R252/97-10

DENİZLERİMİZDE ÜRETKENLİK VE MİKROBİYOLOJİK ÇEVRİM

Proje Kod No: AFP-07-01 DPT.94K120392

Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Ümit Ünlüata

KESİN RAPOR

Hazırlayanlar:
Prof. Dr. Ayşen Yılmaz
Prof. Dr. M.A. Latif
Prof. Dr. İlkay Salihoğlu

Destekleyen Kuruluş:
Devlet Planlama Teşkilatı

Sunan:
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Deniz Bilimleri Enstitüsü

Aralık 1997

ODTÜ-DBE KÜTÜPHANESİ
METU-IMS LIBRARY

TEŞEKKÜR:

Türkiye'yi çevreleyen denizlerde ilk üretimin seviyesinin belirlenmesi, üretim mekanizmaları ile bu mekanizmaları etkileyen sistemlerin araştırılması konularında çalışma yapılan "Denizlerimizde Üretkenlik ve Mikrobiyolojik Çevrim" Projesini destekleyen Devlet Planlama Teşkilatı ile Projenin koordinasyonunu sağlayan Orta Doğu Teknik Üniversitesi Rektörlüğüne teşekkürü bir borç biliriz.

Sunulan araştırmaya katkıları bulunan Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü'ndeki araştırıcı, teknik ve gemi personeline, uyumlu ve özverili çalışmaları nedeniyle teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER:

	Sayfa
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	iii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	iv
I. GİRİŞ	1
II. YÖNTEM	2
III. SONUÇLAR	6
III.1. KARADENİZ	6
III.2. MARMARA DENİZİ	18
III.3. AKDENİZ	23
IV. TARTIŞMA VE YORUM	34
KAYNAKLAR	36

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 1. Nisan 1994-Nisan 1997 döneminde Türkiye denizlerinde yapılan saha çalışmaları

Çizelge 2. "Denizlerimizde Üretkenlik ve Mikrobiyolojik Çevrim" Projesi kapsamında ölçülen parametelere ait kısaltmalar ve birimler

Çizelge 3. Güney Karadeniz'de ışıklı tabakada entegre edilmiş günlük birincil üretim hızları [P(D) (mgC m^{-2} $gün^{-1}$)]

Çizelge 4. Karadeniz'de ışıklı tabakadaki partikül organik maddenin regrasyon analizi ile elde edilen element kompozisyonu

Çizelge 5. Marmara Denizi'inde ışıklı tabakadaki partikül organik maddenin regrasyon analizi ile elde edilen element kompozisyonu

Çizelge 6. Marmara Denizi'inde ışıklı tabakada ve ışıklı tabakanın altında ölçülen Toplam Organik Karbon (TOC)

Çizelge 7. Kuzeydoğu Akdeniz'de ışıklı tabakada birincil üretimin seviyesi

Çizelge 8. Kuzeydoğu Akdeniz'de ışıklı tabakada ortalama Partikül Organik Madde (POM) konsantrasyonları (μM)

Çizelge 9. Kuzeydoğu Akdeniz'de partikül organik maddenin element kompozisyonu (Redfield Oranları)

Çizelge 10. Kuzeydoğu Akdeniz'de Toplam Organik Karbon konsantrasyonları

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1. Karadeniz'de yerinde ölçüm ve deniz suyu örneklemesi yapılan istasyonların konumları

Şekil 2. Karadeniz'in coğrafi konumu ve topografya özellikleri

Şekil 3. Karadeniz'de genel akıntı ve döngü sistemleri

Şekil 4. Güney Karadeniz'de Haziran 1996 dönemine ait farklı derinliklerdeki dinamik topografya haritaları

Şekil 5. Ekim 1995 döneminde siklonik ve antisiklonik alanlarda sıcaklık (a), tuzluluk(b) ve yoğunluğun (c) düşey dağılımı

Şekil 6. 1994-1997 döneminde seçilen mevsimlerde tüm Karadeniz baseninde sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluğun (sigma-t) düşey dağılımı

Şekil 7. Karadeniz'de siklonik (açık alanlar) ve antisiklonik (kıyısal alanlar) döngü sistemlerinde çözünmüş oksijen (DO) ve hidrojen sülfürün (H_2S) derinliğe bağlı değişimi

Şekil 8. Karadeniz'de çözünmüş oksijenin (DO) ve hidrojen sülfürün (H_2S) deniz suyu yoğunluna (sigma-theta) karşı dikey değişimi

Şekil 9a. Fosfatın (PO_4-P) Karadeniz'de düşey dağılımı
Şekil 9b. Toplam Oksitlenmiş Azotun (NO_3+NO_2-N) Karadeniz'de düşey dağılımı
Şekil 9c. Silikatın (Si) Karadeniz'de düşey dağılımı

Şekil 10. Karadeniz'de çözünmüş oksijenin (DO), hidrojen sülfürün (H_2S), fosfatın (PO_4-P) ve toplam oksitlenmiş azotun (NO_3+NO_2-N) deniz suyu yoğunluna (sigma-theta) karşı dikey değişimi

Şekil 11. Karadeniz'de fotosentetik aktif ışığın yüzeye oranla derinlikle değişimi(% I), ışık sönüm katsayısı (K_d) ve saatlik(P)/günlük(P_D) birincil üretim profilleri
a)İstanbul Boğazı çıkışı, Nisan 1995
b)İstanbul Boğazı çıkışı, Eylül 1995
c)Sinop açığı, Nisan 1996
d)İstanbul Boğazı çıkışı, Batı siklonu ve Sakarya açıkları, Haziran-Temmuz 1996
e)Sakarya açıkları, Batı siklonu, Doğu siklonu, Batum antisiklonu, Eylül-Ekim 1996

Şekil 12. Klorofil-a'nın Karadeniz'de düşey dağılımı

Şekil 13. Karadeniz üst sularında Partikül Organik Carbon (POC), Partikül Organik Azot ve Partikül Fosforun (PP) derinlikle değişimi

Şekil 14. Marmara Deniz'inde yerinde ölçüm ve deniz suyu örneklemesi yapılan istasyonların konumları

Şekil 15. Marmara Deniz'inin coğrafi konumu ve topografya özellikleri

Şekil 16. Marmara Denizi'nin genel akıntı ve döngü sistemleri

Şekil 17. Marmara Denizi'inde doğu (a) ve orta (b) basenlerinde seçilmiş istasyonlarda ve farklı mevsimlerde sıcaklık (°C), tuzluluk (ppt), yoğunluk (Sigma-t) ve çözünmüş oksijenin (DO,μM) derinlikle değişimi

Şekil 18. Nisan 1995 ve Eylül 1995 dönemleri için Çanakkale Boğazı-Marmara Denizi-İstanbul Boğazı boyunca sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk kesitleri
a)Nisan 1995, Sıcaklık
b)Nisan 1995, Tuzluluk
c)Nisan 1995, Yoğunluk
d)Eylül 1995, Sıcaklık
e)Eylül, 1995, Tuzluluk
f)Eylül, 1995, Yoğunluk

Şekil 19 a. Fosfatın İstanbul Boğazı-Marmara Denizi Etkileşim Alanı(BMJ), Doğu baseni ve Batı baseninde düşey dağılımı

Şekil 19 b. Toplam Oksitlenmiş Azotun İstanbul Boğazı-Marmara Denizi Etkileşim Alanı(BMJ), Doğu baseni ve Batı baseninde düşey dağılımı

Şekil 19 c. Silikatın İstanbul Boğazı-Marmara Denizi Etkileşim Alanı(BMJ), Doğu baseni ve Batı baseninde düşey dağılımı

Şekil 20. Marmara Denizi'inde Ekim 1996 döneminde Doğu derin baseninde fotosentetik aktif ışığın yüzeye oranla derinlikle değişimi(% I), ışık sönüm katsayısı (K_d) ve saatlik(P)/günlük(P_D) birincil üretim profilleri

Şekil 21. Klorofil-a'nın İstanbul Boğazı-Marmara Denizi Etkileşim Alanı(BMJ), Doğu ve Batı basenlerinde düşey dağılımı

Şekil 22. Eylül 1995(a) ve Nisan 1996 (b) dönemlerinde Doğu (K46L00), Orta (K50K20) ve Batı (K42J40, K48J30) basenlerinde partikül organik karbonun (POC), partikül organik azot(PON) ve partikül fosforun (PP) derinlikle değişimi

Şekil 23. Kuzeydoğu Akdeniz'de yerinde ölçüm ve deniz suyu örneklemesi yapılan istasyonların konumları

Şekil 24. Akdeniz'in coğrafi konumu ve topografya özellikleri

Şekil 25. Kuzeydoğu Akdeniz'in genel akıntı ve döngü sistemleri

Şekil 26. Şubat 1995 seferinde ölçülen tuzluluk ve potansiyel sıcaklığın derinlikle değişimi

Şekil 27. Şubat 1995 seferinde 35°N enlemindeki potansiyel sıcaklık (a) ve tuzluluk (b) kesiti

Şekil 28. Temmuz 1995 seferinde 36°N enlemindeki potansiyel sıcaklık (a) ve tuzluluk (b) kesiti

Şekil 29. Ekim 1995 seferinde 28° 30' E boylamındaki potansiyel sıcaklık (a) ve tuzluluk (b) kesiti.
Ekim 1995 dönemine ait 150m deki topografya haritası(c)

Şekil 30. Mayıs 1996 seferinde 29°E boylamındaki potansiyel sıcaklık (a) ve tuzluluk (b) kesiti

Şekil 31. Kasım 1996 seferinde 29°E boylamındaki potansiyel sıcaklık (a) ve tuzluluk (b) kesiti

Şekil 32. Kuzeydoğu Akdeniz'de Çözünmüş Oksijenin düşey dağılımı

Şekil 33. Kuzeydoğu Akdeniz'de orto-fosfatın (a), toplam oksitlenmiş azotun (nitrat+nitrit) (b) ve reaktif silikatın (c) düşey dağılımı

Şekil 34. Kuzeydoğu Akdeniz'de besin tuzlarının fiziksel parametrelerle tüm basen bazında karşılaştırılması Sıcaklık-Besin tuzları, Tuzluluk-Besin tuzları (a), Sigma-theta-Besin tuzları (b)

Şekil 35. Kuzeydoğu Akdeniz'de fotosentetik aktif ışığın (PAR) yüzeye oranla derinlikle değişimi(% I), ışık sönüm katsayısı (K_d) ve saatlik(P)/günlük(P_D) birincil üretim profilleri

a) Şubat 1995 b) Mayıs 1995 c) Kasım 1995

Şekil 36. Klorofil-a' nın Kuzeydoğu Akdeniz'de düşey dağılımı

Şekil 37. Partikül Organik Karbon (POC), Partikül Organik Azot (PON) ve Partikül Fosforun (PP) Kuzeydoğu Akdeniz'de Rodos siklonik alanında, Antalya körfezinde ve Klikya basenindeki frontal alanlar ile antisiklonik alanlarda düşey dağılımı

I. GİRİŞ:

Türkiye'yi çevreleyen denizlerde ilk üretimin seviyesinin belirlenmesi, üretim mekanizmaları ile bu mekanizmaları etkileyen sistemlerin araştırılması konularında çalışma yapılan "Denizlerimizde Üretkenlik ve Mikrobiyolojik Çevrim" Projesi kapsamında Güney Karadeniz'de, Marmara Denizi'nde ve Kuzeydoğu Akdeniz'de Nisan 1994-Nisan 1997 döneminde yapılan deniz saha çalışmaları Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Nisan 1994-Nisan 1997 döneminde Türkiye denizlerinde yapılan saha çalışmaları

KARADENİZ	MARMARA DENİZİ	AKDENİZ
19 Nisan -14 Mayıs 1994	11-14 Nisan 1994	10-17 Şubat 1995
18Mart-10Nisan, 25-28Nisan 1995	28-30 Nisan 1995	01-06Temmuz1995
26 Eylül, 01-11 Ekim 1995	23-25 Eylül 1995	19-28 Ekim 1995
08-17 Nisan 1996	05-07 Nisan 1996	08-13 Mayıs 1996
20 Haziran - 05 Temmuz 1996	08-10 Kasım 1996	13-22 Kasım 1996
24 Eylül 03 Ekim 1996		

Çizelgede tarihleri verilen deniz saha çalışmalarında yerinde ölçüm ve deniz suyu örneklemesi yapılan istasyonların konumları Şekil 1, 14 ve 23'de verilmektedir. Her denizimiz için ve her saha çalışması için ayrı ayrı harita oluşturulmasına karşın bu şekillerde çalışma sahasını geniş anlamda kapsayan genel birer harita verilmiştir. Fiziksel dinamiğin anlaşılması, hidrografik yapının ortaya çıkarılması, akıntı sistemlerinin belirlenmesi amacıyla yerinde yapılan fiziksel ölçümler tüm istasyonları kapsamaktadır. İlk üretimi yakından ilgilendiren bu dinamik yapıyı araştırma çalışmalarına paralel olarak üretimin olmasını sağlayan beslenme ortamının tüm bileşenlerinin ölçülmesi, izlenmesi ve anlaşılması için analizlenen kimyasal parametrelerin örneklemeleri ise haritalarda gösterilen istasyonların büyük çoğunluğunda (% 60'ı aşan oranlarda) gerçekleştirilmiştir. Üretim parametreleri ise (biyolojik ölçümler) belirli alanlarda ölçülebilmiştir. Örneğin Kuzeydoğu Akdeniz'de yüksek üretim alanları olarak bilinen İskenderun Körfezi, Rodos siklonik alanı, Marmara Denizi'nde Karadeniz'in etki alanındaki İstanbul Boğazı çıkışı ve Karadeniz'de büyük nehirlerin etkisi altındaki güneybatı bölgesi ve Sakarya kanyonu bölgeleri özel olarak seçilmiştir (Şekil 2-3, 15-16 ve 24-25). Ayrıca her üç denizde de kıyıların etki alanından uzak noktalar ve özelliği olan topografik alanlarda üretim ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Biyolojik ölçümlerin ve laboratuvar analizlerinin uzun zaman alması nedeniyle üretimle igili çalışmalar kısıtlı sayıda istasyonda yapılabilmiştir. Projede üç yıl boyunca üç denizimizde farklı mevsimlerde yapılan ilk üretimin seviyesinin belirlenmesi amacıyla yapılan ölçümler genel bir sonucun çıkarılması ve tartışılarak yorumlanması için yeterli görülmektedir.

II. YÖNTEM

Proje kapsamında yerinde ölçümü yapılan fiziksel parametreler, yüzeyden ve standart derinlikler ile ilk üretimin yapıldığı ışıklı tabakada belirli derinliklerden alınınan su örneklerinde ölçülen kimyasal ve biyolojik parametrelere ait kısaltmalar ve birimler Çizelge 2'de verilmektedir. Bu parametrelere ait ölçüm yöntemleri ise özetlenerek bu bölümde sunulmaktadır. Ölçüm ve analiz yöntemlerinin detayları bu bölümde ilgili parametre kısmında verilen referanslardan yararlanılarak bulunabilir.

Çizelge 2. "Denizlerimizde Üretkenlik ve Mikrobiyolojik Çevrim" Projesi kapsamında ölçülen parametelere ait kısaltmalar ve birimler

Parametre	Sembol	Birim
Derinlik	D	m
Tuzluluk (Salinity)	S	ppt, ‰
Sıcaklık (Pot. Temp.)	T	°C
İletkenlik	C	S/m
Yoğunluk	δ	kg/m^3
Sigma-theta	σ_t, Sig-t	(boyutsuz)
Çözünmüş oksijen	ÇO, DO	µM
Orto-fosfat	o-PO_4-P	µM
Toplam Oksitlenmiş Azot	NO_3+NO_2-N (NO_x)	µM
Reaktif Silikat	$Si(OH)_4$-Si, Si	µM
Birincil Üretim	PP_T	$mgC/m^2/gün$
Fotosentetik Aktif Işık	PAR	$\mu E/m^2/s$
Klorofil-a	CHL-A	µg/L
Partikül Organik Karbon	POC	µM
Partikül Organik Azot	PON	µM
Partikül Fosfor	PP	µM
Toplam Organik Karbon	TOC	mg/L

Nisan 1994 - Nisan 1997 dönemini kapsayan Proje çalışmaları, ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü araştırma personelinin katkıları ve yine ODTÜ'ye ait R/V BİLİM gemisinin imkanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çizelge 2'deki kimyasal parametrelerin tamamına yakını deniz suyunda genellikle nano- veya mikro-mol/litre (nM, µM) mertebesinde bulunmaktadır. Deniz ortamında eser miktarlarda bulunanan besin elementleri ve organik bileşiklerin mevcut analiz teknikleriyle hassas ve güvenilir ölçümü zahmetli ve zaman alıcıdır. Bu sınırlamadan dolayı,

fiziksel ölçümlerin yapıldığı istasyonların hidrografik özellikleri dikkate alınarak, kimyasal ölçümlerin bölgesel farklılıkları yansıtacak sayıda ve yerlerde yapılmısına özen gösterilmiştir. Seçilen istayonlarda, su kolununun farklı derinliklerinden, belirlenen ölçüm amaçları doğrultusunda deniz suyu örneklemeleri yapılmıştır.

"Denizlerimizde Üretkenlik ve Mikrobiyolojik Çevrim" Projesi çerçevesinde Türkiye denizlerinde çalışma yapılan istasyonlarda CTD probu kullanılarak iletkenlik, tuzluluk ve sıcaklık yerinde ölçülmüştür. Biyokimyasal parametrelerin ölçümleri ise bölgelere göre değişen derinliklerde ve parametreye bağlı olarak ışıklı tabakada ve/veya 500-2000 metre derinliğe kadar yapılmıştır.

Deniz araştırmalarında uygulanan örnekleme, koruma, analiz ve hesaplama yöntemleri aşağıda özetlenerek sunulmuştur.

Örnek Alma ve Koruma:

Belirlenen istasyonlarda (Şekil 1, 14, 23) deniz suları NANSEN şişeleri veya rozet tipi 5 litre kapasiteli, uzaktan kumandayla kapanabilen plastik örnekleme şişeleri ile alınmıştır. Alınan örnekler, ölçülen parametreye bağlı olarak, soğukta veya dondurularak analiz anına kadar korunmaya alınmıştır.

- Çözünmüş oksijen (DO) örnekleri özel yapılmış 150 mL'lik cam şişelere, plastik hortum aracılığı ile alınmaktadır. Şişe içerisinde hava kalmamasına dikkat edilir. Örneklere oksijen tutucu reaktifler eklenir ve oda sıcaklığında, karanlıkta korunur.

- Klorofil-a ölçümü için alınan su örnekleri en kısa sürede membran veya GF/F tipi filtre kağıtlarından süzülerek, filtre üzerinde tutulan planktonlar analize kadar derin dondurucuda saklanır.

- Besin elementlerinden silikat, nitrat, nitrit ve orto-fosfat için alınan örnekler seyreltik HCl ve destile su ile yıkanmış HDPE şişeler içerisinde en kısa sürede analiz edilmek üzere buzdolabında (Si örnekleri) veya derin dondurucuda saklanır.

- Partikül organik karbon (POC), partikül organik azot (PON) ve partikül fosfor (PP) analizleri için toplanan deniz suyu örnekleri GF/F tipi filtre kağıdından süzülür, 5-10 mL destile su ile yıkanarak alüminyum folyo içerisinde derin dondurucuda analize kadar korunur. Süzmede kullanılan filtre kağıtları kullanılmadan önce 450 °C'de bir saat yakılarak filtre yapısında bulunan organik madde parçalanır.

- Toplam organik karbon (TOC) örnekleri aynı derinliklerden alınır, 100 mL örneğe 0.2 mL 6N HCl ilavesinden sonra analize kadar polietilen veya cam şişelerde buzdolabında korunur.

- Birincil üretim deneyleri için su örnekleri güneş ışığının su kolonunda %95, %75, %50, %10 ve %1'e ulaştığı derinliklerden alınır ve hemen deneyler başlatılır.

Ölçüm Metodları:

- Proje süresince tuzluluk ve sıcaklık ölçümleri R/V BİLİM gemisinde bulunan yüksek ayırımlı Sea-Bird Model CTD (iletkenlik, sıcaklık ve derinlik) probu ve okuyucusu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bir ucu laboratuvardaki okuyucu birimine bağlı olan özel yapım çelik kablo ve hız kontrollu bir vinç yardımı ile 1000 metre derinliğe kadar indirilebilen CTD probundan elde edilen bulguların güvenirliliği ve hassasiyeti çok yüksektir. Bu sistemin en çarpıcı özelliği, su kolonunda kesintisiz ölçüm yapabilmesidir. Bunun için, cihaz saniyede 24 iletkenlik, su sıcaklığı ve derinlik okuması yapar ve probun o anda bulunduğu derinliğe karşı gelen tuzluluk ve sıcaklık değerlerini bilgisayar disketine kaydeder. Dolayısı ile deniz ortamından toplanan fiziksel bulgular anında istenilen formatta bigisayara yüklenmiş olur. Daha önceki seferlerde derin sularda elde edilen bulgularla yeni ölçümler karşılaştırılarak, toplanan verilerin kalibrasyonu yapılır. Ayrıca CTD sistemindeki sensörler zaman zaman cihazı üreten firmaya gönderilerek, kalibrasyonu yaptırtılmaktadır.

- Çözünmüş oksijen ölçümleri Winkler titrasyon yöntemi kullanılarak yapılmaktadır. Özel DO şişelerinde çöktürülen örnekteki oksijen derişimi ile orantılı olan mangan çökeltisi asit ilavesi ile çözülür, açığa çıkan iyot standart tiyosülfat çözeltisi ile titre edilir. Titrasyon dönüm noktası nişasta çözeltisi ve redoks potansiyel elektrodu kullanılarak belirlenir. Karanlıkta korunan örneklerin analizi normal olarak iki saat içerisinde tamamlanır. Ölçümlerin hassasiyet derecesi ± 10 µM dür.

