsunogai, S., Wollast, R. and Zhou, M., 1991. The atmospheric input of trace species to the world ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 5: 193-259.
31. Ediger, D. and Yılmaz, A. (2003) The primary production and optical status of the NE Mediterranean and Black Sea, presented presented second International Conference on Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea, Similarities and Differences of two Interconnected Basins, Ankara, 14-18 October 2002. In, Conference proceeding, edited by A. Yılmaz pp: 479-486.
32. Eker, E. ve A.E. Kideyş., 1999. Phytoplankton composition (>55µm) of the METU-IMS Harbour (Mediterranean Coast of Turkey) from July 1995 to June 1997 with an assessment of the contribution of small (<55µm) phytoplankters. *DOĞA Türk Botanik Dergisi*, sunuldu.
33. Enright JT & HW Honegger, Diurnal vertical migration: adaptive significance and timing, 2. Test of the model: details of timing, *Limnology and Oceanography*, 22, 873-886, 1977.
34. Fischer, W., M. Schneider, M.-L. Bauchot, 1987: *Mediterranee et Mer Noire*. FAO, Rome, 1(1): 760 p.
35. Folch, J., Lees, M., Stanley, G. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, v. 226: 497-509, 1957
36. Ganor, E., Foner, H.A., Bingemer, H.G., Uditsi, R. and Setter, I., 2000. Biogenic sulphate generation in the Mediterranean Sea and its contribution to the sulphate anomaly in the aerosol over Israel and the Eastern Mediterranean. *Atmospheric Environment*, 34, 3453-3462.
37. Golley, F. B., 1972. Energy flux in ecosystems. In *Ecosystem structure and function* (ed. J.A. Wiens) s. 69-88. Oregon State University Press, Corvallis, USA.
38. Grasshoff, K., 1975. The hydrochemistry of landlocked basins and fjyords. In: *Chemical Oceanography*. J.P.RILEY ve SKIRROW (eds.), Academic Press, New York, sayfa:456-597.
39. Grégoire M.and J. Friedrich, 2004. Nitrogen budget of the northwestern Black Sea shelf inferred from modeling studies and in situ benthic measurements, *Marine Ecology Progress Series*, 270: 15-39.
40. Guerzoni, S., R. Chester, F. Dulac, B. Herut, M. D. Loye-Pilot, C. Measures, C. Migon, E. Molinaroli, C. Moulin, P. Rossini, C. Saydam, A. Soudine and P. Ziveri, 1999. The role of atmospheric deposition in the biogeochemistry of the Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 44, 147-190.
41. Güllü, G. H., Ölmez, İ., Aygun, S. and Tuncel, G. (1998). Atmospheric concentrations of trace elements over the eastern Mediterranean Sea: factors affecting temporal variability. *Journal of Geophysical Research*, 103, D17, 21943-21954.
42. Hama, T., T. Miyazaki, Y. Ogawa, T. Iwakuma, M. Takahashi, A. Otsuki and S. Ichimura, 1983. Measurement of photosynthetic production of a marine phytoplankton using a stable ¹³C isotope, *Mar. Biol.*, 73: 31-36.

43. Hay, B.J., S. Honjo, S. Kempe, V.A. Ittekkot, E.T. Degens, T. Konuk and E. Izdar, 1990. Interannual variability in particle flux in the southwestern Black Sea. *Deep-Sea Res.*, 37: 911- 928.
44. Herut, B., Kromm, D., Pan, G. and Mortimer, R., 1999a. Atmospheric input of nitrogen and phosphorus to the southeast Mediterranean : sources, fluxes and possible impact, *Limnology and Oceanography*, 44 (7), 1683-1692.
45. Herut, B., Zohary, T., Robarts, D. and Kress, N., 1999b. Adsorption of dissolved phosphate onto loess particles in surface and deep Eastern Mediterranean water. *Marine Chemistry*, 64, 253-265.
46. Hirst, A.G. and Lampitt, R.S. (1998) Towards a global model of in situ weight-specific growth in marine planktonic copepods. *Mar. Biol.*, 132, 247--257.
47. Huntley, M. and Lopez, M.D.G. (1992) Temperature-dependent production of marine copepods: A global synthesis. *Am. Nat.*, 140, 201--242.