- Besin elementleri (NO_3, NO_2, $Si(OH)_4$ ve $o\text{-}PO_4$) ölçümünde Technicon A II model otoanalizör kullanılmaktadır. Çok sayıda örneğin devamlı analizine olanak veren bu otomatik sistemde kullanılan ölçüm yöntemleri Technicon firmasınca geliştirilmiş ve uluslararası standart ölçüm metodları olarak kabul edilmiştir. Bu standart yöntemler ile nitrat, silikat ve fosfat analizleri sırası ile 0.05, 0.1 ve 0.02 µM duyarlılıkla ölçülebilmektedir ve detayları Grasshoff ve diğ, 1983'de verilmektedir.

- Toplam organik karbon (TOC) ölçümleri Shimadzu TOC-5000 Model organik karbon analizörü kullanılarak yapılmaktadır. Yüksek sıcaklık (680°C) katalizör yardımıyla parçalanan organik madde, CO_2 'ye dönüşmekte ve ölçülen CO_2-C miktarı organik karbon konsantrasyonu olmaktadır. pH<3 olan deniz suyu örnekleri içerisindeki karbonat bileşikleri analiz öncesi azot gazı yardımı ile karbondioksit olarak çözeltiden uzaklaştırılmaktadır.

- Partikül organik karbon (POC) ve partikül organik azot (PON) analizlerinde Carlo Erba 1108 Model CHN analiz cihazı kullanılmaktadır. Analiz öncesinde dondurulmuş filtreler önce 50-60 °C'de kurutulur, daha sonra HCl buharında tutularak filtre üzerindeki karbonat bileşikleri uzaklaştırılır. Vakumlanarak tekrar kurutulan filtreler 15-20 mg'lık 4-5 parçaya ayrılarak kalay kapsüller içerisine yerleştirilir, ağzı kapatılır.

Cihazın örnek haznesi bölümüne yerleştirilen filtre örnekleri oksijen gazı yardımıyla 1020 °C ye ısıtılarak, sırasıyla, oksitleme ve indirgeme kolonlarına taşınır. Metan ve azot gazına indirgenen organik madde içerisindeki karbon ve azot bileşikleri TCD dedektörü yardımıyla ölçülür, alan hesabı ile örnek içindeki toplam organik karbon ve organik azot miktarları bulunur. Bu değerler süzülen su hacmine bölünerek birim hacimdeki POC ve PON miktarları hesaplanır. Elde edilen POC ve PON miktarlarının oranı örnek içerisindeki organik yapıdaki C/N oranıdır.

- Partikül fosfor, (PP) tayini için filtre kağıdı üzerine toplanan organik içerikli partikül madde 450 °C de ısıtılarak organik fosfor bileşikleri innorganik yapıya dönüştürülür. Seyreltik HCl ile 90 °C de çözeltiye geçirilen örneğin pH'sı 7'ye ayarlandıktan sonra son hacim 50-100 mL'ye tamamlanır. Inorganik fosfat analiz metodu kullanılarak spektrofotometrik yöntemle ölçümü yapılır. Şahit ve fosfat standartları kullanarak örneklerin içerdiği fosfor miktarları hesaplanır. Süzülen örnek hacmine bölünerek birim hacimdeki PP miktarı hesaplanır.

- Klorofil-a ölçümleri aseton ekstraksiyonu yöntemiyle yapılır (Strickland ve Parsons, 1972). 1-3 litre arasında süzüntü örneği içeren filtre kağıtları %90'lık aseton çözeltisi içinde homojen hale getirilir. 20 saat karanlıkta ve soğukta tutulan örnekler santrifüj edilir ve çözeltinin hacmi 10 mL'ye ayarlanır. Fluoresans spektrofotometrede (Hitachi Model 3000) okuma yapılır ve standartlarla karşılaştırılarak çözeltideki klorofil-a miktarı hesaplanır. Bu değer süzüntü hacmine bölünerek sonuçlar µg/L birimine dönüştürülür.

- Optik özellikler : Güneş ışığının su kolonundaki girişimini incelemek amacıyla LI-192SA tipi sualtı quantum sensörü ve LI-1000 tipi veri yükleyicisi (datalogger) kullanılarak ışıklı tabakada PAR (Photosynthetic Active Radiation) ölçümleri yapılmaktadır.

- Birincil Üretim: ^{14}C tekniği ile birincil verimlilik tesbiti için ışık şiddetinin %100, %75, %50, %25, %10 ve %1'e ulaştığı derinliklerden alınan su örneklerinden %75'lik olanı ile ışık-üretim adaptasyon eğrisi (PI Curve) çizilir. Bunun için doygun ışık şiddeti kaynağı 250-500 µEinstein/m^2/sec olan inkübasyon cihazı içerisinde filtrelerle ışık şiddeti %5-%75 arasına ayarlanmış döner disk üzerine örnekler, yaklaşık 2µCi ^{14}C izotopu (karbonat formunda) ilave edilerek ortam sıcaklığında 2-8 saat süreyle tutulur. Daha sonra 0.2 mikron gözenekli filtre kağıdından süzülerek ^{14}C damgalı fitoplanktonlar tutulur. Filtre kağıtları özel çözeltilerde parçalanarak sıvı faza geçirilir ve düşük seviyeli sıvı sintilasyon sayacı (LSC) ile sayılır, sonuçlar standartlar yardımıyla DPM olarak elde edilir. Belirli şartlar altında inkübasyon süresinde fotosentez yoluyla oluşan ^{14}C damgalı organik karbon miktarı belirlenmiş olur. Bu verilerden ortamın birincil verimlilik değerleri gC/m^2/birim zaman olarak hesaplanır.

III. SONUÇLAR

III.1. KARADENİZ

Projenin amaçları doğrultsusunda Karadeniz'in Ülkemize ait ekonomik sınırları içerisinde kalan alanda (Güney Karadeniz, Şekil 1) fiziksel ve biyokimyasal ölçümler yapılarak Karadeniz'de ilk üretimin seviyesinin belirlenmesine, alt beslenme basamakları ekosistemini kontrol eden dinamik ve kimyasal mekanizmaları incelemeye yönelik bilimsel araştırmalar yapılmış ve sistematik veriler elde edilmiştir.

III.1.1. FİZİKSEL ÖLÇÜMLER VE DEĞERLENDİRME

Şekil 1'de gösterilen istasyonlarda genellikle 300-750 metre derinliğe kadar kesintisiz tuzluluk ve su sıcaklığı ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen verilerin kalibrasyonunda derin su değerleri dikkate alınmıştır. Hidrografik bulguların basen ölçeğinde değerlendirmesi yapılarak Güney Karadeniz'in genel akıntı (sirkülasyon) sistemleri ve benzer fiziksel özelliklere sahip su kütlelerinin ölçüm yapılan dönemlerdeki genel görüntüsü çıkartılmıştır. Şekil 3'de ise 1994 öncesi yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar kullanılarak oluşturulan (Oğuz ve diğ., 1993) şematik bir sirkülasyon haritası sunulmuştur. Bu şekilde Karadeniz'de kıyılarımız boyunca doğu istikametinde kıvrımlar oluşturarak akan bir akıntı sisteminin (Rim Current) varlığı gözlenmektedir. Genellikle kıyı bölgelerde antisiklonik, açık deniz sularında ise siklonik haraketlerin varlığı görülmektedir. Siklonik alanlar bir bütün olarak gözlenmekle birlikte batı ve doğu siklonları genellikle ayrı hücreler halinde de bulunmaktadır. Doğu Karadeniz bölgesinde sürekli olarak gözlenen orta ölçekli Batum antisiklonu ise dinamik yapının önemli yapılarından bir tanesidir. Şekil 4'de farklı derinlikler için verilen dinamik topoğrafya dağılımlarında ise Batumi döngüsü açık olarak gözlenmektedir. Bu kesitler kıyısal akıntı sistemi ile kıyısal bölgelerdeki küçük ölçekli antisiklonik döngüleri ve kıyıdan açık bölgelerdeki daha büyük ölçekli siklonik döngüleri Ekim 1996 dönemi için göstermektedir. Karadeniz'in akıntı ve döngü sistemleri çok değişken olup son yıllarda bu konuda yapılan detaylı çalışmalar bu özellikleri ortaya çıkarmıştır (Oğuz ve diğ., 1991; Oğuz ve diğ., 1992; Oğuz ve diğ., 1993).

42°30'N-37°20E ve 41°30'N-39°50'E koordinatlarındaki iki istasyondaki dikey sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk profilleri Şekil 5'de verilmiştir. Bu noktalardan birincisi kıyıdan açıktaki siklonik şartların bulunduğu, ikincisi ise kıyıya yakın ve antisiklonik şartların bulunduğu istasyonları göstermektedir (Şekil 3). Örnek olarak Ekim 1995 döneminden seçilen bu profillerden görüldüğü üzere bu bölgeler farklı su kütlelerinin özelliklerini taşımaktadır. Siklonik bölgelerde bu dönemde yüzey suyu sıcaklığı 16 °C civarında olup antisiklonik bölgeden yaklaşık 4 °C kadar daha düşüktür (Şekil 5a). Bu göreceli olarak daha soğuk olan yüzey suları aynı zamanda 0.4-0.5 ppt kadar daha tuzludur (Şekil 5b). Böylece bu su kütleleri arasında 1 kg/m^3 kadar yoğunluk farkı bulunmaktadır (Şekil 5c). Bu tür tuzluluk ve yoğunluk farklılıkları yaklaşık olarak 150m'lik üst tabaka için geçerlidir. Su kütlelerinin fiziksel özelliklerindeki farklılık

ancak 250 m'den sonra ortadan kalkmaktadır. Siklonik bölgeye özgün sıcaklık profili yaklaşık 20 m derinlikte mevsimsel bir sıcaklık tabakalaşmasının varlığını göstermektedir. Bu tabaka (mevsimsel termoklin) çok keskin olup kalınlığı ancak 5m kadardır. Bu tabakanın hemen altında sıcaklık 16 °C den 8 °C ye düşmekte, 50 m de ise 7 °C ile en düşük değerine ulaşmaktadır. Sıcaklık derinlere doğru yavaş yavaş artarak 100 m civarında tekrar 8 °C ye ulaşmaktadır. 50 m civarındaki 8 °C den daha soğuk olan bu su kütlesi kış koşulları altında oluşmakta ve Karadeniz Soğuk Su Ara Tabakası (Cold Intermediate Layer=CIL) alarak tanımlanmaktadır. Tuzluluk profilinden görüleceği gibi 20 m deki sıcaklık tabakalaşmasına paralel olarak (daha zayıf olmakla beraber) bir tuzluluk tabakalaşması eşlik etmektedir. Böylece aynı derinliklerde mevsimsel bir yoğunluk tabakası oluşmaktadır.

Antisiklonik bölgeye özgün olan profilde ise sıcaklık ve yoğunluk tabakalaşmaları yaklaşık 10 m kadar daha derinde oluşmaktadır (Şekil 5a ve 5c). Yüzey sularının daha sıcak ve daha az tuzlu olması nedeniyle yoğunluk tabakalaşması siklonlardakine göre biraz daha keskin olup yoğunluk değişimleri 2.0 kg/m^3 den daha fazladır. Bu değer siklonlardakine göre yaklaşık 2 katı civarındadır. Soğuk ara tabaka suyu siklonlara göre daha kalın olup merkezi 25 m kadar daha derinlerdedir. Yoğunluk profillerindeki diğer bir çarpıcı özellik mevsimsel ara yüzeyin hemen altından başlayarak 150-200 m kadar doğrusal olarak devam eden 2.0-2.5 kg/m^3 civarındaki yoğunluk değişimleridir. Bu değişimler hem siklonik hem de antisiklonik bölgelerde ayni oranda görülmektedir. Sonuç olarak yüzey ile 200 m deki su kütleleri arasında en az 4.0 kg/m^3 lük bir yoğunluk farklılaşması bulunmaktadır.

Şekil 6'da ise Proje döneminde (1994-1997) güney Karadeniz'in değişik bölgelerinde ve seçilen farklı mevsimlerde elde edilen sıcaklık, tuzluluk ve sigma-theta profillerinin genel görünümü verilmektedir. Mart-Nisan 1995-96 dönemlerinde gerçekleştirilen ölçümlerde kış şartlarından ilkbahar şartlarına bir geçişin varlığı görülmekte olup yüzey suyu sıcaklıkları 6 ile 10°C arasında değişmektedir ve bu sıcaklık aralığı yaz ve sonbahar aylarındaki yüzey suyu sıcaklılarından en az 10 °C daha düşüktür (Şekil 6). Yüzey tuzluluğunda ise mevsimler arasında fazla bir değişme gözlenmemektedir. Sonuçta yüzey suyunun yoğunluğu 14.0-14.50 arasında değişmektedir (Şekil 6). Bu değerler yaz aylarındaki mevsimsel termoklin tabakasının altında gözlenen değerlere eşittir. Yaz aylarında ise (Haziran-Temmuz 1996) yüzey suları artan ısınmanın etkisiyle 20-25 °C'ye yükselmektedir (Şekil 6). Karadeniz soğuk ara tabakası (CIL) nın çalışma yapılan basende 50-100'de bulunduğu belirlenmiştir. Şekil 6'den görüleceği CIL'in altında sıcaklık, tuzluluk ve sigma-theta göreceli olarak ancak bölgesel farklılıklar göstererek artmakta ve yaklaşık olarak 200-250m'nin altında tüm basende sabit bir değere ulaşılmaktadır. Genel olarak doğu ile batı bölgeleri arasında belirgin bir yüzey suyu sıcaklığı göze çarpmakta olup batı bölgesi yaklaşık olarak 1-2 °C kadar daha soğuktur. Buna sebep olarak bu bölgedeki hafif/orta şiddetli fırtınalar neticesinde meydana gelen dikey karışım olayları gösterilebilir.

III.1.2. KARADENİZ'İN KİMYASAL OŞİNOGRAFİSİ

Derin bir iç deniz olan Karadeniz'in yüzey tabakası, yoğun tatlı su (nehir) girdisi nedeniyle az tuzlu sularla kaplıdır. Yüzey tabakasının altında ise Akdeniz kökenli bağıl olarak daha tuzlu sular yer almaktadır ve yaklaşık 200 metrenin altında tuzluluk fazla değişmemektedir. Bu iki tabaka arasında ise haloklin geçiş tabakası vardır. Bu geçiş tabakasının kalınlığı ve sınır derinlikleri gerek bölgesel gerekse mevsimsel bazda değişkenlik göstermektedir. Karadenizin üst tabaka sularının biyolojik ve kimyasal özellikleri de zaman-mekan ölçekli değişimler göstermektedir. Bu nedenle deniz saha çalışmaları sırasında çok sayıda istasyonda farklı derinliklerden alınan deniz suyu örneklerinde kimyasal ölçümler yapılmıştır. Örnekleme derinliğinin belirlenmesinde, ölçümü yapılacak kimyasal parametrenin Karadeniz'in su kolonundaki bilinen genel dağılımı dikkate alınmıştır. Kimyasal özelliklerinde anormal değişimler beklenmeyen yüzey tabakasında ve anoksik (oksijensiz) tabakada örnek toplama aralığı 10 ila 50 metre arasında değişmektedir. Oksijence fakir ara tabakanın bazı kritik derinliklerinde gerektiğinde 2-3 metere aralıklarla örnekleme yapılmıştır.

Son çeyrek yüzyılda Karadeniz'e artan miktarlarda karasal kaynaklı kimyasal kirleticilerin girmesi sonucu deniz ekosisteminde dramatik değişimler olduğu uluslararası bilim dünyasınca önemle vurgulanmıştır (Bologa ve diğ., 1985/1986; Murray ve diğ., 1989;1991;1994; Kempe ve diğ.,1991; Tuğrul ve diğ., 1992; Cociasu ve diğ., 1996). Karadeniz, sahip olduğu kendine özgün biyokimyasal özellikleri ile dünyamızda var olan hidrojen sülfürlü denizlerin en büyüğüdür. Bu nedenle bu denizimizde 1994-1997 Proje döneminde yapılan çalışmalardan detaylı olarak söz edilmiştir.

Çözünmüş Oksijen:

Bu denizimizde yüzeyden en fazla 150-200 metreik derinliğe kadar uzanan üst tabaka sularında oksijen bulunmaktadır (Şekil 7). Oksijenli üst tabakanın kalınlığı Karadeniz'in genellikle siklonik döngü sistemlerinin etki alanındaki açık sularında 100 metreden daha azdır. Oksijenli tabakanın kalınlığı kıyılara doğru belirgin bir artış gösterir. Oksijenli suların altında ise tabana kadar uzanan çok kalın hidrojen sülfürlü su kütlesi bulunmaktadır. Oksijenli üst tabakanın kalınlığı ve dolayısıyla hidrojen sülfürlü suların başladığı derinlik, sistemin hidrografik özellikleri ve su döngülerine bağlı olarak çarpıcı bölgesel farklılıklar gösterdiği yıllardır bilinmektedir. Aynı yoğunluktaki su kütleleri, farklı bölgelerde farklı derinliklerde gözlendiğinden aynı hidrokimyasal özelliklere sahip su kütleleri Karadenizin derin baseni boyunca farklı derinliklerde dolaşmaktadır. Bölgesel fark gözetmeksizin veya bu bölgesel değişimi ortadan kaldırmak için tüm DO ve H_2S bulgularının bir arada yoğunluğa karşı çizildiği kombine profillerden seçmeler Şekil 8'de verilmiştir. Görüleceği üzere, Karadeniz'in yüzey suları yıl boyunca oksijence zengindir. Ancak, yaz ve kış aylarındaki yüzey suyu sıcaklığına bağlı olarak üst tabakanın oksijen içeriği 250-450 µM arasında değişmektedir. En yüksek DO değerleri, termoklin altındaki sıcaklığı düşük (soğuk) tabakada gözlenmektedir. Yüzeye yakın bu soğuk su kütlesinde fotosentez sürekli var olduğundan, oksijen konsantrasyonu suyun doygunluk

değeri üzerine çıkabilmektedir. Oksijence zengin üst tabaka, kıyısal bölgelerde yüzeyden 100 metre derinliğe kadar uzanabilmektedir; bu derinliklerde konsantrasyon 200μM veya daha yüksektir. Karadeniz'in açık sularında ise DO derişimi genellikle 40-50 metrenin altında hızlı bir düşüş gösterir. Atmosfer girdisinin yanısıra, deniz yüzeyinde süregelen fotosentez de Karadeniz için oksijen kaynağı olduğundan, ışık şiddetinin yüzeye göre %1'in altına düştüğü derinlikten sonra, oksijen konsantrasyonu su kolonunda derinlikle hızla azalan bir değişim göstermektedir. Oksijenin hızlı değişim gösterdiği ara tabakanın kalınlığı fazla değişmemekle birlikte, bu tabakanın üst ve alt sınırları farklı bölgelerde farklı derinlikte gözlenmektedir. Su döngülerinin genellikle siklonik olduğu açık sularda oksijenin hızlı düşüş gösterdiği tabaka (oxycline) ve dolayısı ile onun alt ve üst sınırları yüzeye daha yakın derinliklerdedir. Antisiklonik döngülerin hakim olduğu kıyısal bölgelerde ise bu tabaka çok daha derindedir; ve bu alanlarda DO=20 μM sınırına ancak 150- 175 m' de ulaşılmaktadır. Basen boyunca farklı derinliklerde gözlenen oksijen gradient tabakası (oxycline), DO derişimleri su yoğunluğuna karşı çizildiğinde bölgesel değişimlerin çok azaldığı görülmektedir (Şekil 8). Su yoğunluğunun 14.5-14.6'ya kadar yükseldiği üst tabakada DO her zaman doygunluk değerine yakındır. Bu su yoğunluğu değerinin altına doğru inildikçe derinlikle hızla azalan bir DO profili ortaya çıkmaktadır; bu hızlı düşüş, su yoğunluğunun yaklaşık 15.4-15.6'ya ulaştığı derinliğe kadar devam etmektedir. Bu derinlikten sonra oksijenin azalma hızı çok yavaştır; su yoğunluğunun 16.0-16.1 ulaştığı derinliklerde ise DO=5 μM sınırının altındadır. Oksijenin düşme hızının yavaşladığı, ve hidrojen sülfürün gözlenmediği bu ara tabaka "suboksik" tabaka olarak tanımlanmaktadır. Oksijence fakir (suboksik) tabakanın kalınlığı bölgesel ve mevsimsel olarak fazla değişim göstermemektedir. Ancak, düşüş hızlarında az da olsa bölgesel farklılıklar gözlenmektedir; örneğin, siklonik alanlarda DO=20-30 μM'luk konsantrasyon sınırına, antisiklonik alandaki değişime kıyasla daha düşük su yoğunluğunda ulaşılmaktadır. DO<5.0 μM sınıra ise su yoğunluğunun 15.9-16.0 olduğu derinliklerde ulaşılmaktadır. Hidrojen sülfürlü suların başladığı ve su yoğunluğunun 16.2 olduğu derinlikte ise DO ölçülemeyecek kadar düşüktür.

Hidrojen sülfür (H_2S):

Karadeniz'de oksijenli yüzey sularının en fazla 150-200 metre derinliğe kadar uzandığı bilinmektedir. Bu oksijenli tabakanın altında kalan ve 2000 metre derinliğe kadar uzanan derin su kütlesi hidrojen sülfür içermektedir. Çünkü oksijenli sularla sülfürlü sulara arasındaki yoğunluk farkı, dikey karışımlar yoluyla derin sulara oksijen transferine olanak vermemektedir. Oksijenli tabakanın alt sınır derinliği bölgesel olarak değişmektedir. Buna paralel olarak sülfürlü anoksik suların başladığı derinlik de bölgesel olarak farklılık göstermektedir. Bu sınır siklonik döngü bölgelerinde 75-100 meterlerde iken, kıyısal alanlada 150-200 metre sınırının altına düşmektedir (Şekil 7). Oksijen profillerine pararlel olarak, sülfürlü tabaka farklı alanlarda farklı derinliklerde gözlense de her zaman su yoğunluğunun yaklaşık 16.15-16.20 olduğu derinlikte başlamaktadır (Şekil 8). Derinlere doğru inildikçe hidrojen sülfür konsantrasyonu düzenli bir artış göstermektedir. Özetle vurgulamak gerekirse, güvenilir H_2S bulgularının toplandığı son on yılda sülfürlü tabakanın üst sınırında belirgin bir değişim gözlenmemiştir (Tuğru ve diğ., 1992).

Besin Tuzları:

Tatlı su girdisinin ve buna bağlı olarak besin elementleri girdisinin yoğun olduğu Karadeniz'de, biyolojik çeşitlilik, plankton üretimi ve buna dayalı olarak ekonomik değere haiz balık potansiyeli oldukça yüksektir. Bu özellikleri ile dünyanın verimli denizleri arasında yer almaktadır. Ancak son çeyrek yüzyılda karasal kaynaklı kirlenmenin artması ve de bazı canlı türlerinin ekosistemde baskın hale gelmesi, Karadeniz'in canlı yaşamında anormal değişimlere neden olmuştur. Örneğin, büyük boy balık stoku ve türünde çarpıcı azalmalar, küçük boy balık türlerinden bazılarının miktarında belirgin artışlar olmuştur. Bu değişimlerde insan kaynaklı baskılar ve iklimsel değişiklerin birlikte önemli rol oynadığı varsayımları güç kazanmaktadır (Vinogradov ve diğ., 1989; Vladimirov ve diğ.,1997; Shuskina ve Musaeva, 1990; Kıdeyş, 1994; Vinogradov ve Sushkina, 1992; Mutlu ve diğ., 1994).

Uygun ışık koşulları altında fotosentezle tüketilen besin tuzları derişimlerinin Karadeniz'in yüzey sularında mevsimsel ve bölgesel boyutta önemli değişimler göstermesi beklenen bir sonuçtur. Bu zaman-mekan değişiminin derecesi, 1994-1997 dönemine ait yüzey suları bulgularından açıkça görülmektedir. Fotosenteze dayalı tüketimden dolayı, Karadeniz'in ilk 40-50 metrelik yüzey tabakasında besin tuzu konsantrasyon değerleri genellikle düşüktür (Şekil 9a). Karasal (nehir) girdilere yakın kıyısal yüzey sularında göreceli olarak bir miktar artmaktadır. Bölgesel bazda hesaplanan yüzey suyu (öfotik tabakası) ortalamaları, reaktif fosfat için 0.03 ile 0.3 µM arasında değişmektedir. 1994-1997 döneminde nitrat+nitrit (NO_x) değerlerinin bölgesel ve mevsimsel değişimleri 0.16 ila 1.5 µM arasındadır Şekil 9b). En düşük NO_x değerleri, karasal girdinin çok sınırlı olduğu siklonik bölgelerde ölçülmüştür. Benzer şekilde açık sularda fosfat değerleri de düşük bulunmuştur (Şekil 9a).

Işıklı yüzey sularında, fotosenteze dayalı tüketim nedeniyle düşük olan besin tuzları konsantrasyonları, öfotik tabakanın altındaki göreceli olarak oksijenin azalmaya başladığı sularda belirgin bir artış gösterir. Şekil 9'da sunulan derinlik profillerinden açıkça görüleceği üzere, besin tuzlarının artmaya başladığı tabakanın (nutriklin) derinliği bölgesel farklılıklar göstermekdir. Besin tuzları artışı daha çok antisiklonik döngülerin gözlendiği kıyı sularında ve sürekli bir yapı olarak belirlenen Batum antisiklonunda daha derinlerde, fakat daha düşük su yoğunluğundan başlamaktadır. Antisiklonik döngülerin hakim olduğu kıyısal alanlarda besin tuzları artışı su yoğunluğunun 14.0-14.2'ye, siklonik alanlarda ise ancak 14.5'e ulaştığı derinliklerde başlar. Nitrat profilindeki en yüksek (tepe) değerler, basen boyunca su yoğunluğunun 15.3-15.5'e ulaştığı derinliklerde gözlenmiştir (Şekil 10). Besin tuzlarının su kolonundaki artışı, ortamdaki oksijen azalmasının tersi yönünde ve düzgün bir şekilde olmaktadır. Oksijenin 20-30 µM sınırına düştüğü derinlik, fosfat ve nitrat konsantrasyonlarının en yüksek değerlere ulaştığı yoğunluk yüzeyiyle çakışmaktadır (Şekil 10). Suboksik tabakadaki yoğun "denitrifikasyon"dan dolayı, oksijensiz tabakaya ulaşıldığında, nitrat derişimleri gözlenemez seviyelere düşmektedir. Tepe değer noktasının altında, hızla azalan bir

değişim gösteren nitrat profili, su yoğunluğunun 16.1-16.2'e kadar ulaştığı derinliklerde 0.1-0.2 µM'a kadar düşer (Şekil 9 ve 10). Karadeniz'in hidrojen sülfürlü derin sularında nitrat bulunmaz. Çünkü oksijensiz koşullarda organik madde ayrışmasından açığa amonyak çıkar ve sülfürlü su kolonunda birikir; suda çözünmüş olarak bulunan amonyak (amonyum iyonu), derinlere doğru inildikçe hidrojen sülfür artışına paralel olarak düzenli bir artış gösterir.

NO_x iyonlarının dağılımında olduğu gibi, reaktif fosfat (o-PO_4) konsantrasyonlarının Karadeniz'in oksik, suboksik ve anoksik sularındaki dağılımları, oksijenli denizlerde bilinen fosfat profillerinden çok farklıdır. Şekil 9a ve 10'dan görüldüğü gibi, Karadenizin nehir etkisi dışında kalan bölgelerinde yüzey suları fosfatça fakirdir. Fotosenteze dayalı organik madde çoğalmasının olmadığı oksijenli alt tabakada ise fosfat miktarı 1.0-1.2 µM seviyelerine kadar ulaşmaktadır (Şekil 9a ve 10). Nitrat'ın tepe değerlerine yakın derinliklerde geniş bir aralıkta yükselme eğilimi gösteren fosfat profili, su yoğunluğunun 15.85-15.90'a ulaştığı daha alt derinliklerde belirgin bir azalma gösterebilmektedir (Şekil 10). Burada önemle vurgulanması gereken nokta şudur: Söz konusu tabakadaki fosfat minimumu (kaybı) siklonik döngülerin hakim olduğu açık sularda çok belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bölgenin suboksik sularında PO_4 derişimi 0.05-0.1 µM mertebesine kadar düşebilmektedir (Şekil 9a). Antisiklonik döngülerin hakim olduğu kıyısal alanlarda ise aynı su yoğunluğunda daha zayıf bir fosfat minimumu gözlenmektedir. Bu iki bölge arasında kalan ve yatay su hateketlerinin ve cephe sistemlerinin (meandering Rim current ve frontlar) en yoğun olduğu dar alanlarda ise fosfat minimumu neredeyse gözlenemez hale gelir. NO_x konsantrsyonunun çok azaldığı suboksik-anoksik geçiş tabakasında (Sigma-t= 16.0-16.2) ise, PO_4 konsantrasyonu çok hızlı bir artışla, 0.1-0.2 µM'dan 4-8 µM'a varan tepe değerlere ulaşır (Şekil 10). Bu ince tabakadaki anormal (keskin) fosfat artışlarının nedeni, suboksik sulardaki fosfat iyonlarının Fe ve Mn oksit içerikli katı maddelere tutunarak anoksik tabakaya taşınması ve sülfürlü sularda metal iyonlarının indirgenmesi sonucu açığa çıkan PO_4 iyonlarının anoksik tabakanın üst sınırında birikmesidir(Shaffer, 1986). Su yoğunluğunun 16.20-16.25 olduğu derinliklerde tepe değerlere ulaşan fosfat konsantrasyonu, anoksik sularda önce bir miktar azalan, daha sonra da derinlikle çok yavaş artan değişim göstermektedir.

Güney Karadeniz'in yüzey sularında reaktif silikat konsantrasyonu gerek bölgesel gerekse mevsimsel farklılıklar göstermektedir. Kış döneminde dikey karışımlarla alt tabaka kaynaklı girdiler sonucu yüzey sularında silikat derişiminin 5-10 µM seviyesine kadar yükseldiği bilinmektedir(Şekil 9c). 1994-1997 döneminde ise bölgesel olarak, yüzey sularındaki silikat derişimi çoğunlukla 1-4 µM arasında değişmiştir. Yüzey sularında genellikle düşük olan silikat derişimi, ışıklı tabakanın altına inildiğinde derinlere doğru düzenli olarak artan bir eğilim göstermektedir (Şekil 9a). Nitrat konsantrasyonun tepe değerlere ulaştığı suboksik tabaka üst sınırında silikat konsantrasyonu 30-40 µM, hidrojen sülfürlü suların başladığı derinliklerde ise 70-80 µM seviyesine ulaşmaktadır. Diğer besin tuzlarında olduğu gibi silikata ait tabakalaşma (nutrklin) siklonlarda daha sığ derinliklerde antisiklonlarda ise daha derinlerde yer almaktadır (Şekil 9c). Reaktif silikatın denizlerdeki çevrimi ortamın redoks potansiyeli ile doğrudan ilişkili olmadığından, Karadeniz ve okjenli

denizlerdeki silikat profilleri benzerlik gösterirler (Bölüm III.3). Ancak, derin sulardaki konsantrasyon, alt tabaka sularının yenilenme zamanı ve üst tabakadan silikat içerikli katı madde (diatom) girdi miktarına (sedimentasyon hızına) bağlıdır. Karadenizde derin sularının yenilenme ömrünün uzun, üst tabakadan taşınanan silisli madde mikatarının da fazla olması sonucu, derin sularda silikat derişimi 300 µM'a kadar ulaşmaktadır. Bu değer, komşu Marmara Denizi alt sularında ölçülen reaktif silikat değerlerinin yaklaşık 7-8 katıdır.

III.1.3. KARADENİZ SULARININ BİO-OPTİK ÖZELLİKLERİ VE İLK ÜRETİM

Su kolonunun optik özellikleri:

Bulutsuz günlerde ve güneş ışığının yeterince dik geldiği saatlerde (10:00-14:00) yapılan ışık şiddeti ve Seki Disk Derinliği (SD) ölçümlerine göre, Güney Karadeniz'de SD genellikle 5-15 m arasında değişmektedir. Fakat plankton üretiminin yoğun olduğu bölgelerde ve mevsimlerde aşırı plankton çoğalması yüzey sularında aşırı partikül madde birikimine neden olabilmektedir. Böyle durumlarda SD'in 2-3 metreye kadar düştüğü dönemler gözlenmekle birlikte, 1994-1997 yıllarında yapılan saha çalışmalarında böyle anormal koşullarla karşılaşılmamıştır. Bu çalışma döneminde ölçülen ışık şiddeti değerlerinin su kolonunda yüzey ışık değerine göre azalma yüzdesi (% I) Şekil 11 a-e'de verilmiştir. Bu seri şekillerden görüleceği üzere, güneş ışığının yüksek enerjili dalga boyları yüzeye yakın derinliklerde emilmektedir; yüzeyin ışık sönüm katsayısı (K_d) da bağıl olarak yüksek olup, 0.15 ile 0.35 m^{-1} arasında değişmektedir. Derine inildikçe kısmen düşen K_d değerinin belli bir derinlikten sonra sabit kaldığı, fakat bölgesel ve mevsimsel olarak 0.1-0.25 m^{-1} arasında değiştiği gözlenmiştir. Bu dönemde, deniz yüzeyinde okunan ışık şiddeti değerinin %1'ine 20-40 metre derinliklerde ulaşılmıştır. Bu derinlik, fotosentezin hemen hemen solunuma eşit olduğu derinliği temsil etmekte ve pratik olarak öfotik(ışıklı) tabaka sınırı olarak kabul edilmektedir. Bunun altında, oksijen konsantrasyonu %0.1 ışık derinliğine kadar çok yavaş azalan bir dikey değişim gösterir. Çünkü fotosentez yavaşlasa da bu derinliğe kadar devam ettiği bilinmektedir. En az ışık geçirgenliği (%1 ışık derinliği) Nisan 1996'da Sinop açıklarında 20 m olarak ölçülmüştür. En yüksek değerler ise 1996 yazında kaydedilmiştir. SD ölçümleri, %1 ışık derinliği ile kıyaslandığında; %1 ışık derinliği ≈2.5*SD (m) olduğu hesaplanmıştır. SD ise pratik olarak yüzeyde ölçülen güneş ışığı şiddetinin yaklaşık olarak %20'sine düştüğü derinliği temsil etmektedir. Deniz ortamında ışık geçirgenliği ortamdaki partikül madde miktarı ile ters orantılı olduğundan, Karadeniz'de ölçülen SD ve %1 ışık derinliği Akdeniz'e kıyasla çok düşüktür. Besin elementlerince fakir olan Akdeniz'de fotosentez 100-150 meter deriniğe kadar devam ederken, Karadenizde ise fitoplankton üretimi ilk 30-40 metrelik üst tabakada olmaktadır (Ediger ve Yılmaz, 1996a;1996b; Yılmaz ve diğ., 1994; Vidal, 1995).

Fitoplankton biyo-kütlesi ve ilk üretim:

Denizlerin ışıklı yüzey tabakasında fotosentez yoluyla çoğalan fitoplanktonlar, ortamın üretkenlik derecesi ve hidrokimyasal özelliklerine bağlı olarak, bazı denizlerde sadece ilk 20-40 metrelik yüzey tabakasına yayılırken, birincil üretimce fakir denizlerde 150 metre derinlere kadar fitoplankton çoğalması olabilmektedir. Karadeniz, bugün sahip olduğu temel oşinografik özellikler bakımından birinci gruba girmektedir. Bu iç denizimizde fotosentez, ışığın ulaştığı ilk 20-40 metrelik bir tabakada olmaktadır. Kıyısal alanlarda karasal girdiler nedeniyle bağlı üretimlerin çok yoğun olması nedeniyle ışıklı tabaka çok incelmektedir ve üretim bu ince tabakada gerçekleşmektedir. Bu tabakanın kalınlığı, bir önceki bölümde sunulan ışık şiddeti verilerinden de anlaşılacağı üzere, mevsimsel ve bölgesel değişim göstermektedir. Bu değişimi kontrol eden temel faktörler ise ortamın besin tuzu zenginliği, mevsimsel tabakalaşma süreci ve derinliği, ışık şiddeti ve rüzgar etkisine bağlı karışımlar ve yatay akıntılardır. Bu karmaşık ve birbirini etkileyen çevresel faktörlere bağlı olarak, herhangi bir bölgede fitoplankton yoğunluğunun (biyo-kütle) göreceli dikey dağılımını temsil eden klorofil-a konsantrasyonu Karadeniz'de bölgesel ve mevsimsel değişimler göstermektedir.

1994-1997 döneminde elde edilen klorofil-a (Chl-a) bulgularının derinlikle değişimleri seçilen mevsimler ve bölgeler için Şekil 12'de verilmiştir. Tüm ölçüm sonuçları dikkate alındığında, klorofil-a yüzey değerleri, bölgesel ve mevsimsel olarak 0.05-2 µg/L arasında değişmektedir. Chl-a konsantrasyonu, yaz ve sonbahar mevsimlerinde termoklin üstündeki yüzey karışım tabakasında genellikle homojen bir dağılım göstermiştir. Bu düşük konsantrasyonlu yüzey tabakasının hemen altında 20-40 m arasında yerleşen derin klorofi-a maksimumu (piki) gözlenmektedir (Şekil 12). Işıklı tabakanın tabanına doğru da hızla konsantrasyon azalmaktadır. Kış sonu ve ilkbaharın ilk aylarında genellikle klorofil-a tüm ışıklı kolon boyunca homojen bir dağılım göstermektedir. Mevsimsel bazda en düşük klorofil-a değerleri ilkbahar patlamasını takip eden dönemde, Nisan ayında ölçülmüştür. Besin tuzlarınca fakir olan bu dönemin yüzey sularında klorofil-a değerlerinin de genellikle 0.25 µg/L dan az olduğu gözlenmiştir. Sadece Boğaz bölgesinde 0.7 µg/L seviyesine kadar yükselmiştir. Bu bölge zaman zaman doğrudan kuzey-güney doğrultusundaki kuvvetli kıyı akıntılarının etkisi altında kalmaktadır. Bu nedenle besin elementleri ve organik maddece kısmen zengin kuzeybatı kıta sahanlığı suları Boğaz bölgesine kadar ulaşmaktadır (Sur ve diğ., 1996). Eylül-Ekim 1995 ve 1996 dönemlerinde ise Boğaz ve doğu Karadeniz açık sularında en yüksek klorofil-a değerleri ölçülmüştür. Şekil 12'de verilen tipik mevsimsel profillerden açıkça görüldüğü gibi, klorofil-a konsantrasyonu en yüksek değerlere besin elementlerinin yeterince bulunduğu yüzey tabakasında ulaşmaktadır. Ancak, yüzey suyunda mevsimsel tabakalaşma başladıktan sonra, karasal girdilerin etki alanı dışında kalan yüzey sularına alt sulardan karışım yoluyla besin tuzları girdisi çok düşmektedir. Bu nedenle, tabakalaşmanın devam ettiği yaz ayları ve sonbaharın ilk aylarında fitoplanktonlar ışığın optimum olduğu ve daha fazla besi tuzu kullanabilme şansının bulunduğu derinliklerde yerleşme eğilimi gösterirler ve sonuç olarak genellikle 20-40 metreler arasında klorofil-a maksimum değerlere ulaşmaktadır. Mevsim ve bölge özelliğine bağlı olarak, 40-50 metrelerden sonra klorofil-a değereleri 0.1-0.2 µg/L

mertebesinin altına düşmektedir. Ancak, Nisan 1996 seferinde olduğu gibi, 40-50 metre derinliklere kadar fazla değişmeyen klorofil profilleri de elde edilmiştir. Bu değerler genellikle düşüktür; yine de, ışık şiddetinin çok düşük olduğu derinlikte plankton yoğunluğunun üst sularla benzerlik göstermesi, alt tabakada üretimin fazla olduğunun kanıtı sayılmamalıdır. Besin elementlerince fakir ve ışık şiddetinin genellikle %1'den az olduğu 40-50 metre derinlikteki klorofil artışının temel nedeni, düşük ışıkta çoğalan ve bu ortama adapte olan nanoplankton türü mikroskopik canlıların yüzeyde bulunan diğer fitoplankton türlerine kıyasla birim ağırlıkça (ya da her hücre çoğalmasında) daha fazla klorofil sentezlemesi ve sonuçta hücre içerisindeki organik karbon:klorofil-a oranının aşırı azalmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısı ile fitoplankton ağırlığının yaklaşık %1'ini teşkil eden klorofil-a miktarının derinlere doğru fazla artış göstermesi, çoğunlukla bu derinliklerde plankton yoğunluğunun da aynı oranda arttığı anlamını taşımamaktadır. Su kolonundaki dikey homojen Chl-a dağılımında, sıcaklık tabakalaşmasının henüz fazla yoğun olmadığı ilkbahar koşullarında plaktonların pasif olarak derinlere çökmesinin ve su kolonunun fizksel karışımının da önemli rolü vardır.

Nisan 1995-Eylül/Ekim 1996 döneminde Karadeniz'de yapılan birincil üretim ölçümlerinde, güneş ışığı şiddetinin %10'dan yüksek olduğu yüzey sularında planktonik canlıların organik madde sentezleme hızının her zaman yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 11a-e). Işık şiddetinin %10'un altına düştüğü derinliklerde ise birincil üretim hızında belirgin bir düşüş gözlenmektedir. Diğer bir anlatımla derin sulardaki ışık şiddeti fotosentezin hızını sınırlamaktadır. Işık şiddetinin %1'e düştüğü derinliklerde ise birincil üretim hızı çok düşmektedir. Bu derinliklerden alınan deniz suyu örnekleri laboratuvar koşullarında deniz yüzeyindeki ışık şiddetine eşdeğer yapay ışık altında tutulduğunda birincil üretimin yüzey sularında ölçülen değerlere yakın olduğu gözlenmiştir (Yılmaz ve diğ., 1997). Bu da açıkça göstermektedir ki, derin sulardaki düşük birincil üretim hızı, öncelikle ışık şiddetinin yetersiz olmasının bir sonucudur. Bu dönemlerde ortamda düşük miktarlarda bulunan besin elementleri, birincil üretim üzerinde ikinci derecede etken olduğu anlaşılmaktadır. Derinliğe göre entegre edilen günlük birincil üretim değeri mevsimsel olarak 195 ile 1925 mgC/m^2/gün arasında değişmektedir (Çizelge 3). Çizelgeden görüleceği üzere en düşük üretim yaz 1996 döneminde İstanbul Boğazı çıkışında, en yüksek üretim ise Nisan 1996 döneminde Sinop açıklarında ölçülmüştür. Bu değerler literatürde verilen değerlerle uyum içerisindedir (Bologa, 1985/1986; Vedernikov ve Demidov, 1993). Karadeniz'de genel anlamda mevsimsel değişimler incelendiğinde 19960-1990 yılları arasında elde edilen sonuçlara göre kış karışımını takip eden aylarda (Şubat-Mart) fitoplankton üretiminde patlamar gözlenmektedir (yeni üretim) ve yüzey sularında besin tuzlarının tüketilmesini takiben fitoplankton yoğunluğu ve fotosentetik üretim azalmakta ve yaz aylarında en az seviyeye ulaşmaktadır. Sonbahar aylarında ise ilkbahar patlamasına oranla daha küçük çapta bir fitoplankton patlaması olmakta ve bu üretim genel anlamda regenere üretimi temsil etmektedir (Vedernikov ve Demidov, 1993). Ancak 1990 lı yıllardan sonra mevsimsel bazda önemli değişimler gözlenmiş daha önceki yıllarda bölgesel bazda gözlenen yaz patlamaları tüm basen bazında gözlenmeye başlanmıştır (Hay & Honjo, 1989; Hay ve diğ, 1990; 1991; Sur ve diğ, 1996). Bu çalışma döneminde elde edilen sonuçlar da

Karadeniz'de ilkbahar ve sonbahar fitoplankton patlamalarına paralel olarak yaz döneminde de fotosentetik aktivitenin yoğun olduğunu gözlenmiştir

Çizelge 3. Güney Karadeniz'de ışıklı tabakada entegre edilmiş günlük birincil üretim hızları [P(D) (mgC m^{-2} $gün^{-1}$)]

Bölge	Mart/Nisan 1995	EylülEkim1995	Nisan1996	Haz-Tem 1996
İstanbul B. çıkışı	247	405	-	195
Batı Siklonu	-	-	-	687
Sakarya açığı	-	-	-	603
Sinop açığı	-	-	1925	-

Partikül Organik Karbon, Azot ve Fosfor:

Deniz suyunda bulunan ve çoğunlukla fotosentez ürünü olan partikül organik karbon (POC), partikül organik azot (PON) ve partikül fosfor (inorganik yapıları da kapsamaktadır) (PP) ölçümleri Karadeniz'de sınırlı sayıda istasyonda ve sadece sülfürlü tabakaya kadar uzanan 100-150 metrelik oksijenli ve oksijensiz sularda yapılmıştır. Elde edilen bulguların derinlikle değişimleri Şekil 13'de mevsimsel olarak verilmektedir.