48. Humborg, C., V. Ittekkot, A. Cociasu and B. v. Bodungen, 1997. Effect of Danube River dam on Black Sea biogeochemistry and ecosystem structure, *Nature*, 386: 385-388.
49. IOC (1994) Protocols for the Joint Global Ocean Flux Core Measurements. Manual and Guides 29, 170 pp.
50. Jickells, T., 1995. Atmospheric inputs of metals and nutrients to the oceans: their magnitude and effects. *Marine Chemistry*, 48, 199-214.
51. Jickells, T. D., 1999. The inputs of dust derived elements to the Sargosso Sea; a synthesis. *Marine Chemistry*, 68, 5-14.
52. Joint, I. R. and A. J. Pomroy, 1986. Photosynthetic characteristics of nanoplankton and picoplankton from the surface mixed layer, *Mar. Biol.*, 92: 465-474.
53. Jørgensen, B. B., H. Fossing, C. O. Wirsen and H. W. Jannasch, 1991. Sulfide oxidation in the anoxic Black Sea chemocline, *Deep-Sea Res.*, 38 (Suppl.): S1083-S1103.
54. Karl, D.M., and G.A. Knauer, 1991. Microbial production and particle flux in the upper 350 m of the Black Sea. *Deep-Sea Res.*, 38 (Suppl.): S921-942.
55. Kates, M., 1975: Kates, M. *Techniques of Lipidology*. Moscow: «Mir» Publishing Co., 1975. 322 p.
56. Kideyş, A. E., 1987. Time series of chlorinated hydrocarbon residues in sea water and plankton. MS. Thesis. IMS-METU, Erdemli, 120 p.
57. Kimor, B. ve E. J. F. Wood., 1975. A plankton study in the Eastern Mediterranean Sea. *Marine Biology*. 29, 321-333.
58. Konovalov, S.K., L.I. Ivanov, J. W. Murray, and L.V. Eremeeva (1999) Eutrophication: A plausible cause for changes in hydrochemical structure of the Black Sea anoxic layer. In: *Environmental degradation of the Black Sea: Challenges and Remedies*, Beşiktepe, Ş.T., Ü. Ünlüata and A.S. Bologna (eds), NATO ASI Series 2/56, Kluwer Academic Publishers, 61-74.
59. Konovalov, S. K., G. W. Luther, G. E. Friedrich, D. B. Nuzzio, B. M. Tebo, J. W. Murray, T. Oğuz, B. Glazer, R. E. Trouwborst, B. Clement, K. J. Murray, A. S. Romanov, 2003. Lateral injection of oxygen with the Bosphorus plume-fingers of oxidizing potential in the Black Sea, *Limnol. and Oceanogr.*, 48(6):2369-2376.

60. Kiørboe, T. and Sabatini, M. (1994) Reproductive and life cycle strategies in egg-carrying cyclopoid and free-spawning calanoid copepods. *J. Plankton Res.*, 16, 1353--1366.
61. Kouvarakis, G., Mihalopoulos, N., Tselepides, T., and Stavrakakis, S., 2001. On the importance of atmospheric inputs of inorganic nitrogen species on the productivity of the eastern Mediterranean Sea. *Global Biogeochemical Cycles*, 15, 805-818.
62. Krom, M. D., Kress, N. and Brenner, S., 1991. Phosphorus limitation of primary productivity in the Eastern Mediterranean. *Limnology and Oceanography*, 36, 424-432.
63. Köksalan, İ., 2000. Weekly changes in marine *Synechococcus* spp. abundance in the northern Levantine basin shelf waters. Master Tezi, IMS-METU, İçel (henüz sunum aşamasında).
64. Kubilay, N. and Saydam, A. C. (1995). Trace elements in atmospheric particulates over the eastern Mediterranean; concentrations, sources and temporal variability. *Atmospheric Environment*, 29, 2289-2300.
65. Konovalov, S.K., L.I. Ivanov, J. W. Murray, and L.V. Eremeeva (1999) Eutrophication: A plausible cause for changes in hydrochemical structure of the Black Sea anoxic layer. In: *Environmental degradation of the Black Sea: Challenges and Remedies*, Beşiktepe, Ş.T., Ü. Ünlüata and A.S. Bologna (eds), NATO ASI Series 2/56, Kluwer Academic Publishers, 61-74.
66. Konovalov, S. K., G. W. Luther, G. E. Friedrich, D. B. Nuzzio, B. M. Tebo, J. W. Murray, T. Oğuz, B. Glazer, R. E. Trouwborst, B. Clement, K. J. Murray, A. S. Romanov, 2003. Lateral injection of oxygen with the Bosphorus plume-fingers of oxidizing potential in the Black Sea, *Limnol. and Oceanogr.*, 48(6):2369-2376.
67. Latif, M. A., E. Özsoy, T. Oğuz, Ü. Ünlüata, 1991. Observations of the Mediterranean inflow into the Black Sea. *Deep Sea Res.*, 38(Suppl.2): S711-S723.
68. Lewis, B. L. and W. M. Landing, 1991. The biogeochemistry of manganese and iron in the Black Sea. *Deep-Sea Res.*, 38 (Suppl.): S773-S803.
69. Li, W. K. W., T. Zohary, Y. Z. Yacobi, ve A. M. Wood., 1993. Ultraphytoplankton in the Mediterranean Sea: towards deriving phytoplankton biomass from flow cytometric measurements of abundance, fluorescence and light scatter. *Marine Ecology Progress Series*.Vol.102: 79-87.
70. Loye-Pilot, M. D., J. M. Martin and J. Morelli, 1990. Atmospheric input of inorganic nitrogen to the western Mediterranean. *Biogeochemistry*, 9, 117-134.
71. Luria, M., B. Lifschitz and M. Peleg, 1989. Particulate sulfate levels at a rural site in Israel. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 8, 241-250.
72. Luria, M., M. Peleg, G. Sharf, D. S. Tov-Alper, N. Spitz, Y. Ben Ami, Z. Gawii, B. Lifschitz, A. Yitzchaki and I. Seter, 1996. Atmospheric sulfur over the east Mediterranean region. *Journal of Geophysical Research*, 101, 25917-25930.
73. Martin, J.M., Elbaz-Poulichet, F., Guieu, C., Loye-Pilot M-D. and G., Han, 1989. River versus atmospheric input of material to the Mediterranean Sea: An overview, *Marine Chemistry*, 28: 159-182.
74. Marshall SM & AP Orr, *The biology of Calanus finmarchicus (Gunnerus)*. – Oliver & Boyd, Edinburg, 188, 1955.
75. Mee, L.D., 1992. The Black Sea in crisis: The need for concerted international action, *Ambio*, 21: 278-286.

76. Migon, C. and Sandroni, V., 1999. Phosphorus in rainwater: Partitioning inputs and impact on the surface coastal ocean. *Limnology and Oceanography*, 44: 1160-1165.
77. Mihalopoulos, N., Stephanou, E., Kanakidou, M., Pilitsidis, S. and Bousquet, P., 1997. Tropospheric aerosol ionic composition in the E. Mediterranean region. *Tellus*, 49B, 1-13.
78. Millero, F.J., Zhang, J.Z., Lee, K., Campbell, D.M., 1993. Titration Alkalinity of Seawater. *Marine Chemistry*, 44: 153-165.
79. Morgan J.A., H.L. Quinby and H.W. Ducklow, 2005. Bacterial Abundance and Production in the Western Black Sea, *Deep-Sea Res. II*, Special Issue (this volume).
80. Murray, J.M., L.A. Codispoti and G.E. Freiderich, 1995. Oxidation-reduction Environments: The suboxic zone in the Black Sea. In C.P.Huang, C.R.O'Melia and J.J.Morgan (eds), *Aquatic Chemistry, ACS Advances in Chemistry Series*, 244:157-176.
81. Mutlu E, 2004a: Acoustical (Echosounder and ADCP) observation of *Calanus euxinus* and *Sagitta setosa* in the Black Sea. In *Hydroacoustic, Annual Journal*, 37: pp 264. XXIst Symposium on Hydroacoustics, May 25-28, 2004Gdansk, Jurata, Poland, 37: 163-172.
82. Mutlu E, 2004b: Does the other layer belong to *Sagitta setosa*? Diel vertical migration as inferred acoustically in the Black Sea. Eremeev VN & Radchenko VN (Eds). *A gateway to sustainable development. Proceedings of International Conference 30th Pacem in Maribus. Kiev, Ukraine*, : 523-532.