1995-1996 dönemini kapsayan deniz saha çalışmalarında elde edilen sonuçlardan seçilen tipik POC, PON ve PP profilleri yüzeyden derinlere doğru azalan bir değişim göstermektedir. Fotosentezin sürdüğü yüzey tabakasında POC konsantrasyonu çoğunlukla 5-28 µM arasında değişmektedir; öfotik tabakanın altında ise 3-5 µM mertebesine kadar düşmektedir. Deniz ortamında sentezlenen partikül organik maddenin (POM) temel yapı taşlarından birisi olan organik azot (PON) da POC'ye benzer dikey dağılım göstermektedir. Üretken üst tabakada 0.5-3.1 µM arasında olan PON derişimi, 50 metrenin altında ise 0.2-0.3 µM kadardır. PP konsantrasyonu bölgenin yüzey sularında mevsimsel olarak 0.05-0.15 µM arasında değişmektedir; alt sularda ise 0.01-0.03 µM mertebesine düşmektedir. Şekil 13'de sunulan partikül madde profillerinden anlaşılacağı üzere, suboksik/anoksik geçiş tabakası içinde (su yoğunluğu=16.0-16.2 arasında olduğu derinliklerde) PP konsantrasyonu keskin bir artış göstererek tepe değerlere ulaşmaktadır. Benzer artışlar POC ve PON profillerinde de gözlenmekle birlikte, bu artışlar PP'dekine kıyasla daha düşüktür. Dolayısıyla üst tabakada genelllikle 11-16 arasında değişen PON/PP oranı, PP'nin tepe değerlere ulaştığı anoksik tabaka sınırında 4'e kadar düşmektedir. POC/PP oranı da benzer düşüşler göstermiştir; yüzeyde 110-160 arasında değişen bu oran, söz konusu geçiş tabakasında 30-35 mertebesine kadar azalmaktadır.

Yüzey sularında mevsimsel tabakalaşmanın başlaması ve besin elementlerinin tüketilmesine paralel olarak, birincil üretim ilkbahar-sonbahar döneminde genellikle

düşer. Fakat ortamın partikül organik madde miktarında çok fazla değişim olmaz. Plankton üretiminin düşük de olsa sürekliliği, ölü plankton artıkları ve partikül madde ile beslenen zooplanktonların varlığı ortamdaki toplam POM'nin mevsimsel değişkenliğini sınırlayan temel faktörlerdir. Çünkü yüzeyde yavaş yavaş parçalanan partikül madde ortama tekrar inorganik besin tuzları vermektedir. Bunların fotosentezde tekrar kullanımı ile partikül organik madde üretilmektedir. Yani, ilkbahar plankton patlamasından sonraki dönemden yaz sonuna kadar yüzey tabakasında ölçülen partikül maddenin çoğu sistemin kendi iç döngüsünden kaynaklanan asgari POC,PON ve PP miktarlarını (fon derişimlerini) temsil etmektedir. Ayrıca bu çalışma döneminde yaz aylarında fitoplankton patlamaları gözlenmiştir.

Karadeniz'in üretken yüzey sularındaki POM'un genel element kompozisyonunu belirlemek için elde edilen verilerin regresyon analizleri yapılmıştır. Bunun amacı ortamda POM artışının hangi kimyasal kompozisyon (C:N:P oranları) ile oluştuğu ve bu oranların mevsimsel değişimlerini görebilmektir. Elde edilen regresyon eşitlikleri Çizelge 4'de verilmektedir.

Çizelge 4. Karadeniz'de ışıklı tabakadaki partikül organik maddenin regrasyon analizi ile elde edilen element kompozisyonu

Tarih	Regrasyon	r2	n
Mart-Nisan, 1995	POC = 253.6 PP - 0.6 POC = 7.8 PON + 4.4 PON = 32.0 PP - 0.6	0.93 0.98 0.92	12
Eylül-Ekim, 1995	POC = 109.3 PP + 3.4 POC = 8.8 PON + 3.3 PON = 11.2 PP + 0.1	0.36 0.81 0.37	35
Nisan, 1996	POC = 111.8 PP + 1.7 POC = 7.5 PON + 0.3 PON = 14.2 PP +0.2	0.29 0.90 0.30	25
Haziran-Temmuz, 1996	POC = 164.5 PP + 0.3 POC = 9.6 PON + 0.6 PON = 16.6 PP ± 0.0	0.82 0.88 0.84	28

Görüleceği üzere, POM artışı sırasında partikül maddenin C/N oranı 7.5-9.6 arasında değişmektedir. Diğer bir deyişle, partikül maddenin C ve N bileşenlerinin göreceli miktarı mevsimsel olarak az salınım göstermektedir. Benzer şekilde POM'daki N/P oranı da 11.2 ile 16.6 arasında değiştiği hesaplanmıştır. Bu değişim aralıkları diğer denizlerdeki bulgularla benzerlik göstermektedir. POM'da hesaplanan N/P oranları (11-16), normal şartlarda deniz ortamında çoğalan fitoplankton kompozisyonuna (N/P=16) yakındır. Bu benzerlik bize, 1995-1996 döneminde Karadeniz yüzey sularında gözlenen besin elementleri fakirliğinin ortamdaki sentezlenen POM'ın kimyasal kompozisyonuna fazla yansımadığını işaret etmektedir. Ancak, Haziran-

Temmuz 1996 ölçümlerinde C/P ve C/N oranlarının yüksek bulunması, yüzey sularındaki POM artışının yüksek karbon içerikli olduğunu göstermektedir. Yani fotosentez sırasında daha fazla carbon sentezlenmiş ya da ortamdaki POM artışını cansız partikül madde artışı ile yakın ilşkilidir. PON-PP regresyon eğrisinin X-Y eksenlerinin kesişme noktasına çok yakın geçmektedir. Yani, canlı POM maddenin oluşumu esnasında sentezlenen N ve P içerikli organik maddenin ve de cansız POM'in oluşumu ve artışı sırasında N/P oranında dikkate değer değişimler olmamıştır. Regresyondan elde edilen oranlar ölçüm sonuçlarından doğrudan hesaplanan oranlardan genellikle düşüktür. Ortamda biriken POM genellikle POC olarak daha zengindir ya da karasal kaynaklı POM içermesi olasıdır.

Toplam Organik Karbon (TOC):

Bir iç deniz olan Karadeniz'e akarsular yoluyla karasal alanlardan çok fazla miktarda çözünmüş organik madde girdisinin olduğu bilinmektedir. Bunun sonucu olarak Karadeniz'in yüzey sularında ölçülen TOC'un önemli bir yüzdesi karasal kökenlidir ve Okyanus değerlerinden yüksektir. Bu dönemin TOC konsantrasyonları, daha önceki yıllarda yapılan ölçüm sonuçlarıyla uyumludur. Yüzey sularında genellikle 2.0-2.5 mg/L arasında değişen TOC konsantrasyonu, öfotik (üretken) tabakanın altında derinlikle azalan bir değişim göstermektedir. Bu azalma, alt sulara taşınan organik maddenin ortam canlılarınca parçalanmasının bir sonucudur. Oksijence fakir tabakaya ulaşıldığında TOC konsantrasyonları derinlikle fazla değişmeyen homojen bir dağılım gösterirler. Oksijence fakir tabakadan anoksik tabaka üst sularına kadar uzanan geçiş takasında ise TOC konsantrasyonu çok yavaş azalır; 1.2-1.4 mg/L mertebesine kadar düşer. Anoksik tabaka içerisinde ise fazla bir dikey değişim göstermediği gözlenmiştir.

ODTÜ-DBE KÜTÜPHANESİ
METU - IMS LIBRARY

III.2. MARMARA DENİZİ

Marmara Denizi'inde yapılan deniz saha çalışmalarında yerinde ölçüm yapılan ve su örnekleri toplanan istasyonların konumları Şekil 14'de gösterilmiştir. Marmara Denizi ve İstanbul-Çanakkale boğazlarından oluşan Türk Boğazlar sistemi oşinografik açıdan Karadeniz ile Ege Denizi-Akdeniz arasında geçiş özelliği taşıyan yarı kapalı bir sistemdir. Marmara Denizi güneyde göreceli olarak sığ olan geniş bir sahanlık bölgesiyle, kuzeyde doğu-batı yönünde yerleşmiş ve derinliği 1000m'yi aşan üç derin çukur ile Şekil 15'de verilen topografik yapıya sahiptir. Marmara Denizinin en önemli özelliği Karadeniz kökenli az tuzlu (‰ 22-25) yüzey suları ile Akdeniz kökenli tuzlu (‰ 38.5) dip suları arasındaki ve 20-25m derinlikteki sürekli tuzluluk/yoğunluk tabakalaşmasının varlığıdır (Miller ve diğ., 1970; Özsoy ve diğ., 1986;1988). Bu geçiş tabakası biyolojik aktivitenin yoğun olduğu öfotik-ışıklı- tabakanın alt sınırını da belirlemektedir. Karadeniz'den İstanbul Boğazı yoluyla taşınan ve kendi doğal üretiminden ve insan faktöründen kaynaklanan farklı kökenli organik yük, keskin tabakalaşma nedeniyle atmosferle etkileşimi zayıf olan dip sularının oksijence fakir olmasına neden olmaktadır. Diğer bir anlatımla, Karadeniz'den Boğaz yüzey suları ile Çanakkale alt akıntısı ile Ege Denizi'nden Marmara'ya giren suların oksijence doygun olmalarına karşın Marmara Denizi dip sularının oksijen doygunluğu %20-30 seviyesindedir.

III.2.1. FİZİKSEL ÖLÇÜMLER VE DEĞERLENDİRME

Marmara Denizi üst sularında gözlenen akıntı sistemleri (Şekil 16) genel olarak antisiklonik bir yapıyı yansıtmaktadır (Beşiktepe ve diğ., 1994). Bu sistem Karadeniz ve Ege Denizi yüzey seviyelerinin farklı olması nedeniyle oluşan İstanbul Boğazının güneye yönelik yüzey akıntılarının etkisi altındadır. Bu yapı genelde Boğaz akıntısının yüksek olduğu ilkbahar ve yaz aylarında belirginleşmektedir. Kış aylarında ise akıntı sistemlerini rüzgarlar yönlendirmektedir. Yüzey akıntısının zayıfladığı sonbahar ve kış mevsimlerinde Boğaz suları genel olarak çıkışta batıya yönlenmektedir (Beşiktepe ve diğ., 1994). Çanakkale Boğazı yoluyla gelen tuzlu ve yoğun Akdeniz kökenli sular ise tabakalaşmanın alt kısmına yayılıp tüm baseni kaplamakta ve İstanbul Boğazı yoluyla Karadeniz' e ulaşmaktadır. Basen topografyasının etkisi ve mevsimsel değişimlere bağlı olarak dip basenin hidrodinamik yapısı değişkendir. Dip basendeki akıntılar genellikle yavaştır ve batı-doğu yönünde ve topografik yapılara uygun olarak İstanbul Boğazına doğru akmaktadır (Şekil 16).

Marmara Denizi üst suları çoğunlukla Karadeniz yüzey sularının özelliklerini taşımaktadır ve Boğaz geçişi boyunca ve kendi iç yapısında yöresel ısınma/soğuma ve karışım ile bazı değişikliklerle belirlenmiş fiziksel bir yapıya sahiptir. Üst tabaka genelde 25m ile sınırlanmakla birlikte karşımın fazla olduğu meteorolojik şartlarda ve farklı bölgelerde daha derinde yer alabilmektedir(Şekil 17). Bu şekilde Marmara Denizi'inde farklı dip basenlerde ve farklı mevsimlerde sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk ve çözünmüş oksijen profillerinden örnekler verilmektedir. İlkbaharda başlayan ısınma ile ilk 15m'de mevsimsel bir sıcaklık tabakalaşması oluşmakta ve bu yapının altında Karadeniz'dekine benzer bir soğuk ara suyu (CIL) oluşmaktadır. Bu ara tabaka (8 °C

ile karakterize edilmektedir) tüm yıl boyunca kalıcı tabakalaşmanın üzerinde yer almaktadır. Kış karışımları ise bu soğuk ara tabakayı içine alarak tabakalaşmaya kadar etkisini göstermektedir. Deniz suyu sıcaklığı kış aylarında 6-7 °C lik minumuma kadar inerken yaz aylarında 25 °C'ye kadar ısınabilmektedir. Dip basende deniz suyu sıcaklığı 14.5-15 °C gibi sabit bir değere ulaşmaktadır (Şekil 16). Üst tabaka sularının tuzluluğu genelde 23±2 ppt değerindedir ve maximuma karışımın en fazla olduğu kış mevsiminde ulaşmaktadır. Yaz aylarında ise üst tabaka sularının tuzluluğu Karadeniz sularından girdinin artması nedeniyle düşmektedir. Marmara Denizi dip suları bağıl anlamda sabit sıcaklık (14.5 °C), tuzluluk (38.5ppt) ve yoğunluğa(σt=28.6) sahiptir ve Adeniz su kütlelerinin özelliklerini taşımaktadır.

1994-1997 döneminde ölçülen sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk değişimlerini tüm basen bazında gösteren kesitlerden örnekler seçilerek Şekil 18 a-f'de Nisan 1995 ve Eylül 1995 dönemleri için verilmektedir. Bu şekillerden de Marmara Denizinin iki tabakalı yapısı açık bir şekilde görülmektedir. Nisan 1995 döneminde tüm Marmara Denizi derin basenini dolduran 38.67 tuzluluktaki su kütlelerinin Eylül 1995'de doğu baseninde kaybolduğu, batı ve orta basene kadar ve 300-500m derinlikleri kapsayacak bir şekilde bir dil şeklinde uzanabildiği saptanmıştır. Bu örnek yapı bu denizimizin de dinamik bir yapıya sahip olduğunu göstermekte ve mevsimsel değişimlere paralel olarak yıllar arasında da önemli değişmeler gözlendiğini ortaya koymaktadır.

III.2.2. MARMARA DENİZ'İN KİMYASAL OŞİNOGRAFİSİ

Çözünmüş Oksijen:

1994-1997 döneminde yapılan deniz saha çalışmalarında Marmara Denizi'nin farklı bölgelerinde ve farklı mevsimlerinde elde edilen çözünmüş oksijen profillerinden örnekler Şekil 17'de hidrografik bulgularla birlikte verilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, Marmara Denizi'nde Batı Baseninde suda çözünmüş oksijen konsantrasyonunun bahar aylarındaki (Nisan 1995 ve 1996) etkin düşey karışımlardan dolayı ilk 25m'de 300-400 µM aralığında ve yüksek konsantrasyon seviyesinde bulunduğu tespit edilmiştir. Sonbahar döneminde ise (Eylül 1995) aynı bölgede artan su sıcaklığı ve biyolojik oksijen tüketiminin hızlanması nedeniyle yüzey konsantrasyon değerleri 250 µM'ın altına düşmektedir ve genel olarak daha sığ derinliklerde bulunan mevsimsel sıcaklık tabakalaşmasının altında konsantrasyon hızla 100 µM seviyesinin altına düşmektedir (Şekil 17). Karasal, Boğaz ve dolaysıyla Karadeniz kaynaklı organik madde girdisinin en yoğun olduğu doğu derin baseninde oksijen tüketiminin yoğun olmasına karşın bu basenin daha dinamik bir yapıya sahip olması nedeniyle özellikle kış ve bahar aylarında üst sularının oksijence zengin olduğu gözlenmiştir. Haloklin altı sularda oksijen konsantrasyonu 50-75 µM aralığındadır ve tüm dip basende maksimum değerler bağıl olarak bol oksijenli Akdeniz sularının etkisi altındaki batı baseninde, minimum değerler ise doğu baseninde gözlenmiştir. Orta basende yüzey sularında oksijen 250-350 µM aralığında gözlenmiştir ve oksijenli yüzey tabakasının kalınlığı doğu basenine göre daha incedir. Marmara Denizi boyunca derin basen sularının içerdikleri oksijen seviyelerine bakıldığında gözlenen yerel

değişimlerin bu suların hidrografik ve dinamik yapılarının değişimi ile yakından ilgili olduğu görülmektedir.

Besin Tuzları:

Marmara Denizi'indeki besin elementlerinin dağılımı iki tabakalı sistemlerde görülen mevsimsel değişimleri yansıtmaktadır. İstanbul Boğazı-Marmara Denizi etkileşim alanı ile Doğu ve Batı basenlerinde 1994-1997 döneminde elde edilen besin tuzları bulgularının derinlikle değişimi Şekil 19a-c'de verilmektedir. Besin tuzları profillerinden görüleceği üzere, ışıklı üst tabaka sularında (haloklin/piknoklin üzerinde) besin tuzlarını konsantrasyonları fotosentetik amaçlı kullanım nedeniyle düşüktür. Işıklı tabakanın (piknoklinin) hemen altında besin tuzu konsantrasyonları hızla artmakta ve yaklaşık 50m nin altında sabit dip su konsantrasyonlarına ulaşmaktadır. Bir başka deyişle Marmara Denizi'inde nutriklin tabakasıyla haloklin/piknoklin tabakası çakışmaktadır ve yaklaşık olarak 25m de nutriklin tabakasının üst sınırı gözlenebilmektedir. Besin tuzu konsantrasyonunun haloklin altında hızla artışına yüzey sularında üretilen ve Karadeniz'den taşınan organik yükün derin sulara doğru çökerken bakterler tarafından parçalanarak yeniden kullanilabilir inorganik yapıya dönüştürülmesi neden olmaktadır. Nutriklin tabakasından ışıklı tabakaya besin tuzu taşınımı adveksiyon ve difüzyon ile olmakla birlikte kış koşullarında süregelen dikey karışım ışıklı tabakada besin tuzu konsantrasyonlarının artmasına neden olmakta ve bu oluşumu takiben ışıklı tabakada süregelen üretimde artmalara ve patlamalara neden olmaktadır. Dip sularında ölçülen orto-fosfat (PO_4-P), toplam oksitlenmiş azot (NO_3+NO_2-N) ve reaktif silikat (Si) konsantrasyonları sırasıyla 0.6-1.2, 8-12 ve 30-45 µM aralığında değişmektedir (Şekil 19). Tüm besin tuzları için Akdeniz dip sularının etkisi altındaki batı baseninde farklı mevsimlerde ve yıllarda farklı dip su konsantrasyonları gözlenmiştir. Bu yapı Akdeniz sularının zamana bağlı olarak farklı dinamik sistemlerle Marmara Denizini etkilediğini göstermektedir. Bölüm III.3'de tartışılacağı üzere Akdeniz suları besin tuzlarınca bağıl olarak fakir sulardır bu nedenle batı baseni dip sularında dip besin tuzu konsantrasyon aralığı batı basenine oranla daha büyüktür.

III.2.3. MARMARA DENİZİNİN BİO-OPTİK ÖZELLİKLERİ VE İLK ÜRETİM

Su kolonunun optik özellikleri:

Marmara Denizi'nde ışığın su kolonundaki girişimi Karadeniz ve Akdeniz'e göre farklı özellikler göstermektedir. Işıklı tabaka bu denizimizde çok incedir ve genel olarak sürekli haloklin/piknoklin tabakasıyla çakışmaktadır. Fotosentetik üretimin gözlendiği ışıklı tabaka (yüzey ışığının %1'e indiği derinlik) 20-30m kalınlığındadır. Şekil 20'de Marmara Denizi'inde Doğu baseninde seçilen bir istasyonda ışığın %1'e düştüğü derinliğin 20m olduğu belirlenmiştir. Sürekli ve kuvvetli bir tabakalaşmanın varlığı ayrıca partikül ve çözünmüş bileşenler için bir anlamda bariyer oluşturması nedeniyle gelen ışığın özellikle yüksek enejili uzun dalga boylu kısmının bu tabakada soğurularak tamamen bittiği gözlenmiştir. Yüzey sularında daha çok yüksek dalga

boylu ve az enerjili kısımların soğurulması ve yine yüzeye yakın tabakada canlı-cansız partiküllerin çok yoğun olması 1.0 m^{-1} değerlerini aşan ışık sönüm katsayılarının hesaplanmasına neden olmaktadır (Şekil 20). Işık sönüm katsayısı K_d derinlikle azalarak ortalama 0.3 m^{-1} gibi sabit bir değere ulaşmaktadır (Şekil 20). Marmara Denizi'de daha önce yapılan ölçümlerde K_d 0.07-0.35m^{-1} aralığında hesaplanmıştır (Ediger ve Yılmaz, 1996b).