83. Mutlu E, 2004c: *Sagitta setosa*: Identification and diel vertical migration as inferred acoustically in the Black Sea. The 7th European Conference on Underwater Acoustics ECUA 2004, 5-8 July 2004, Delft, The Netherlands, 1: 255-260.
84. Mutlu E, 2005: An intercomparison of the contribution of zooplankton and nekton taxa to the near-surface acoustic structure of three Turkish Seas. *Mar Ecol.* 26(1): 17-32,
85. Mutlu E, Acoustical identification of the concentration layer of a copepod species, *Calanus euxinus*, *Mar Biol*, 142, 517-523, 2003.
86. Mutlu E, Bingel F (1999) Distribution and abundance of ctenophores and their zooplankton food in the Black Sea. I. *Pleurobrachia pileus*. *Mar Biol* 135:589-601
87. Nezlin, N. P., 2001. Unusual phytoplankton bloom in the Black Sea during 1998-1999: Analysis of remotely-sensed data, *Oceanology*, (English transl.), 41: 375-380.
88. Niehoff, B. and Hirche, H.J. (1996) Oogenesis and gonad maturation in the copepod *Calanus finmarchicus* and the prediction of egg production from preserved samples. *Polar Biol.*, 16, 601-612.
89. Niermann U, Bingel F, Ergun G, Greve W, Fluctuation of dominant mesozooplankton species in the Black Sea, North Sea and the Baltic Sea: Is a general trend recognizable?, *Tr J Zool*, 22, 63-81, 1998.
90. Nikolsky V.N., Shulman, G.E. On correlation of dry matter content with fat and protein contents in squid liver. *Biology of the Sea (Vladivostok)*, N5: 62-65, 1980 (Rusca)
91. Oğuz, T., P. E. La Violette, and Ü. Ünlüata, 1992. The upper layer circulation of the Black Sea: Its variability as inferred from hydrographic and satellite observations, *Journal of Geophysical Res.*, 97 (C8): 12,569-12,584.
92. Oğuz, T., J.W. Murray and A. Callahan, 2001. "Modeling redox cycling across the suboxic- anoxic interface zone in the Black Sea". *Deep Sea Res. I*, 48: 761-787.

93. Oğuz, T., T. Cokacar, P. Malanotte-Rizzoli, H. W. Ducklow, 2003. Climatic warming and accompanying changes in the ecological regime of the Black Sea during 1990s. *Global Biogeochem. Cycles*, 17(3): 1088, doi: 10.1029/2003 GB002031.
94. Orhon, D., Uslu, O., Meriç, S., Salihoğlu İ. Ve Filibeli, A. (1994). Wastewater Management for İstanbul: Basis for Treatment and Disposal. *Environmental Pollution*, 84:167-178.
95. Özsoy, T. and Saydam, A. C., 2000. Acidic and alkaline precipitation in the Cilician Basin, northeastern Mediterranean Sea. *The Science of the Total Environment*, 253(1-3), 95-101.
96. Özsoy, T., Saydam, C., Kubilay, N. and Salihoğlu, İ., 2000. Aerosol nitrate and non-sea-salt sulfate over the eastern Mediterranean. *The Global Atmosphere and Ocean System*, 7, 185-228.
97. Özsoy, T. and Saydam, C., 2001. Iron speciation in precipitation in the north-eastern Mediterranean and its relationship with Sahara dust. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 40, 41-76
98. Pearl, H. W., 1997. Coastal eutrophication and harmful algal blooms: Importance of atmospheric deposition and ground water as "new" nitrogen and other nutrient sources.
99. Polat, Ç.S. ve Tuğrul, S. 1995. Nutrient and organic carbon exchanges between the Black and Marmara seas through the Bosphorus strait, *Continental Shelf Res.* 15(9):1115-1132.
100. Polat, Ç. ve Tuğrul, S., 1996. Chemical exchange between the Med. and Black Sea via the Turkish straits. *CIESM Science Series No.2, Bull. de l'Institut Océanog.*, 17: 167-186.