Fitoplankton biyo-kütlesi ve ilk üretim:

Fitoplankton biyo-kütlesini temsilen ölçülen klorofil-a'ya ait profiller Doğu baseni+BMJ (İstanbul Boğazı Marmara Denizi Etkileşim Alanı) ve Batı baseninde belirli mevsimler ve istasyonlar için Şekil 21'de verilmektedir. Bu şekilden görüleceği üzere en yüksek klorofil-a konsantrasyonları ilk 20m'de ölçülmüştür. Işıklı tabakanın alt sınırını oluşturan bu derinliğin altında ise klorofil-a konsantrasyonları hızla düşmektedir. Marmara Denizi'inde ölçülen maksimum klorofil-a konsantrasyonu 2 µg/L dir ve bu değer güney Kradeniz'de aynı dönem için ölçülen maximum değere yakındır. Burada her iki deniz için karasal girdilerin etkisi altındaki yakın kıyısal istasyonların bu değerlendirmede yer almadığını belirtmek gerekmektedir. Bu dönem için genel olarak ölçülen klorofil-a konsantrasyonları 1994 öncesi yapılan çalışmalarda (Polat, 1995) elde edilen sonuçlarla uyum içerisindedir. Klorofil-a genel olarak kış ve ilkbahar aylarında yüzeyde en yüksek konsantrasyonlarda ölçülmüş ve su kolonunda derinlikle azalma eğilimi göstermiştir. Bunun nedeni ilk üretimi gerçekleştiren fitoplanktonların ışığın az olduğu bu mevsimlerde yüzeyde yoğunlaşarak daha fazla ışıktan yaralanma eğiliminden kaynaklanmaktadır. Ayrıca bu mevsimlerde yaz aylarına göre su kolonu daha dinamik bir yapıya sahiptir ve etkin karışım nedeniyle besin tuzlarınca zengin dip sulardan besin tuzu taşınımı daha etkindir. Yaz ve sonbahar aylarında ise durum tersinedir ve fotosentetik aktif oraganizmalar (genel anlamda fitoplanktonlar) ışıklı tabakanın alt kısımlarında veya tabanına doğru yoğunlaşmata ve bir yüzey-altı klorofil-a maksimumu gözlenmektedir. Işık yeterince vardır ancak mevsimsel tabakalaşma ve düşey karışımın zayıflaması nedeniyle dip sulardan besin tuzu taşınımı en düşük seviyededir. Tüm Marmara baseninde elde edilen klorofil-a sonuçlarına göre yıl boyunca belirli bir seviyenin üzerinde fitoplankton yoğunluğunun ve bağlı fotosentetik üretimin varlığının yanında kış karışımı takip eden ilkbahar aylarında pik konsantrasyonlara ulaşılmaktadır ve fitoplankton patlamaları gözlenmektedir. Şekil 21'den görüleceği üzere genel olarak Karadeniz'in etkisi altındaki BMJ bölgesi ve Doğu dip baseninde fitoplankton biyo-kütlesini temsil eden klorofil-a konsantrasyonları Batı baseninde elde edilen değerlere oranla daha yüksektir. Karadeniz'in etkisine ek olarak bu bölgenin özellikle dikey yönde dinamik bir yapıya sahip olması (Beşiktepe ve diğ., 1994) dip sulardan besin tuzu taşınımının daha etkin olmasına neden olmaktadır. Bu denizimizde birincil üretim ölçümleri sadece bir istasyonda gerçekleştirilebilmiştir. Şekil 20'den görüleceği üzere ilk üretim 5m gibi ince bir yüzey tabakasında gerçekleşmiş ve 50 mgC/m^3/saat veya 240 mgC/m^3/gün'e varan değerlerde photosentetik karbon üretim hızı (birincil üretim) ölçülmüştür. Bu derinliğin altında ışık yüzey değerinin %10'unun altına düşmekte ve carbon üretimi hızla azalmaktadır. Işıklı tabakanın tabanında (ışığın yüzey değerinin %1'ine düştüğü derinlikte) üretim endüşük seviyede olmakta ve/veya net üretim sıfıra ulaşmaktadır. Su

kolonunda ışıklı tabaka için integre edilmiş birincil üretim ise 581 mgC/m^2/gün olarak hesaplanmıştır. Yapılacak çok kaba bir hesaplamayla Marmara Denizi'inde yıllık birincil üretimin 210 gC/m^2 olarak tahmin edilmesi söz konusu olabilir. Hesaplanan bu değer 1988-1990 yıllarında Marmara Denizi'nde ölçülen klorofil-a değerleri kullanılarak hesaplanan birincil üretim değerleri ile (64-161 gC/m^2/yıl) (Ergin ve diğ., 1993) uyum içerisindedir.

Partikül Organik Karbon, Azot ve Fosfor:

1995-1996 döneminde Maramara Denizi'inde ışıklı tabakada ölçülen partkül organik karbon (POC), partikül organik azot (PON) ve partikül fosfor (PP) sırasıyla 6.3-26.3 µM, 0,59-3.80 µM ve 0.047-0.143 µM aralığında ölçülmüştür. Şekil 22'de Eylül 1995 ve Nisan 1996 dönemlerinde elde edilen partikül organik madde (POM) konsantrasyonlarının Doğu, Orta ve Batı basenlerinde derinlikle değişimlerinden örnekler verilmektedir. Bu şekilden görüleceği üzere Marmara Denizi'inde fitoplankton biyo-kütlesinin en yoğun olduğu ve fotosentetik aktivitenin en yüksek olduğu ilkbahar aylarında suspanse halde bulunan POC, PON ve PP'nin de yüksek olduğu gözlenmiştir. En yüksek POM konsantrasyonları yüzeyde ölçülmüş ve ışıklı tabakada derine doğru azalma eğilimi göstermiştir. Işıklı tabakanın altında (<20m) tüm POM konsantrasyonları ölçüm limitlerine yaklaşmıştır (Şekil 22). Işıklı tabakanın altında POC, PON ve PP konsantrasyonları sırasıyla 1.9-2.9 µM, 0.2µM, 0.015 µM seviyesinde ölçülmüştür. POM'un kimyasal kompozisyonu ve konsantrasyon seviyeleri Karadeniz değerleriyle karşılaştırılabilir düzeydedir. Eylül 1995 döneminde yapılan ölçümlerde POM'un organik azotça fakir olduğu tespit edilmiştir. Nisan 1996 dönemi POM ölçümleri ise partikül maddede biyojenik olmayan partiküllerin toplam PP konsantrasyonuna önemli ölçüde katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Partikül organik maddenin kompozisyonunu belirlemek amacıyla partiküldeki POC, PON ve PP arasında yapılan regrasyon analizleri Çizelge 5'de verilmektedir.

Çizelge 5. Marmara Denizi'inde ışıklı tabakadaki partikül organik maddenin regrasyon analizi ile elde edilen element kompozisyonu

Tarih	Regrasyon	r	n
Eylül 1995	POC = 10.1 PON + 3.4 POC = 132.5 PP + 3.2 PON = 11.3 PP + 0.09	0.75 0.73 0.87	13
Nisan 1996	POC = 6.6 PON + 2.5 POC = 178 PP - 0.6 PON = 25 PP - 0.26	0.98 0.94 0.87	13

Çizelge 5'den görüleceği üzere ilkbahar için (Nisan 1996) yapılan regrasyon analizinde C/N oranı 6.6 olarak hesaplanmıştır ve bu değer Redfield oranına çok yakın bir değerdir ancak C/P ve N/P oranları Redfield oranlarının çok üzerindedir (Redfield

oranı=C:N:P=106:16:1) (Redfield ve diğ., 1963). Bu oranların yüksek olması partikül maddede fosforun daha az konsantrasyonda bulunduğunu ve/veya fitoplanktonlarca fosfor tüketiminin etkin olmadığını göstermektedir. Eylül 1995 döneminde ise C/N ve C/P oranları Redfield oranlarından büyüktür ve partikül maddenin karbon bileşenleri bakımından zengin olduğunu göstermektedir. Bir başka deyişle ışıklı yüzey tabakasında besin tuzları sınırlamasına karşılık karbon üretimi gerçekleşmiştir.

Toplam Organik Karbon (TOC):

Marmara Denizi'de ölçülen Toplam Organik Karbon (TOC) konsantrasyonları Çizelge 6'da verilmektedir. Bu çizelgeye göre ışıklı tabakada TOC konsantrasyonları 1.0-3.6 mg/L aralığında ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlarda mevsimler arası farklılığın gözlenmediği belirlenmiştir. Işıklı tabakanın altında TOC 0.8-1.8 mg/L aralığında ölçülmüştür. Bu sonuçlar ışıklı tabakanın organik maddece zengin olduğunu göstermektedir. Marmara Denizi'nde ölçülen TOC konsantrasyonları Karadeniz'de ölçülen değerlere benzerlik götermekle birlikte Karadeniz'deki değerlerden göreceli olarak daha yüksen değerler de gözlenebilmiştir. Buna neden olarak Kardeniz'den Boğaz yoluyla taşınan ve İstanbul şehir atıklarından kaynaklanan girdinin yanısıra Marmara denizi'nin kendi iç üretimi de katkıda bulunmaktadır.

Çizelge 6. Marmara Denizi'inde ışıklı tabakada ve ışıklı tabakanın altında ölçülen Toplam Organik Karbon (TOC)

Tarih	TOC(mg/L) Işıklı tabaka	TOC(mg/L) Işıklı tabaka altı
Nisan 1995	2.75	0.79
Eylül 1995	1.95-3.03	0.84-1.67
Nisan 1996	1.01-3.63	0.87-1.75

III.3. AKDENİZ

III.3.1. FİZİKSEL ÖLÇÜMLER VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde Şubat 1995-Kasım 1996 tarihleri arasında gerçekleştirilen 5 sefere ait fiziksel veriler ve bu verilerin işlenmesiyle oluşan ana sonuçlar bulunmaktadır.

Şekil 23'de Kuzeydoğu Akdeniz'de yerinde ölçüm yapılan ve su örneklemesi gerçekleştirilen istasyonların konumları verilmektedir. Bu şekilden görüleceği gibi bu denimizde yapılan saha çalışmaları geniş bir alanı kapsamaktadır. Şekil 24'de verilen topografya haritasından görüleceği üzere bu basende kıta sahanlığı dar bir alanı kapsamaktadır ve geniş kıta sahanlıkları karasal girdilerin daha yoğun olduğu İskenderun ve Mersin körfezlerinde bulunmaktadır. Şekil 25'de ise daha önceki

çalışmaların sonuçları kullanılarak elde edilen (Sur ve diğ., 1993) yüzey topografya haritaları (geopotential anomaly maps) verilmektedir. Bu çalışmada ve daha önce yapılan çalışmalarda (Özsoy ve diğ, 1989; 1991) Kuzeydoğu Akdeniz'de sürekli gözlenen dinamik yapılar ortaya çıkarılmıştır. Basende sürekli ve güçlü bir şekilde Rodos bölgesinde gözlenen siklonik yapı basenin en önemli dinamik yapılarından birisidir. Rodos baseninde dip sular yüzeye doğru yükselmekte veya bir başka deyişle kış döneminde yüzey sularının soğuması nedeniyle dip konvektif karışım etkin bir şekilde olmaktadır. Rodos siklonunun etki alanındaki basende özelllikle periferik alanlarda kış aylarında yoğunlaşan yüzey sularının belirli yoğunluk yüzeylerine batması sonucu Levant Ara Suyu (LIW) oluşmaktadır ve basen bazında ara tabakada dağılmaktadır. LIW göreceli olarak daha tuzlu ve yoğun bir su kütlesini temsil etmektedir. Özellikle Antalya körfezinde ve diğer antisiklonik alanlarda LIW net olarak gözlenmektedir. Yüzey suları ile LIW arasında gözlenen az tuzlu su kütleleri ise yüzey suyu olarak Cebelitarık boğazından giren Antlantik sularını temsil etmektedir (Özsoy ve diğ., 1989).

Antalya körfezinde, Finike Boğazında, Klikya baseninde ve İskenderun-Mersin körfezleri açıklarında ise genel olarak antisiklonik yapılar gözlenmektedir (Şekil 25). Ayrıca Türkiye'nin güney sahilleri boyunca doğu-batı yönünde sürekli bir akıntı sistemi (Küçük Asya akıntısı, AMC: Asia Minor Current) söz konusudur. Rodos siklonik yapısının güneyinde Doğu Akdeniz'de sürekli bir yapı olan Mersa Matruh antisiklonu yer almaktadır. Kıbrıs adasının güney-batısında ise yine sürekli bir yapı olan Shikmona antisiklonu bulunmaktadır.

Şubat 1995 döneminde Rodos döngü alanında yapılan çalışmalarda elde edilen sıcaklık ve tuzluluk profilleri Şekil 26'de verilmektedir. Bu profillerde 100-300m arasında birkaç istasyonda LIW gözlenmiştir. Bu su kütlesi yüzeyin altında tuzluluğun yükselmesi ve ısısının 15.0-15.5 °C arasında değişmesiyle tanımlanabilir. Profiller ayrıca 1000m'nin altında yüksek tuzluluk ve sıcaklıkta Ege suyunu göstermektedir. Yüzey dolaşımı incelendiğinde Finike açıklarındaki antisiklonik girdabın bu sefer sırasında daha önceki seferlere göre çok daha şiddetli olarak gözlendiği belirlenmiştir. Rodos döngüsü ise yaklaşık daha önceki seferlerde gözlendiği gibi Kıbrıs'ın batı sahillerine kadar uzanmaktadır. Rodos döngüsünün güneyi ise antisiklonik bir döngü olan Mersa Matruh döngüsü ile kaplanmıştır. Su kütlelerinin derinliğe göre değişimlerini göstermek üzere Şekil 27'de tuzluluk ve sıcaklık kesitleri verilmiştir. Rodos döngüsünden dolayı olan yükselme 800m derinliğe ve F00M00 istasyonuna ya da 30°E boylamına kadar etki etmektedir. Döngünün içinde F00K00-F00K30 istasyonları (İstasyon konumları için Bkz. Şekil 25) arasında iyice karışmış bir su kütlesi bulunmaktadır. Su kütlesindeki bu homojen yapı şiddetli yükselmeden dolayı oluşan hızlı dikey karışımın sonucudur. Bu iyice karışmış su kütlesi baca şeklinde bir oluşumdur. Benzer yapılar 1992 (Sur ve diğ., 1993) ve 1993 kışlarında da gözlenmiştir. Bu kütlenin altında maksimum 13.64 °C sıcaklıkta ve 38.76 ppt. tuzlulukta Ege çıkışlı sular bulunmaktadır. Bu dönemde elde edilen bulgulardan en ilginci Rodos döngüsünde 1000m'nin altında göreceli olarak sıcak ve tuzlu bir su kütlesinin bulunmasıdır. Gözlenen bu su kütlesi Akdeniz arasularının (1000-2000m derinlikler arası) Ege suları ile yenilendiğinin bir göstergesidir.

Şekil 28, 29, 30 ve 31'de Temmuz 1995, Ekim 1995, Mayıs 1996 ve Kasım 1996 dönemlerinde yapılan yerinde ölçümlerden elde edilen sonuçlar kullanılarak çizilen sıcaklık ve tuzluluk kesitlerinden örnekler verilmektedir. Bu kesitlerde siklonik ve antisiklonik yapılara ait oluşumlar açıklıkla izlenebilmektedir. Temmuz 1995 döneminde sürekli gözlenen Rodos siklonik yapısına paralel olarak Antalya körfezinde (G00N30 istasyonu merkez olmak üzere) antisiklonik bir yapının varlığı söz konusudur. Klikya baseninde (F45Q30) de belirgin bir şekilde antisiklonik bir yapı gözlenmiştir. Rodos siklonik alanında Levant baseni dip suları ışıklı tabakanın alt sınırına kadar ulaşmakta ve bu bölgede kış karışımı daha derin yüzeyleri etkileyebilmektedir. Ekim 1995 kesitlerinde ise kuzey-güney yönünde değişimlerden örnekler verilmiştir ve kesitin güney ucunda bir upwelling gözlendiği belirlenmiştir (Şekil 29a,b). Bu dönemde LIW kıyıdan açığa doğru her istasyonda gözlenebilmiştir. Şekil 29c'de ise Ekim 1995 döneminde basende geniş bir alanı kapsayan deniz saha çalışmasında elde edilen sonuçlar kullanılarak elde edilen topografya haritası (geopotential anomaly map) 150m derinlik için verilmiştir. Bu dönemde Rodos siklonik döngüsünün uzantısı şeklinde Kıbrıs'ın batı ucunda küçük bir siklonik girdap daha gözlenmiştir. Küçük Asya Akıntısı (AMC) yüzeyde Türkiye-Kıbrıs arasındaki bütün kanalı kaplamaktadır. Antalya körfezinde güçlü bir antisiklonik yapının yanında Klikya baseninde de antisiklonik bir yapı gözlenmiştir (Şekil 29c). Mayıs 1996 dönemine ait kesitte Rodos baseninde G00L00-F45L00 istasyonları arasında güçlü bir upwelling gözlenmektedir (Şekil 30). Kasım 1996 dönemi için verilen kesitlerden (Şekil 31) LIW'ın merkezinin G00L00-F45L00 istasyonları arasında olduğu belirlenmiştir. LIW bu dönemde 39.1 ppt tuzluluk ve 15.8-17°C sıcaklıkta bir su kütlesiyle Mayıs 1996 dönemine göre daha geniş bir alana yayılmıştır.

Akdeniz Aratabaka Suyu (LIW) genel anlamda en yüksek 39.05 - 39.15 tuzlulukta ve 15 - 17 °C sıcaklıkta gözlenmektedir. Bu kesitlerde Rodos döngüsünde eş sıcaklık ve eş tuzluluk eğrilerinin Rodos siklonik alanında LIW'ın tuzluluktaki tepe noktası Temmuz 1995 ve Ekim 1995 aylarında Mayıs 1996 ve Kasım 1996 aylarına göre daha iyi tanımlanabilmektedir. Bu döngü içinde düşük tuzluluktaki dip suları yüzeye doğru hareket etmektedir. Dipten gelen düşük tuzluluktaki bu sular LIW ile karışıp tuzluluğunu seyreltmekte; ve böylece LIW'in kolayca tanımlanabilmesini sağlayan yüksek tuzluluktaki değerler bu karışım sonucu azalmaktadır.

III.3.2. AKDENİZ'İN KİMYASAL OŞİNOGRAFİSİ

Çözünmüş Oksijen:

Kuzeydoğu Akdeniz'de çözünmüş oksijenin su kolonunda düşey dağılımı Şekil 32'de verilmektedir. Kuzeydoğu Akdeniz'de çözünmüş oksijen profilleri genel olarak tuzluluk profilleri ile aynı eğilimleri göstermektedir. Rodos bölgesinde oksijen maksimumları genelde 100m'nin üzerinde gözlenmektedir ve 270μM' a varan pik değerlere ulaşılmaktadır (Şekil 32). 100 m'nin altında çözünmüş oksijen konsantrasyonu hızla düşerek 150 m'den sonra 185-200 μM arasında sabit dip su

konsantrasyonuna ulaşmaktadır. Rodos baseninde 1992, 1993 ve 1995 yıllarında sert kış koşulları nedeniyle su kolonunda dibe doğru kuvvetli karışımın oluşması çözünmüş oksijenin derin sularda da bağıl olarak yüksek konsantrasyonlarda (>200 μM) ölçülmesine neden olmuştur. Daha çok frontlar ile antisiklonik alanların gözlendiği Antalya körfezinde ve antisiklonik alanlar ile Ön Asya akıntısının etkisi altındaki Klikya baseninde birincil üretimden kaynaklanan çözünmüş oksijen pikleri genel olarak Rodos bölgesine oranla daha derinlerde (50-200m) gözlenmektedir (Şekil 32). Bu şekilde sadece Klikya baseninden örnekler verilmiştir. Kış karışımı sonucunda oluşan ve daha çok bu bölgelerde net olarak gözlenen Levant Ara Suyu (LIW) çözünmüş oksijence zengin bir tabakayı oluşturmaktadır. Bu bölgelerde çözünmüş oksijen konsantrasyonu mevsimlere ve döngü sistemlerinin etki alanlarına bağlı olarak 200-700 m'nin altında sabit dip konsantrasyonlarına (185-200 μM) ulaşmaktadır.