101. Polat, Ç., Tuğrul, S., Çoban, Y., Baştürk Ö. ve Salihoğlu, İ., 1998. Elemental composition of seston and nutrient dynamics in the Sea of Marmara. *Hydrobiologia*, 363:157-167. *Limnology and Oceanography*, 42, 1154-1165.
102. Prospero, J. M., and others, 1996. Atmospheric deposition of nutrients to the North Atlantic basin. *Biogeochemistry*, 35, 27-73.
103. Quasimeme Laboratory Performance Studies Round 33DE-6 Exercise 563, Chlorophyll in Seawater June-August 2003, UK.
104. Rey, F., T. T. Noji, L.A. Miller, 2000. Seasonal phytoplankton development and new production in the central Greenland Sea, *Sarsia*, 85: 329-344.
105. Ridame, C. and Guieu, C., 2002., Saharan input of phosphate to the oligotrophic water of the open western Mediterranean Sea. *Limnology and Oceanography*, 47 (3), 856-869.
106. Salihoğlu, İ., A.C.Gücü, Z. Uysal ve A.Yılmaz., 1997. Kuzeydoğu Akdeniz Ekolojisi. "Kuzeydoğu Akdeniz Ekolojisi çerçevesinde Leseptiyen balıkların ve balık faunasındaki yerlerinin belirlenmesi ve Rodos döngüsünde birincil üretim, pikoplankton, fitoplankton ve zooplankton komünite yapısı, dağılımı ve fiziko-kimyasal faktörlerle etkileşimi. TÜBİTAK Proje No: YDABÇAG 449/G. ODTÜ-Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü. Mersin.
107. Sirotenko, M.D., Danilevskiy, N.N. 1977. Quantitative indices of the feeding of the Black Sea anchovy, *Engraulis encrasicolus ponticus*. *Journal of Ichthyology* 17, 610-615.
108. Sirotenko, M.D., Istomin, A.I. 1978. Seasonal changes in the food of the 'Black Sea Scad', *Tracurus mediterraneus ponticus*. *Journal of Ichthyology* 3, 424-431.

109. Sirotenko, M.D., Sorokalit, L.K. 1979. Seasonal changes in the food of the Mediterranean sprat, *Sprattus sprattus phalericus*. *Journal of Ichthyology* 19, 37-51.
110. Sorokin, Yu. I., 1983. The Black Sea. In B.H. Ketchum (ed.), *Estuaries and Enclosed Seas. Ecosystem of the World*. Elsevier, Amsterdam: 253-292.
111. Sorokin, Y.I., 2002. *The Black Sea- Ecology and Oceanography*. Backhuys Publishers, UNESCO Venice Office, Leiden. 875 pp.
112. Sorokin, Y.I., P.Y. Sorokin, V.A. Avdeev, D.Y. Sorokin, and S.V. Ilchenko, 1995. Biomass, production and activity of bacteria in the Black Sea, with special reference to chemosynthesis and the sulfur cycle, *Hydrobiologia*, 308: 61-76.
113. Soydemir, N., A. E. Kideyş, and G. Ekingen, 2003, Phytoplankton composition of the western Black Sea during the R/V Knorr cruise in May-June 2001, Poster presented at Second International Conference on the Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins, 14-18 October 2002, Ankara, Turkey, In: *Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea*. Yılmaz, A. (eds.), TÜBİTAK Publisher, Ankara, Turkey, 624-627.
114. Steemann-Nielsen, E., 1952. The use of radioactive carbon (¹⁴C) for measuring organic production in the sea, *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 18:117-140.
115. Strickland, J.D., 1972. Research on the marine planctonic food web at the institute of marine resources: a review of the past seven years of work. *Oceanogr. Mar. biol. Ann. Rev.* (ed. H. Barnes) 10, 349-414.
116. Svetlichny LS, ES Hubareva, F Erkan & AC Gucu, Physiological and behavioral aspects of *Calanus euxinus* females (Copepoda: Calanoida) during vertical migration across temperature and oxygen gradients, *Marine Biology*, 137, 963-971, 2000.
117. Taylor Gordon, T., Maria Iabichella, Tung-Yuan Ho and Mary I. Scranton, 2001. Chemoautotrophy in the redox transition zone of the Cariaco Basin: A significant midwater source of organic carbon production, *Limnol. Oceanogr.*, 46(1): 148-163.