Besin Tuzları:

Fitoplanton üretimi için gerekli olan ve denizlerin verimliliğini sağlayan orto-fosfat (o-PO_4-P), toplam oksitlenmiş azot (NO_3+NO_2-N) ve reaktif silikat [$Si(OH)_4$-Si] gibi temel besin tuzlarının Kuzeydoğu Akdeniz'de bölgelere göre düşey dağılımları Şekil 33' de verilmektedir. Şekilden görüleceği üzere ışıklı tabaka temel besin tuzları bakımından çok fakirdir. Şubat 1995 döneminde Rodos bölgesinde gözlenen kuvvetli karışım ve homojenleşme nedeniyle besin tuzlarınca zengin dip sularından ışıklı yüzey tabakasına besin tuzu taşınımının daha etkin olması nedeniyle bağıl olarak yüksek yüzey değerleri ölçülmüştür. Örneğin o-PO_4-P ≈ 0.08 μM, NO_3+NO_2-N ≈ 6 μM ve Si ≈ 6 μM seviyesinde ölçülmüştür (Şekil 33). Bu özel durumlarda ki bu yapı 1992 kış döneminde de daha etkin olarak gözlenmiştir (Yılmaz ve Tuğrul, 1997) gözlenmiştir; su kolonundaki homojenleşme nedeniyle ve dip suların besin tuzlarınca fakir yüzey sularıyla karışarak seyrelmesi nedeniyle dip su besin tuzu konsantrasyonları diğer dönemlere oranla az da olsa düşmüştür. Şekil 33'den görüldüğü üzere Rodos bölgesinde tüm besin tuzları için nütriklin ışıklı tabakanın içinde veya hemen altında yer almaktadır (50-100m'de) ve nütriklin kalınlığının diğer bölgelerle karşılaştırıldığında çok ince (yaklaşık 50m) olduğu belirlenmiştir.

Antalya körfezinde (Şekil 33) besin tuzlarının su kolonundaki düşey dağılımı Rodos bölgesinden farklı özellikler göstermektedir. 50-100m kalınlığındaki ışıklı tabaka besin tuzlarınca fakir bir tabakadır ve özellikle yaz aylarında konsantrasyonlar ölçüm sınırlarına yaklaşmaktadır. Işıklı tabakanın altında besin tuzu konsantrasyonları derinlikle dereceli olarak artarak mevsimlere bağlı olarak farklılık göstererek 200-800 m derinlikte sabit dip su konsantrasyonlarına ulaşmaktadır. Bir başka anlatımla Rodos döngüsünün sınır bölgeleri, frontlar ve daha çok antisiklonların gözlendiği bu körfezde nütriklin Rodos bölgesine oranla daha kalındır.

Kilikya baseninde ise besin tuzlarının düşey dağılımında dört tabaka gözlenmektedir. 1) Besin tuzlarınca fakir ışıklı tabaka, 2)Besin tuzlarınca fakir (ışıklı tabakaya oranla daha zengin, dip sulara oranla daha fakir) ışıksız tabaka, 3)Nütriklin ve 4)Dip sular (Yılmaz ve Tuğrul, 1997). Besin tuzlarınca fakir ışıksız tabaka antisiklonik bölgelerde daha belirgin olarak gözlenmekte ve bu tabaka front alanlarında yavaş yavaş

zayıflayarak Rodos döngüsü gibi siklonik alanlarda tamamen kaybolmaktadır. Bu tabaka ayrıca Levant Ara Suyu (LIW) tabakası ile de çakışmaktadır ve kış koşullarının şiddetine göre bu tabakadaki besin tuzu konsantrasyonları değişmektedir. Bu tabakanın altında yer alan nütriklin ise bağıl olarak kalın bir tabakadır ve genel olarak sabit dip su konsantrasyonlarına bu bölgelerde daha derinlerde (200- 800m) ulaşılmaktadır. Burada özellikleri verilen bu tabakalar birbirlerinden belirli sigma-teta yüzeyleri ile ayrılırlar ve bu kural tüm Kuzeydoğu Akdeniz için geçerlidir. Besin tuzlarınca fakir ışıksız tabaka ışıklı tabakanın hemen altında yer almakta ve 29.00-29.05 sigma-theta derinliğine kadar inmektedir. Nütriklin ise 29.00-29.05 sigma-theta derinliğinden başlayarak 29.15 sigma-theta derinliğine kadar devam etmektedir. Sigma-theta 29.15 derinliklerinin altında besin tuzu konsantrasyonları sabit dip su değerlerine ulaşmaktadır (o-PO_4-P: 0.20-0.22 µM, NO_3+NO_2-N: 5.5-6.5 µM ve reaktif silikat: 8-10 µM). Bu yapısal özellikler tek bir şekilde toplanarak besin tuzlarının fiziksel dinamiğe bağımlı olarak su kolonunda dağıldığı gösterilmiştir. Bu amaçla istasyon, bölge ve mevsim farkı gözetmeden besin tuzu konsantrasyonu sıcaklık, tuzluluk ve sigma-theta'ya karşı grafiklendiğinde eş konsantrasyon yüzeylerinin eş sıcaklık, tuzluluk ve sigma-teta yüzeyleri ile çakışmakta olduğu görülmektedir (Şekil 34).

III.3.3. AKDENİZ SULARININ BİO-OPTİK ÖZELLİKLERİ VE İLK ÜRETİM

Su kolonunun optik özellikleri:

Güneş ışığının su kolonunda girişimimin incelenmesi amacıyla ölçülen ve birincil üretim için önemli bir faktör olan Fotosentetik Aktif Işık (PAR) ölçümlerinden örnekler Şekil 35'de yüzey ışık şiddetinin yüzdesi şeklinde Şubat 1995, Mayıs 1996 ve Kasım 1996 dönemleri için verilmiştir. Bu şekilden görüleceği üzere kış aylarında ışığın %1'e indiği derinlik ki bu derinlik pratik olarak ışıklı tabakanın kalınlığı olarak ifade edilebilir, siklonik alanlarda daha sığ, antisiklonik ve frontal alanların yer aldığı Antalya körfezinde bağıl olarak daha derindedir. Bu oluşumda etkili olan en önemli faktör Rodos döngüsü ve döngüyü çevreleyen alanlarda birincil üretimin yoğun olmasıdır. Ayrıca kış ve ilkbahar aylarında ışık gelen güneş ışığının şiddetinin azalması nedeniyle yaz ve sonbahar aylarına göre daha ince tabakalara nüfuz edebilmektedir. Genelde yaz ve sonbahar aylarında daha belirgin şekilde gözlenen ve yüzeyde ışık profilinin eğimini etkileyen değişiklik sıcaklık değişikliğinden kaynaklanan mevsimsel tabaklaşmanın sonucu olmakla birlikte ışığın spektral girişimi sırasında ışığın yüksek dalga boylu kesiminin daha hızlı ve etkin bir şekilde emilmesi nedeniyle gözlenmektedir. Işığın yüzeye oranla %1'e indiği derinlik Kuzeydoğu Akdeniz için ortalama 80-85m olarak hesaplanmıştır (Ediger, 1995). Antisiklonik bölgelerde bu derinlik maksimum değerlere ulaşmakta ve ışığın 115-120m derinliklere kadar nüfuz ettiği gözlenmektedir (Şekil 35b). %1 ışık derinliğinde net üretim sıfıra düşmekle birlikte ışığı %0.1'e indiği derinliğe kadar fotosentetik aktivite devam edebilmektedir. Kuzeydoğu Akdeniz'de su kolonunda ışık sönüm katsayısı (K_d) 1991-1994 dönemi için ortalama 0.05 m^{-1} olarak hesaplanmıştır (Ediger, 1995). Şekil 35'de verilen örneklerde ise bu katsayı 0.05-0.1 m^{-1} arasında değişmektedir. Işığın %100 ile %10 arasında girişim yaptığı yüzey tabakasında K_d değerleri 0.3 m^{-1}'e kadar yükselmektedir. Bu

katsayı ayrıca bölgelere göre değişiklik göstermekte; örneğin her üç çalışma dönemi için Rodos siklonik bölgesinde K_d değerleri Antalya Körfezi için heasplanan K_d değerlerinden daha yüksektir. Bunun nedeni sistemin kendi iç yapısında üretimden kaynaklanan canlı partikül maddenin bağıl olarak fazla olmasıdır. Mayıs 1996 döneminde İskenderun Körfezinde en yüksek K_d değerleri hesaplanmıştır. Bir sonraki bölümde tartışılacağı gibi İskenderun körfezinde karasal girdilerin de etkisiyle birincil üretim bağıl olarak yüksektir ve buna bağlı olarak ve ayrıca sığ bir sistem olması nedeniyle su kolonunda ışığın girişimini engelleyecek partikül miktarı da yoğundur.

Kuzeydoğu Akdeniz'de Seki Disk (SD) derinliği açık sular için 20-40m arasında mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. Kıyısal alanlarda SD derinliği daha düşüktür. Kuzeydoğu Akdeniz'de Seki Disk derinliği 2.5-3 katsayısı ile çarpıldığında yaklaşık olarak ışığın %1'e indiği derinliğe ulaşılmaktadır (Ediger, 1995). Yüzey ışığının % 0.1'e indiği derinlikte ise pratik olarak net birincil üretim sıfırdır ve bu derinlik Kuzeydoğu Akdeniz'de SD derinliğinin 3.5-4 katıdır. Kuzeydoğu Akdeniz'de asılı katı miktarının çok düşük olması (0.5-1.0 mg/L, Yemel'yanov and Shimkus, 1973; >1 mg/L Saydam et al.,1984) nedeniyle ışık geçirgenliği su kolonunda bulunan fitoplankton ve diğer canlı ve cansız organik partiküllerin yoğunluğu ile yakından ilgilidir. Örneğin klorofil-a, POC, PON, PP ve birincil üretimin bağıl olarak yüksek olduğu mevsimlerde ve alanlarda SD derinliğinin düşük olduğu gözlenmiştir. Su kolonunda girişim yapan ışığın büyük bölümü SD derinliğinin üzerindeki tabakada soğurulmaktadır ve SD derinliğ Kuzeydoğu Akdeniz'de yüzey ışığının %10-25'e düştüğü derinlikle çakışmaktadır. Bu oran Güneydoğu Akdeniz için %19 olarak verilmektedir (Megard and Berman, 1989).

Fitoplankton biyo-kütlesi ve ilk üretim:

Biyo-kütlenin göstergesi olarak ölçülen klorofil-a'ya ait Rapor dönemini kapsayan seferlerden seçilmiş örnek profiller Şekil 36'da verilmektedir. Daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre (Yılmaz ve diğ., 1994; Krom ve diğ.., 1991; Estrada, 1985) Akdeniz'de yaygın olarak gözlenen derin klorofil-a maksimumu (DCM) özellikle yaz ve sonbahar aylarında belirgin olmak üzere bu araştırma döneminde de gözlenmiştir. Rodos baseninde nütriklinin ışıklı tabakanın tabanına yakın derinliklerde yer alması nedeniyle DCM daha sığ derinliklerde (50-60m gibi) oluşmakta ve genelde nütriklin derinliği ile çakışmaktadır. Antisiklonik alanlarda ise DCM ışıklı tabakanın tabanında yer almaktadır. Ayrıca bu tür döngülerin etkili olduğu alanlarda (Antalya körfezi ve Klikya baseni) nütriklinin ışıklı tabakanın çok altında olması nedeniyle DCM fitoplanktonların ışığın yeterli olabildiği ve besin tuzlarından yararlanabileceği ince bir tabakaya sıkışması nedeniyle çok keskin pikler halinde gözlenmektedir. Kış aylarında (Şubat 1995 dönemi) DCM yapısının hemen hemen bozulduğu ve klorofil-a'nın ışıklı tabakanın yüzeye yakın derinliklerinde konsantrasyonu yüksek olan geniş pikler gösterdiği tespit edilmiştir.

Kuzeydoğu Akdeniz'de DCM'in oluşumu ve sürekliliği ışık girişimi ve besin tuzu kullanabilme ile doğrudan ilgilidir. Genel olarak DCM ışığın yüzeye oranla %0.5-%5' e indiği derinliklerde yer almaktadır. Rodos bölgesinde besin tuzlarının daha sığ

derinliklerde kullanılabilir olması DCM'in %5'den büyük ışık derinliklerinde (örneğin %15) yer almasına neden olmaktadır. Genel olarak Kuzeydoğu Akdeniz'de DCM mevsimsel tabakalaşmanın altında yer almaktadır.

Şubat 1995 - Kasım 1996 döneminde Kuzeydoğu Akdeniz'de yapılan deniz saha çalışmaları kapsamında toplanan tüm klorofil-a bulguları değerlendirildiğinde ortalama konsantrasyonun 0.05-1.0 µg/L aralığında bulunduğu tespit edilmiştir. Genelde Şubat-Mart döneminde fitoplankton yoğunluğunun yüksek olduğu Kuzeydoğu Akdeniz'de (Ediger 1995, Ediger ve Yılmaz, 1996) Şubat 1995'de de bağıl olarak yüksek konsantrasyonlar ölçülmüştür. Yaz aylarında genel olarak DCM derinliklerinde konsantrasyonlar yüksek ölçülmüştür ve DCM 80-100 m derinliklerde gözlenmiştir. DCM kış - sonu ilkbahar aylarında daha sığ derinliklerde (40-60m) yer almıştır. Daha önceki çalışmalarda sözedildiği gibi (Yılmaz et al., 1994; Salihoğlu et al., 1990) genelde Rodos siklonu ve siklonun çevresindeki frontlarda klorofil-a konsantrasyonu bağıl olarak yüksek ölçülmüştür. Bunun nedeni bu bölgelerde besin tuzlarınca zengin dip sulardan ve özellikle frontlarda yatay taşınımdan kaynaklanan besin tuzu taşınımının etkili olmasıdır.

1994-1997 yılları arasında Birincil Üretim (PP_T) ölçümleri Şubat 1995 döneminde 3 istasyonda, Mayıs 1996 döneminde 3 istasyonda ve Kasım 1996 döneminde 2 istasyonda yapılmıştır (Şekil 35). Şubat 1995 döneminde Rodos siklonu ve Antalya Körfezinde yapılan ölçümlerde yüzeye yakın derinliklerde (ilk 20m'de) 40 mgC/m^3/gün seviyesinde birincil üretim ölçülmüştür. Genel olarak fitoplankton biyo-kütlesinin bağıl olarak yüksek olduğu Rodos döngüsünde ilk üretim de yüksek ölçülmüştür. Işığın yüzeye göre %10'un altına düştüğü derinliklerde ise üretim hızla azalmış ve ışıklı tabakanın tabanında net üretim sıfıra düşmüştür. Mevsimsel tabakalaşmanın oluşmaya başladığı Mayıs döneminde ise günlük üretim seviyesi 15 mgC/m^3/gün'ü aşmamaktadır. Bu dönemde de Rodos bölgesinde diğer bölgelere oranla yüksek seviyede ilk üretim belirlenmiştir. Kasım 1996 döneminde de Mayıs 1996 dönemindeki değerlere yakın sonuçlar elde edilmiştir. Mevsimsel tabakalaşmanın bulunduğu ve ışığın yeterli olduğu bu dönemlerde düşey yönde besin tuzu taşınımının zayıflaması nedeniyle birincil üretim ışıklı tabakanın tabanında pik değerlere ulaşmıştır. Bu bölümde tartışıldığı gibi biyo-kütlenin de (klorofil-a ile temsil edilen) ışıklı tabakanın tabanına yakın derinliklerde birikim yapması DCM'in oluşması Kuzeydoğu Akdeniz'de üretimi ışıktan çok besin tuzlarının sınırladığını göstermektedir.

Çizelge 7'de Şubat 1995-Kasım 1996 arasında Kuzeydoğu Akdeniz'de yapılan birincil üretim öçümleri tüm su kolonu için hesaplanarak (ışıklı tabaka boyunca integre edilerek) verilmiştir.

Çizelge 7. Kuzeydoğu Akdeniz'de ışıklı tabakada birincil üretimin seviyesi

Tarih	Bölge/İstasyon	GünlükÜretim(mgC/m^2/gün)
Şubat 1995	Rodos Siklonu (F21K11)	434
Şubat 1995	Rodos Siklonu (F00L30)	385
Şubat 1995	Antalya Kör. Açığı (F30M30)	158
Mayıs 1996	Rodos Siklonu (F30K30)	581
Mayıs 1996	Antalya Körfezi (G00M30)	109
Mayıs 1996	İskenderun Körfezi (G27S50)	276
Kasım 1996	Rodos Siklonu (F30L00)	238
Kasım 1996	Finike Boğazı (G07M21)	266

Çizelgeden görüleceği üzere Rodos siklonik alanında üretim diğer bölgelere oranla özellikle Şubat ve Mayıs dönemlerinde daha açıklıkla tespit edildiği gibi yüksek seviyelerde ölçülmüştür. Rodos siklonik alanında nutriklin ışıklı tabakanın alt sınırına kadar yükselmektedir ve besin tuzlarının yıl boyunca difüzyon ve adveksiyon ile sürekli ışıklı tabakaya taşınması söz konusudur. Bunun yanısıra kış karışımı ile ve özellikle 1995 kışında oluşan derin ve kuvvetli karışım ile besin tuzlarınca zengin dip sulardan ışıklı tabakaya taşınımı bu bölgede etkili olarak gerçekleşmektedir (Sur ve diğ., 1993; Yılmaz ve Tuğrul, 1997). Genel olarak Kuzeydoğu Akdeniz'de Şubat-Mart aylarında biyo-kütlede ve birincil üretimde pik değerlere ulaşılmaktadır. Bu nedenle Mayıs 1996 döneminde elde edilen sonuçlar patlama sonrası dönem olması nedeniyle beklenenden daha yüksektir. Ancak bu durum sadece Rodos siklonik alanı için geçerlidir ve diğer alanlarda üretimin seviyesi düşüktür. Bu da Rodos bölgesinde yıl boyunca belirli bir seviyenin üzerinde ilk üretimin gerçekleştiğini bu bölgenin Doğu Akdeniz'de özel bir yeri olduğunu göstermektedir. Kasım 1996'da mevsimsel tabakalaşmanın halen devam etmesi ve düşey karışımın bu mevsimde zayıf olması nedeniyle Rodos bölgesinde bağıl olarak düşük seviyede birincil üretim ölçülmüştür. Rodos siklonunu çevreleyen ve daha çok Finike bölgesinde gözlenen cephe (front) sistemlerinde ise besin tuzlarının düşey taşınım mekanizmalarına paralel olarak yatay taşınım mekanizmalarının etkin olması nedeniyle genel olarak yüksek seviyede birincil üretim seviyesinin ölçülmesi söz konusudur.

Küçük Asya akıntısı ve genellikle küçük çapta antisiklonların gözlendiği Antalya körfezinde ise 109-158 mgC/m^2/gün seviyesinde birincil üretim ölçülmüştür. Kuzeydoğu Akdeniz'de antisiklonik alanlarda nutriklin ışıklı tabakanın çok altındadır ve besin tuzlarının bu tabakaya taşınımı sadece kış karışımı ile ve ışıklı tabaka-nutriklin arasındaki tabaka (besin tuzlarınca fakir ışıksız ara tabaka) üzerinden gerçekleşmektedir. Bu nedenle besin tuzu taşınımı etkin değildir ve bu alanlarda bağıl olarak düşük seviyede üretim ve fitoplankton biyo-kütlesi belirlenmiştir.

İskenderun Körfezinde Mayıs 1996 döneminde Uluçınar bölgesinde bir istasyonda yapılan birincil üretim ölçümlerine göre ve daha önce yapılan çalışmaların ışığında bu

bölgenin bağıl olarak üretken olduğu belirlenmiştir. Bu bölgede düşey karışımın besin tuzu sağlama mekanizmasının işlerliğinin yanısıra karasal kaynaklardan (nehirler ve şehir deşarjları) taşınan besin tuzlarının bolluğu ile su kolonu ve sediman arasındaki besin tuzu alış-verişinin etkin rol oynaması yüksek üretime neden olmaktadır.

Bu çalışma döneminde elde edilen birincil üretim değerleri Batı Akdeniz ve Doğu Akdeniz'de daha önce elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında Kuzeydogu Akdeniz'in Batı Akdeniz'e yakın seviyede üretken ve Güney Akdeniz'den daha üretken oldugu gözlenmektedir (Azov, 1986). Batı Akdeniz'de birincil üretim ilkbahar dönemi için 330-600 mgC/m^2/gün (Lohrenz et al.,1988); kış karışım dönemi için ise 200-600 mgC/m^2/gün olarak verilmektedir (Estrada,1985).

Partikül Organik Karbon, Azot ve Fosfor:

Kuzeydoğu Akdeniz'de Partikül Organik Maddenin (POC, PON ve PP) düşey dağılımından örnekler Şekil 37'da verilmektedir. Genel olarak ışıklı tabakada partikül organik madde konsantrasyonları bağıl olarak yüksek ölçülmüştür ve bu tabakanın altında konsantrasyonlar dereceli olarak düşmektedir. Mayıs 1996 Rodos baseni örneğinde olduğu gibi POC düşey dağılımı ile klorofil-a'nın düşey dağılımı arasında benzerlikler gözlenmektedir. Temmuz 1995-Kasım 1996 döneminde deniz saha çalışmalarının genelde mevsimsel tabakalaşmanın olduğu ve kış karışımının etkilerinin en aza indigi aylarda yapılmış olması nedeniyle tüm POM profillerinin benzer yapıda olduğu belirlenmiştir. Bu yapı 25-75m arasında pik oluşumunu içermektedir. Daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda kış aylarında (Şubat-Mart ayları) POM'un düşey dağılımında belirli bir maksimum gözlenmediği ve POC, PON ve PP konsantrasyonlarının yüzeyde daha yüksek olduğu ve derinlikle dereceli olarak azaldığı belirlenmiştir. Kış karışım koşulları nedeniyle besin tuzlarının ışıklı tabakada daha etkin kullanımı sonucu partikül organik madde oluşmakta ve fiziksel dinamiğin etkisiyle POM homojen bir yapı göstermektedir. Rodos siklonu çevresinde POC, PON ve PP profilleri genelde daha derinlerde pik değerlere ulaşmışlardır. Örneğin Temmuz 1995 döneminde G41K49 istasyonunda partikül organik madde maksimum konsantrasyonlan 125m'de gözlenmiştir.

Partikül Organik Maddenin Kuzeydogu Akdeniz'de basen bazında bölgesel dağılımı Çizelge 8'de ortalama konsantrasyonları olarak verilmektedir. Bu konsantrasyonlar Karadeniz ve Marmara Deniz'inde elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında en az 2-3 katı kadar azdır ancak karasal girdilerin etki alanındaki kıyı istasyonlarında (Göksu Nehri etki alanı İskenderun ve Mersin körfezleri) POC, PON ve PP konsantrasyonları bağıl olarak yüksek ölçülmüştür. Bu alanlarda POC, PON ve PP maksimum konsantrasyonları sırasıyla 15.9 µM, 2.1 µM ve 0.18 µM'a kadar yükselmektedir. Bu farklılığa direk olarak organik yükün nehirlerle ve deşarjlarla kıyısal alanlara taşınması ve yine karasal girdilerin sağladığı besin tuzlarının etkisiyle artan denizsel üretim neden olmaktadır.

Çizelge 8. Kuzeydogu Akdeniz'de Işıklı Tabakada Ortalama Partikül Organik Madde Konsantrasyonları (μM)

	Şubat 1995			Temmuz 1995			Eylül-Ekim 1995			Mayıs 1996		
Bölge	**POC**	**PON**	**PP**	**POC**	**PON**	**PP**	**POC**	**PON**	**PP**	**POC**	**PON**	**PP**
Rodos Siklonu	3.32	0.20	0.019	5.00	0.62	0.011	1.61	0.11	0.012	5.18	0.68	0.019
Antalya Körfezi	2.76	0.24	0.014	-	-	-	1.54	0.06	0.010	2.92	0.31	0.015
Klikya Baseni	-	-	-	-	-	-	1.56	0.16	0.010	-	-	-

Partikül Organik Maddede (Akdeniz için fitoplanktonda) Redfield oranları (C:N:P) 0-125m' deki bulguların regrasyon analizi yapılarak belirlenmiştir. Regrasyon analiz sonuçlan Çizelge 9'da verilmektedir.

Çizelge 9. Kuzeydogu Akdeniz'de partikül organik maddenin element kompozisyonu (Redfield Oranları)

Tarih	Regrasyon	r	n
Şubat 1995 (Açık İstasyonlar)	POC=10.7PON+0.87	0.89	15
	PON=9.3PP+0.06	0.82	
	POC=119.6PP+1.14	0.88	
Temmuz 1995*	POC=9.3PON+0.13	0.90	26
	PON=7.0PP+0.54	0.87	
	POC=82.7PP+4.6	0.81	
Ekim 1995 (Açık istasyonlar)	POC=6.3PON+1.03	0.96	26
Mayıs 1996*	POC=7.6PON+1.2	0.93	22
	PON=9.9PP+0.32	0.88	
	POC=78.6PP+3.5	0.86	
	C/P	C/N	N/P
Redfield Oranı (C:N:P=106:16:1)	106	6.6	16
Copin-Montegut and Copin-Montegut,1983 Batı Akdeniz	119	5.9	20.9

- Regrasyon analizinde sığ istasyonlar ile açık deniz istasyonlarına ait bulgular birlikte kullanılmıştır.

Çizelge 9' dan görülecegi üzere Kuzeydoğu Akdeniz'de partikül organik maddede C/P, C/N ve N/P oranlan sırasıyla 78.6-119.6, 6.3-10.7 ve 7-9.9 aralıklarında hesaplanmıştır. Bu oranlar literatürde verilen oranlara benzerlik göstermekle birlikte (Redfield et al., 1963; Copin-Montegut and Copin-Montegut, 1983) C/N oranı beklenenden yüksek, N/P oranı ise beklenenden düşük olarak belirlenmiştir. Bağıl olarak yüksek bulunan C/N oranı daha önce Atlantik okyanusunda ve batı Akdeniz'de gözlenen ve çözünmüş organik ve inorganik karbon bileşiklerinin fitoplanton tarafından daha fazla kullanılmasından kaynaklanan yüksek C/N oranlan ile benzerlik göstermektedir (Dauchez ve diğ., 1991; Toggweiler, 1993). Üretimin bağıl olarak yüksek olduğu durumlarda ise N/P oranının düşük olması ortamda besin tuzu bolluğuna işaret etmekte ve bu durumda fitoplanktonun fosforu azota oranla daha fazla tüketmesinden kaynaklanmaktadır. Doğu Akdeniz sularında birincil üretimde fosforun sınırlayıcı besin elementi olduğu bilinmektedir.

Toplam Organik Karbon (TOC):

Kuzeydoğu Akdeniz'de Toplam Organik Karbon (TOC) ölçümleri genel olarak karasal girdilerin etki alanındaki sığ istasyonlarda yapılmıştır. Ayrıca karşılaştırma amacıyla ve seçilen açık istasyonlarda da TOC ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çizelge 10' da Temmuz 1995-Mayıs 1996 dönemine ait TOC konsantrasyonları verilmektedir. Yüzey sularında TOC dip sulara oranla daha yüksektir ve derinliğe doğru azalma eğilimi dereceli olmaktadır ve herhangi bir belirgin pike veya maksimuma rastlanmamaktadır. Kuzeydoğu Akdeniz'de TOC kara etkisindeki Göksu Bölgesi, Mersin ve İskenderun körfezlerinde 0.79-2.57 mg/L aralığında ölçülmüştür. Rodos siklonik bölgesinde ve bu siklonu çevreleyen frontal alanlarda (Finike Boğazı) da TOC konsantrasyonu bağıl olarak yüksektir ve bu dönem için 0.69-2.11 mg/L aralığında ölçülmüştür.

Çizelge 10. Kuzeydoğu Akdeniz'de Toplam Organik Karbon Konsantrasyonları

Tarih	Bölge	Konsantrasyon Aralığı(mg/L)
Temmuz 1995	İskenderun Kör.	0.79 -1.00
	Mersin Köfezi	0.86 - 0.95
	Rodos Siklonu	0.69 -1.17
Ekim 1995	İskenderun Kör.	1.16 - 2.57
	Göksu Bölgesi	1.42 -1.83
	Mersin Körfezi	1.27 -1.57
Mayıs 1996	İskenderun Kör.	1.52 - 2.30
	Finike Boğazı	0.96 - 2.11
	Rodos Siklonu	0.89 -1.62

IV. GENEL TARTIŞMA VE YORUM

Türkiye'yi çevreleyen denizlerde ilk üretimin seviyesinin belirlenmesi, üretim mekanizmaları ile bu mekanizmaları etkileyen sistemlerin araştırılması konularında çalışma yapılan "Denizlerimizde Üretkenlik ve Mikrobiyolojik Çevrim" Projesi kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenerek tartışılmış ve yorumlanmıştır.

Karadeniz'in ekosisteminde son 10 yılda önemli değişimler gözlenmiş ve özellikle kara kaynaklı kirleticilerin etkisi ve girdilerin kompozisyonundaki değişimler nedeniyle sistemin doğal ekolojik yapısında dengesizlikler oluşmuştur. İklim koşullarında son yıllarda gözlenen ani ve beklenmeyen değişimler ve oluşumlar bu Denizimizin dinamik yapısını yakından etkilemiş ve biyojeokimyasal oluşumlar ve sistemler de bu değişimlerden dolaylı olarak etkilenmiştir. Kıyısal alanlar başta olmak üzere ötrofikasyon (aşırı birincil üretim ve biyo-kütle artışı) artmış ve bu oluşum tüm baseni etkilemiştir. Birincil üretimde olağan bir şekilde gözlenen mevsimsel değişimler (ilkbahar ve sonbahar fitoplankton patlamaları) farklı yapılarda seyretmiş ve bu mevsimsel oluşumlara ek olarak çok yoğun yaz fitoplankton blumları gözlenmiştir. Literatürde sözü edilen açık suların oligotrofik karakteri tanımlaması yerine mesotrofik seviyede birincil üretimin varlığının belirlendiği bu çalışmada özellikle silklonik alanlarda ve bazı özel alanlarda (Sakarya kanyonu, Sinop bölgesi) üretimin beklenenden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yine bu çalışmada İstanbul Boğazı çıkışı ve güneybatı Karadeniz kıyı alanlarının kuzeybatı bölgesindeki karasal kaynakların (Tuna, Dinyeper ve Dinester nehirlerinin) etkisi altında olduğu tespit edilmiştir. Genel anlamda Karadeniz üretken bir deniz olarak değerlendirilmektedir.

Marmara Denizi üretken Karadeniz ile üretimce fakir Ege Denizi-Akdeniz arasında geçiş özelliği gösteren bir denizimizdir. Bu bakımdan gerek fitoplankton biyo-kütlesi gerekse birincil üretim açısından mesotrofik seviyededir ve herzaman Akdeniz'den daha üretkendir. Genel olarak Karadeniz'den daha az üretken olmasının yanında zaman zaman ve özellikle Karadeniz'in etki alanındaki İstanbul Boğazı çıkışında bağıl olarak çok üretken (Karadeniz seviyesinde) alanlar bulunmaktadır. Bu bölgede sürekli ve yüksek üretim olmasının nedeni Boğaz yoluyla organik ve inorganik besin maddelerinin Karadeniz yüzey sularıyla taşınması ve dikey karışımların hidrodinamik yapının güçlü olması nedeniyle besin tuzlarınca zengin dip sulardan besin tuzu taşınımının etkin olmasıdır. Marmara Denizi'inde birincil üretim 25m gibi çok ince bir yüzey tabakasında gerçekleşmektedir ve bu tabaka keskin haloklin/piknoklin tabakasıyla çakışmaktadır.

Kuzeydoğu Akdeniz ise literatürde de söz edildiği gibi genel anlamda birincil üretim bakımından ve fitoplankton biyo-kütle yoğunluğu bakımından fakir bir deniz olarak bilinmektedir. Ancak son yıllarda (Proje dönemini de kapsamaktadır) yapılan çalışmalarda bu denizimizin bilindiği gibi çok da fakir bir deniz olmadığı konusunda kanıtların çoğalmasıdır. Kuzeydoğu Akdeniz'de İskenderun ve Mersin Körfezleri gibi bazı alanlarda birincil üretimin bağıl olarak yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu bölgelerde düşey karışımın besin tuzu sağlama mekanizmasının işlerliğinin yanısıra karasal

kaynaklardan (nehirler ve şehir deşarjları) taşınan besin tuzlarının bolluğu ile su kolonu ve sediman arasındaki besin tuzu alış-verişinin etkin rol oynaması yüksek üretime neden olmaktadır. Ancak bu bölge yoğun kirlenmenin etki alanındadır. Ayrıca Kuzeydoğu Akdeniz'de Rodos siklonik alanında ve bu siklonu çevreleyen frontal (cephe sistemlerinde) alanlarda bağıl olarak birincil üretimin yüksek olduğu ve bazı özel durumlarda (1992 ve 1995 sert kış koşullarını takiben) Karadeniz seviyesinde üretim gerçekleştiği belirlenmiştir. Rodos bölgesinin en önemli özelliği çok dinamik bir yapıya sahip olması ve dikey karışımın diğer bölgelere oranla daha güçlü olması ve dolasıyla besin tuzlarınca bağıl olarak zengin dip sulardan ışıklı yüzey tabakasına besin tuzu taşınımının aktif bir şekilde gerçekleşmesi bu bölgenin üretken olmasıdır. Bu bölgede yüksek üretim süreklidir. Bunun nedeni ise ışıklı tabakaya besin tuzu sağlayan nutriklin ışıklı tabakanın içerisinde ve/veya tabanına yakın derinliklerde yer almaktadır. Bu da sürekli difüzyon ve adveksiyon ile ışıklı tabakaya besin tuzu aktarımına neden olmaktadır. Frontal alanlarda da birincil üretimin seviyesi bağıl olarak yüksektir; çünkü böyle alanlarda hidrodinamik yapı dikey besin tuzu taşınımının yanında yatay bazda taşınıma da izin vermektedir ve bu mekanizma çoğu zaman siklonun merkezinden daha fazla birincil üretime neden olmaktadır. Antisiklonik alanlarda ise nutriklin ışıklı tabakanın çok altındadır ve bu alanlar üretim açısından sonderce fakirdir.

KAYNAKLAR

Azov, Y., 1986. Seasonal patterns of phytoplankton productivity and abundance in nearshore oligotrophic waters of the Levantine basin, J. of Plankton Res., 8:41-53.

Beşiktepe, Ş, H.İ. Sur, E. Özsoy, M.A. Latif, T. Oğuz ve Ü. Ünlüata, 1994. The circulation and hydrgraphy of the Marmara Sea, Prog. Oceanogr., 34:285-334.

Bologa, A.S., 1985/1986. Planktonic primary productivity of the Black Sea: a review. Thalassia Jugoslavica 21/22(1/2):1-22.

Cociasu, A., L. Dorogan, C. Humborg & L. Popa, 1996. Long-term ecological changes in Romanian Coastal Waters of the Black Sea. Mar. Poll. Bull. 32(1):32-38.

Copin-Montegut, C. & G. Copin-Montegut, 1983. Stoichiometry of carbon, nitrogen and phosphorus in marine particulate matter. Deep Sea Res. 30(1):31-46.

Dauchez, S., B. Qeuguiner, P. Treguer, C. Zeyons, 1991. A comperative study of nitrogen and carbon uptake by phytoplankton in a coastal eutrophic ecosystem (Bay of Brest, France), Oceanologica Acta, 14, 87-95.

Ediger, D., 1995. Interrelationships among primary production and environmental conditions in the Northern Levantine Basin, Ph. D. Thesis, METU, Institiute of Marine Sciences, Erdemli-İçel, 1995, 178pp.

Ediger, D. and A. Yilmaz, 1996a. Characteristics of deep chlorophyll maximum in the Northeastern Mediterranean with respect to environmental conditions, Journal of Marine Systems, 9, 291-303.

Ediger, D. and A. Yılmaz, 1996b. Variability of light transparency in physically and biochemically different water masses: Turkish seas, Fresenius Environmental Bulletin, 5, 133-140.

Ergin, M., M.N. Bodur, D. Ediger, V. Ediger and A. Yılmaz, 1993. Organic carbon distribution in the surface sediments of the Sea of Marmara and its control by the inflows from adjacent water masses, Marine Chemistry, 41:311-326.

Estrada, M., 1985. Deep phytoplankton and chlorophyll maxima in the western Mediterranean. In: Mediterranean Marine Ecosystems, M.M. Apostopoulou and V. Kiortsis, eds., Plenum Press, New York, 247-277.

Grasshoff, K., M. Ehrhardt & K. Kremling, 1983. Determination of nutrients. In Methods of Sea Water Analysis. 2nd edition, Verlag Chemie GmbH, Weinheim: 125-188.

Hay, B.J. & S. Honjo, 1989. Particle deposition in the present and Holocene Black Sea. Oceanography 2:26-31.

Hay, B.J., S. Honjo, S. Kempe, V.A. Itekkot, E.T. Degens, T. Konuk & E. İzdar, 1990. Interannual variability in particle flux in the southwestern Black Sea. DeepSea Res. 37:911-928.

Hay, B.J., M.A. Arthur, W.E. Dean & E.D. Neff, 1991. Sediment deposition in the Late Halocene abyssal Black Sea: Terrigeneous and biogenic matter. Deep Sea Res. 38(Suppl.): S711-S723.

Kempe, S., A.R. Diercks, G. Liebezeit & A. Prange, 1991. Geochemical and structural aspects of the pycnocline in the Black Sea (R/V Knorr 134-8 Legl, 1988). In E. İzdar, J.W. Murray (eds.), Black Sea Oceanography, NATO-ASI Series C, 351, Kluwer Acad. Pub.l, Netherlands: 89-110.

Kıdeyş, A.E., 1994. Recent dramatic changes in the Black Sea ecosystem: The reason for the sharp decline in Turkish anchovy fisheries, Journal of Marine Systems, 5: 171-181.

Krom, M.D., N. Kress and S. Brenner, 1991. Phosphorus limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean, Limnology and Oceanography, 36(3), 424-432.

Lohrenz, S.E., D.A. Wiesenburg, I.P. Depalma, K.S. Johnson and D.E. Gustafson, 1988. Interrelationships among primary production, chlorophyll and environmental conditions in frontal region of the western Mediterranean Sea. Deep-Sea Research, 35(5), 793-810.

Megard, R.O. and T. Berman, 1989. Effects of algae on the Secchi transparecy of the southeastern Mediterranean sea. Limnology and Oceanography, 34, 424-432

Miller, A.R., P. Tchernia, H. Charnock and D.A. Mc Gill, 1970. Mediterranean Sea Atlas of Temperature, Salinity, Oxygen Profiles and Data from Cruises of R/V Atlantis and R/V Chain with distribution of nutrients and chemical properties, WHOI Atlas Series 3, Woods Hole Oceanographic Institute, Woods Hole, Mass.pp:190.

Murray, J.M., H.W. Jannasch, S.Honjo, R.F. Anderson, W.S. Reeburgh, Z. Top, G.E. Friederich, L.A. Codispotu & E. İzdar, 1989. Unexpected changes in the oxic/anoxic interface in the Black Sea. Nature 338: 411-413.

Murray, J.M., Z. Top & E. Özsoy, 1991. Hydrographic properties and ventilation of the Black Sea. Deep Sea Res. 38(2): S663-S690.

Murray, J.M., L.A. Codispoti & G.E. Friederich, 1994. Redox environments: The suboxic zone in the Black Sea. In C.P. Huang, C.R. O`Melia and J.J. Morgan (eds.). Aquatic Chemistry, Advances in Chemistry Series, American Chemical Society.

Mutlu, E., F. Bingel, A.C. Gücü, V.V. Melnikov, U. Niermann, N.A. Ostr and V.E. Zaika, 1994. Distribution of the new invader *Mnemiopsis* sp. and the resident *Aurelia aurita* and *Pleurobrachia pileus* populations in the Black Sea in the years 1991-1993. ICES J. Mar. Sci. 51: 407-421.

Oğuz, T., M.A. Latif, H.İ. Sur, E. Özsoy & Ü. Ünlüata, 1991. On the dynamics of the southern Black Sea. In E. İzdar and J.W. Murray (eds.). Black Sea Oceanography, NATO-ASI Series C, 351, Kluwer Acad. Publ., Netherlands:43-63.

Oğuz, T. & P.E. La Violette, 1992. The upper layer circulation of the Black Sea: Its variability as inferred from hydrographic and satellite observations, J. of Geophy. Res. 97(C8):12,569-12,584.

Oğuz, T., V.S. Latun, M.A. Latif, V.V. Vladimir, H.İ. Sur, A.A. Markov, E. Özsoy, B.B. Kotovhchikov, V.V. Eremeev & Ü. Ünlüata, 1993. Circulation in the surface and intermediate layers of the Black Sea, Deep Sea Res. 40(8):1597-1612.

Özsoy, E., T. Oğuz, M.A. Latif ve Ü. Ünlüata, 1986. Türk Boğazlar sisteminin Oşinografisi, Türk Boğazlarının Fiziksel Oşinografisi, I. Yıllık Rapor, Cilt I., ODTÜ, Deniz Bilimleri Enstitüsü Yayını, (İngilizce), Erdemli-İçel.

Özsoy, E., T. Oğuz, M.A. Latif , Ü. Ünlüata, H.İ. Sur ve Ş. Beşiktepe,1988. Türk Boğazlar sisteminin Oşinografisi, Türk Boğazlarının Fiziksel Oşinografisi, II. Yıllık Rapor, Cilt I., ODTÜ, Deniz Bilimleri Enstitüsü Yayını, (İngilizce), Erdemli-İçel.

Özsoy, E., A. Hecht and Ü. Ünlüata, 1989. Circulation and hydrography of the Levantine Basin. Results of POEM coordinated experiments 1985-1986. Progress in Oceanography, 22, 125-170.

Özsoy, E., A. Hecht , , Ü. Ünlüata, S. Brenner, T. Oğuz, J. Bishop, M.A. Latif and Z. Rosentraub, 1991. A review of the Levantine Basin circulation and its variability during 1985-1988, Dynamics of Atmosphere and Oceans, 15, 421-456.

Polat, S.Ç., 1995. Nutrient and organic carbon budgets in the Sea of Marmara: A progressive effort of the biogeochemical cycles of carbon, nitrogen and phosphorus. Ph. D. Thesis, METU-IMS, Erdemli, Turkey, 215 pp.

Redfield, A.C., B.H. Ketchum and F. A. Richards, 1963. The influence of organisms on the composition of sea water, In: The Sea, Vol. 2, M.N. Hill, ed., Willey-Interscience, New-York, pp. 26-77.

Salihoğlu İ., C. Saydam, Ö. Baştürk, K.Yılmaz, D. Ediger, E. Hatipoğlu and A. Yılmaz, 1990. Transport and distribution of nutrients and chlorophyll-a by meso-scale eddies in the Northeastern Mediterranean, Marine Chemistry, 29, 375-390.

Saydam, A.C., M. Sakarya, İ. Salihoğlu and A. Yılmaz,1985. Dissolved/dispersed petroleum hydrocarbons, suspended sediment, plastic, pelagic tar and other litter in the Northeastern Mediterranean. Presented at VIIes Journees d'Etudes sur les Pollutions Marines en Mediterranee, Lucerne, (Switzerland) Octobre 11-13, 1984. In: Workshop on Pollution of the Mediterranean, Lucerne, (Switzerland), October 11-13, 1984. Comission Int, Exploration Scientifique Mer Mediterranee, Monaco(Monaco), Publ, by: CIESM, Monaco (Monaco),1985, pp, 509-518.

Shaffer, G., 1986. Phosphate pumps and shuttles in the Black Sea. Nature 321:515-517.

Shuskina, E.A. & E.I. Musaeva, 1990. Structure of planktonic community from the Black Sea epipelagical and its changes as the result of the introduction of a ctenophore species. Oceanology 30(2):306-310.

Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons, 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2nd edition. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 167.