118. Telli M. 2002. Egg production rate, feeding rate, gonad maturity and growth rate of *Calanus euxinus* (Copepoda) in the Black Sea . MaSc. Thesis, METU, IMS, 81p.
119. Tuğrul, S., Ö. Baştürk, C. Saydam and A. Yılmaz, 1992. Changes in the hydrochemistry of the Black Sea inferred from water density profiles, *Nature*, 359:137-139.
120. Tuğrul, S., G. Frederich, J. Murray and İ. Sahihoğlu, 2005. Spatial and temporal variations in the hydro-chemical properties of the Black Sea upper layer, *Deep-Sea Res. II, Special Issue* (baskıda).
121. Tuğrul, S. ve Polat, Ç., 1995. Quantitative comparison of the influxes of nutrients and organic carbon into the Sea of Marmara both from anthropogenic sources and from the Black Sea. *Water Science and Technology*, 32: 115-121.
122. UNESCO, 1994. *Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) Core Measurements*, Intergovernmental Oceanographic Commission, Manual and Guides, 29: 97-134.
123. Uysal, Z., 1999. Pigments, size and distribution of *Synechococcus* spp. in the Black Sea. *Journal of Marine Systems*.
124. Uysal, Z., A.E. Kideyş ve İ. Köksalan, 1998. Karadeniz'de birincil üretimi pompalayan cyanobakterium *Synechococcus*'un su kolonundaki dağılımını etkileyen fiziko-kimyasal etmenlerin araştırılması. TÜBİTAK Proje No:YDABÇAG-352. 73 s.ODTÜ-Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü. İçel-Türkiye.

125. Vedernikov, V.I. and A.B. Demidov, 1993. Primary production and chlorophyll in the deep regions of the Black Sea, *Oceanology*, 33: 229-235.
126. Vedernikov V. I., Demidov A. B., Korneeva G. A. 1996. Patterns of phytoplankton production and hydrolysis rate of natural polymers in the Black Sea in autumn, *Oceanology*, 36 (2):250-259 (In Russian).
127. Vinogradov MYe, Flint MV, Shushkina EA, Vertical distribution of mesoplankton in the open area of the Black Sea, *Marine Biology* 89, 95-107, 1985.
128. Vinogradov MYe, Shushkina EA (1982) Concentration estimation of the Black Sea jellyfishes, Ctenophora and Calanus on the observations from "Argus" submersible. *Oceanology* 22:473-479
129. Yayla, M.K., 1999. Primary production, availability and uptake of nutrients and photo-adaptation of phytoplankton in the Black Sea, the Sea of Marmara and the Eastern Mediterranean", Master Thesis, METU, Institute of Marine Sciences July, 1999.
130. Yayla, M.K., A. Yılmaz and E. Morkoç, 2001. The dynamics of nutrient enrichment and primary production related to the recent changes in the ecosystem of the Black Sea, *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 4(1): 31-49.
131. Yılmaz A., O.A. Yunev, V.I. Vedernikov, S. Moncheva, A.S. Bologa, A. Cociasu and D. Ediger, 1998a. Unusual temporal variations in the spatial distribution of chlorophyll-a in the Black Sea during 1990-1996, Presented at NATO TU-Black Sea Project: Symposium on Scientific Results, Crimea, Ukraine, June 15-19, 1997. In: *Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea*, (L.I. Ivanov and T. Oguz, eds.), Vol. 1, 105-120, 1998, Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands.
132. Yılmaz, A., Tuğrul, S., Polat, Ç., Ediger, D., Çoban, Y. and Morkoc, E., 1998b. On the production, elemental composition (C,N,P) and distribution of photoautotrophic organic matter in the southern Black Sea, *Hydrobiologia*, 363: 141-156.
133. Yılmaz, A. ve Tuğrul, S., 1998. The effect of cold- and warm-core eddies on the distribution and stoichiometry of dissolved nutrients in the north-eastern Mediterranean. *J. Marine Systems*, 16: 253-268
134. Yunev, O.A., V.I. Vedernikov, Ö. Baştürk, A. Yılmaz, A. E. Kıdeyş, S. Moncheva, S.K. Kononov, 2002. Long-term variations of surface chlorophyll-a and primary production in the open Black Sea, *Marine Ecological Progress Series*, 230: 11-28.