Sur, H.İ., E. Özsoy and Ü. Ünlüata, 1993. Simultaneous deep and intermediate depth convection in the Northern Levantine Sea, winter 1992, Oceanologica Acta, 16(1), 33-43.

Sur, H.İ., E. Özsoy, Y.P. Ilyin & Ü. Ünlüata, 1996. Coastal/deep ocean interactions in the Black Sea and their ecological/environmental impacts. J. Mar. Systems 7:293-320.

Toggweiler, J.R., 1993. Carbon overconsumption, Nature, 363, 210-211.

Tuğrul, S., Ö. Baştürk, C. Saydam & A. Yılmaz, 1992. Changes in the hydrochemistry of the Black Sea inferred from water density profiles. Nature 359:137-139.

Vedernikov, V.I. & A.B. Demidov, 1993. Primary production and chlorophyll in the deep regions of the Black Sea. Oceanology 33(2):229-235.

Vidal, C. V., 1995. Bio-optical characteristics of the Mediterranean and the Black Sea, M.S. Thesis, 134pp., Institute of Marine Sciences, Erdemli, İçel, Turkey.

Vinogradov, M.Ye., E.A. Shushkina, Eh. I. Musaeva & Yu.I. Sorokin, 1989. The comb-jelly *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz)(Ctenophora:Lobata); a newly introduced species in the Black Sea. Oceanology 29(2):293-299 (*In Russian*).

Vinogradov, M.Ye. and E.A. Shushkina, 1992. Temporal changes in community structure in the open Black Sea, Oceanology, 32: 485-491.

Vladimirov, V.L., V.I. Mankovsky, M.V. Solov'ev & A.V. Mishonov, 1997, Seasonal and long-term variability of the Black Sea optical parameters, In: E. Özsoy and A. Mikaelyan (eds), Sensitivity to change: Black Sea, Baltic and North Sea, NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers (*in press*).

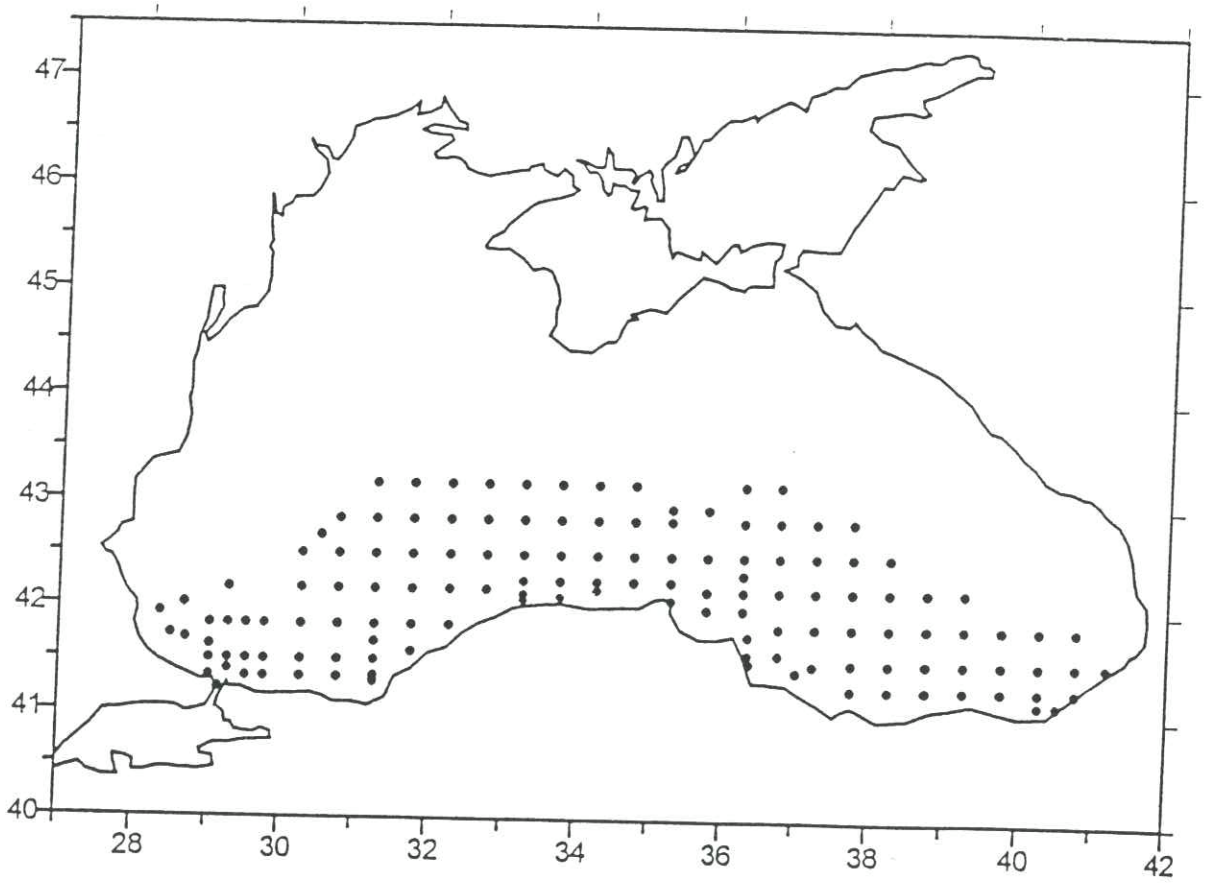
Yemel'yanov, Ye. M. and K.M. Shimkus, 1973. Suspended matter and its mineral composition in the Mediterranean sea, Oceanology, 13, 532-537.

Yılmaz, A., D. Ediger, Ö. Baştürk and S. Tuğrul, 1994. Phytoplankton fluorescence and deep chlorophyll maxima in the Northeastern Mediterranean, Oceanologica Acta, 17(1), 69-77.

Yılmaz, A., S. Tuğrul, Ç. Polat, D. Ediger, Y. Çoban and E. Morkoç, 1997. On the production, elemental composition (C,N,P) and distribution of photosynthetic organic matter in the southern Black Sea, Hydrobiologia/Development in Hydrobiology, (Accepted for publication)

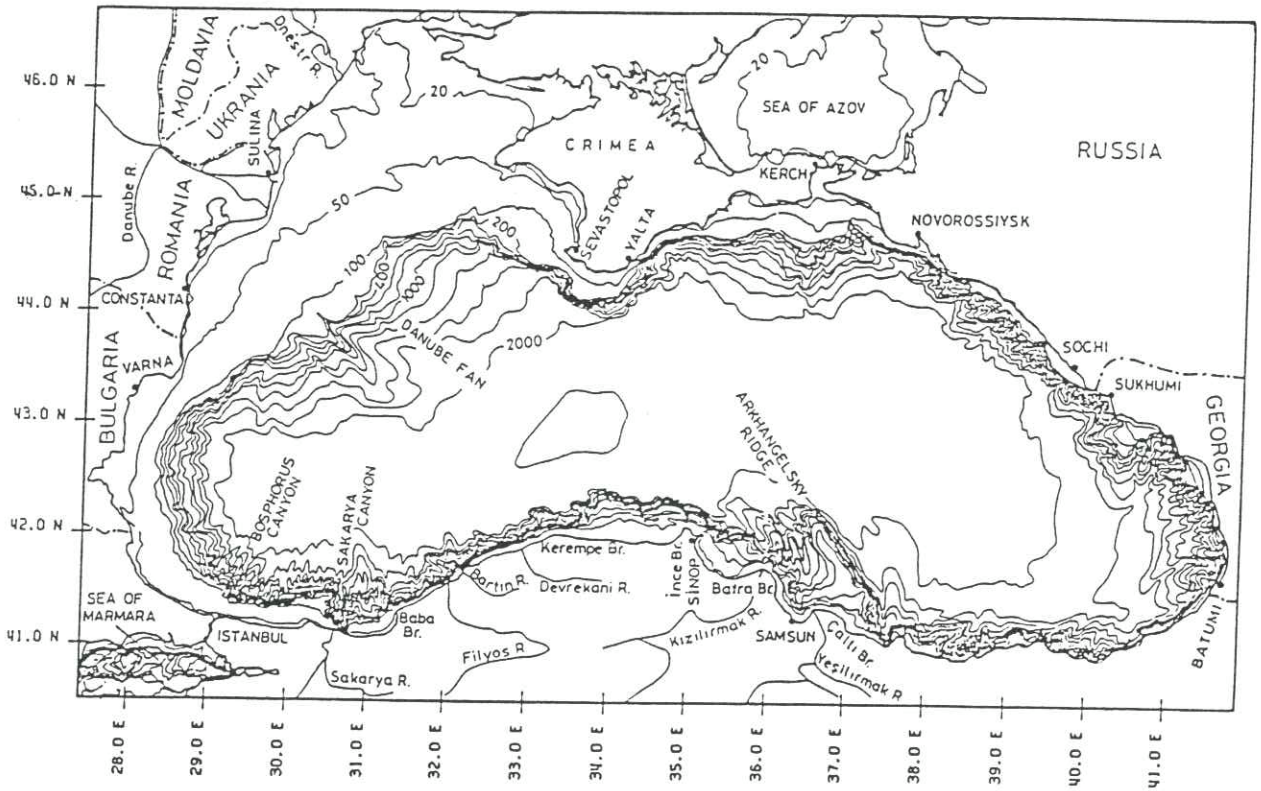
Yılmaz, A. & S.Tuğrul, 1997. The effect of cold- and warm-core eddies on the distribution and stoichiometry of dissolved nutrients in the Northeastern Mediterranean. J. Mar. Systems (*Accepted for publication*).

ODTÜ-DBE KÜTÜPHANESİ
METU - IMS LIBRARY

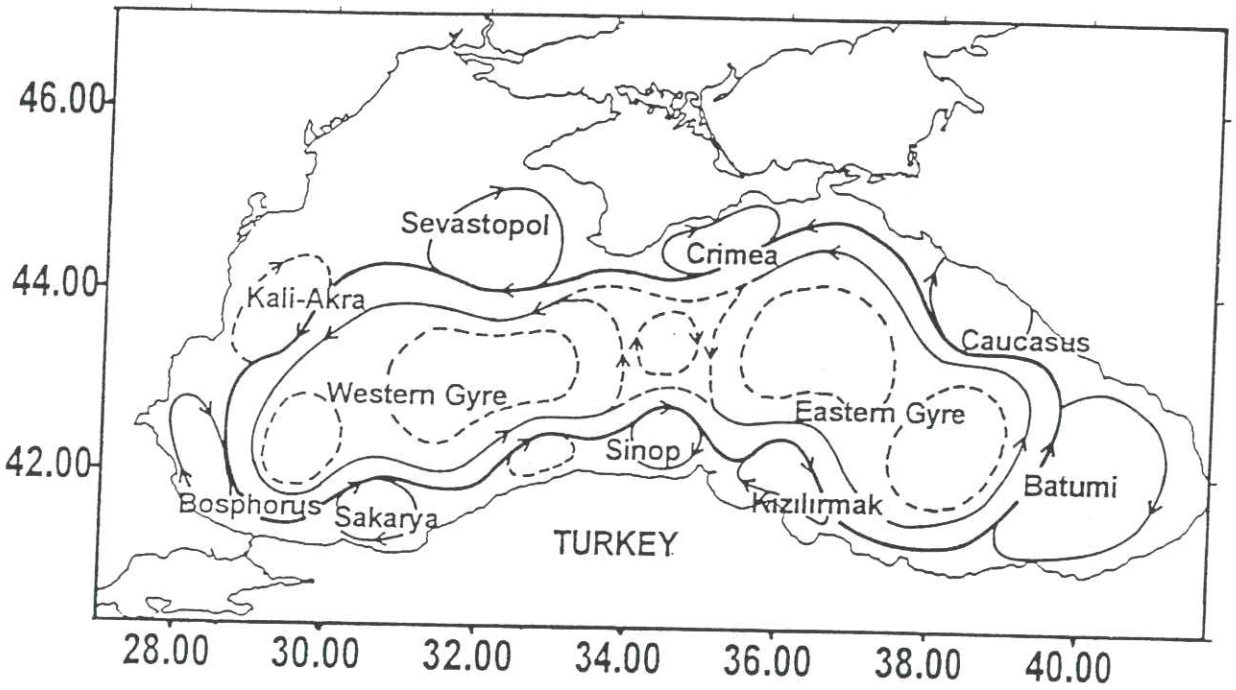


Şekil 1. Güney Karadeniz'de yerinde ölçüm ve deniz suyu örneklemesi yapılan istasyonların konumları

ODTÜ-DBE KÜTÜPHANESİ
METU - IMS LIBRARY

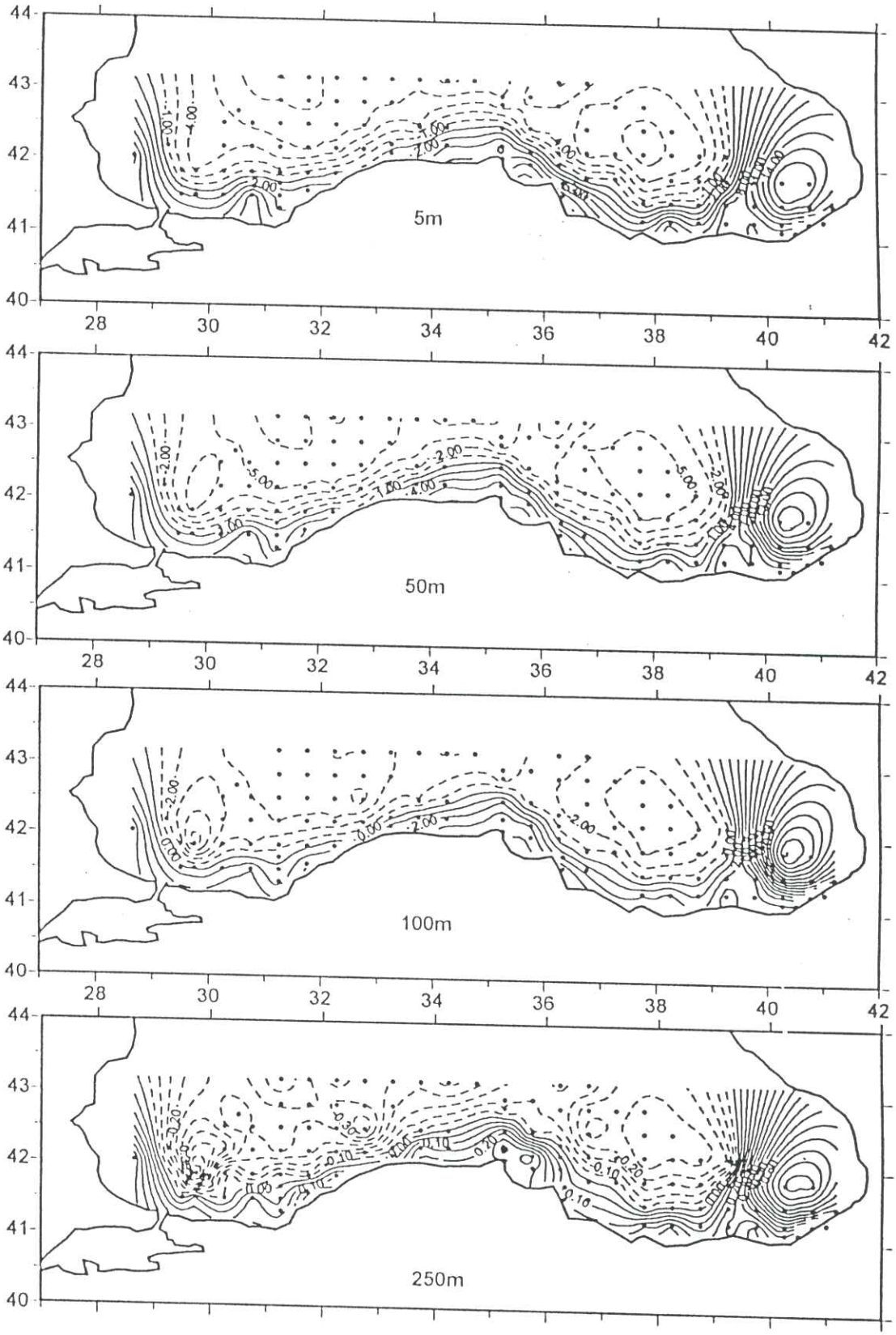


Şekil 2. Karadeniz'in coğrafi konumu ve basenin topografya özellikleri

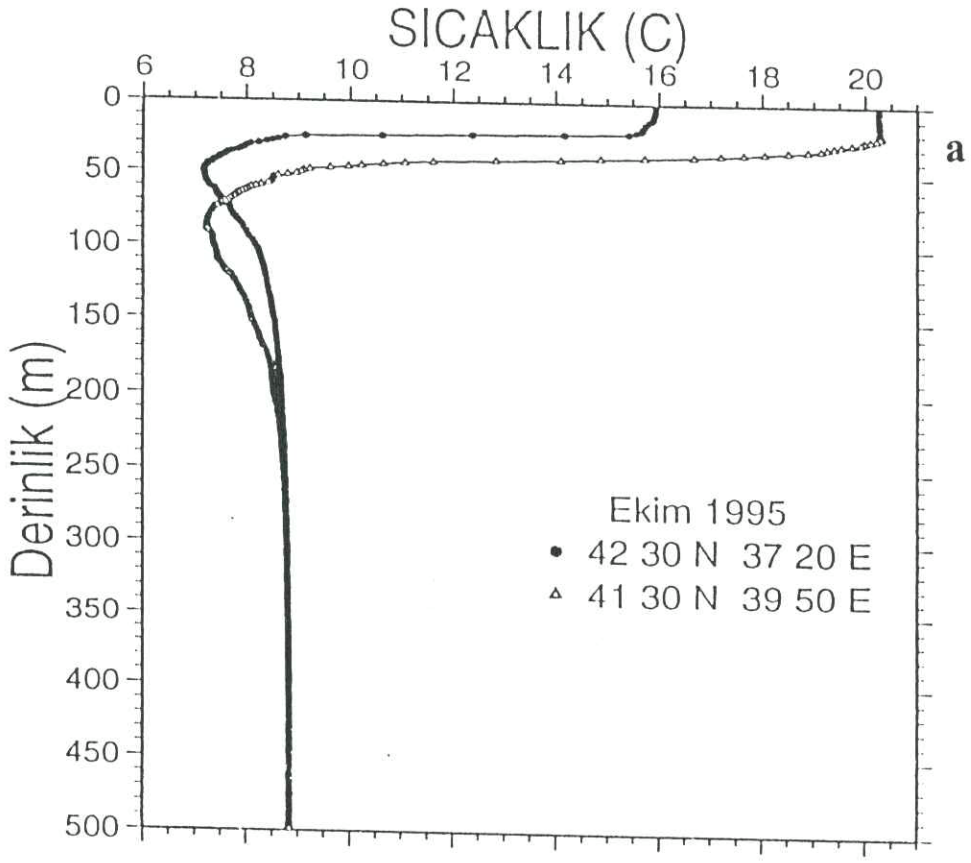


Şekil 3. Karadeniz'de genel akıntı ve döngü sistemleri (Oğuz ve diğ., 1993)

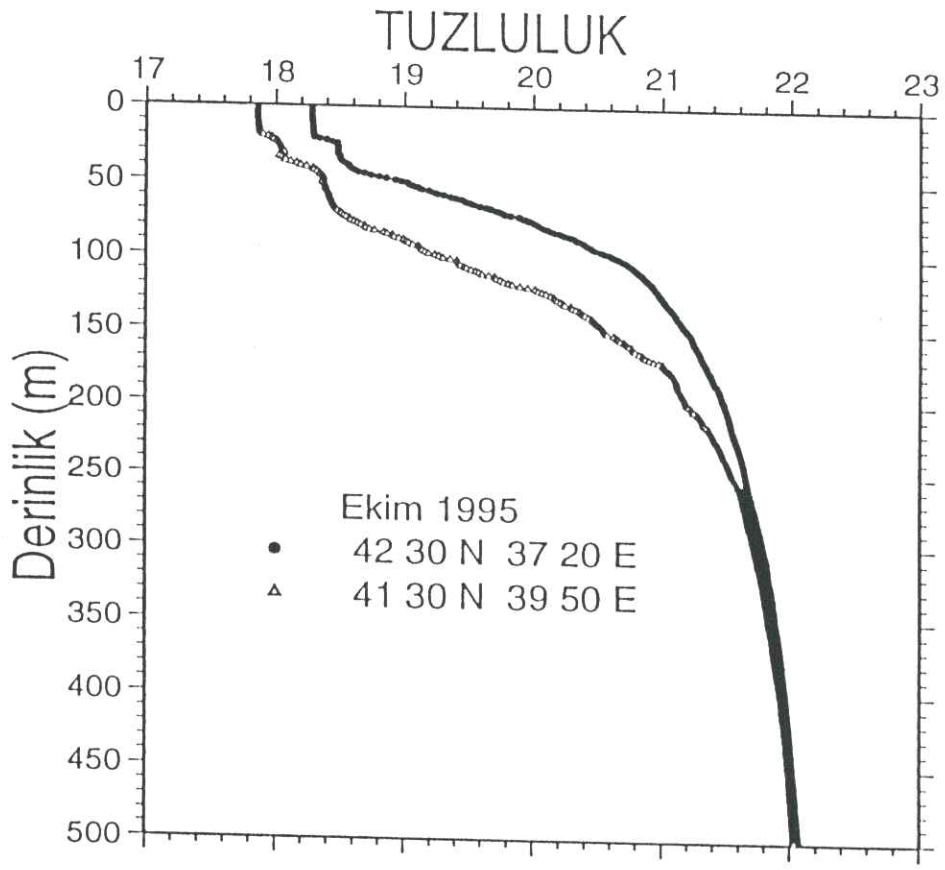
Haziran 1996 Seferi Dinamik Topografya Dağılımları



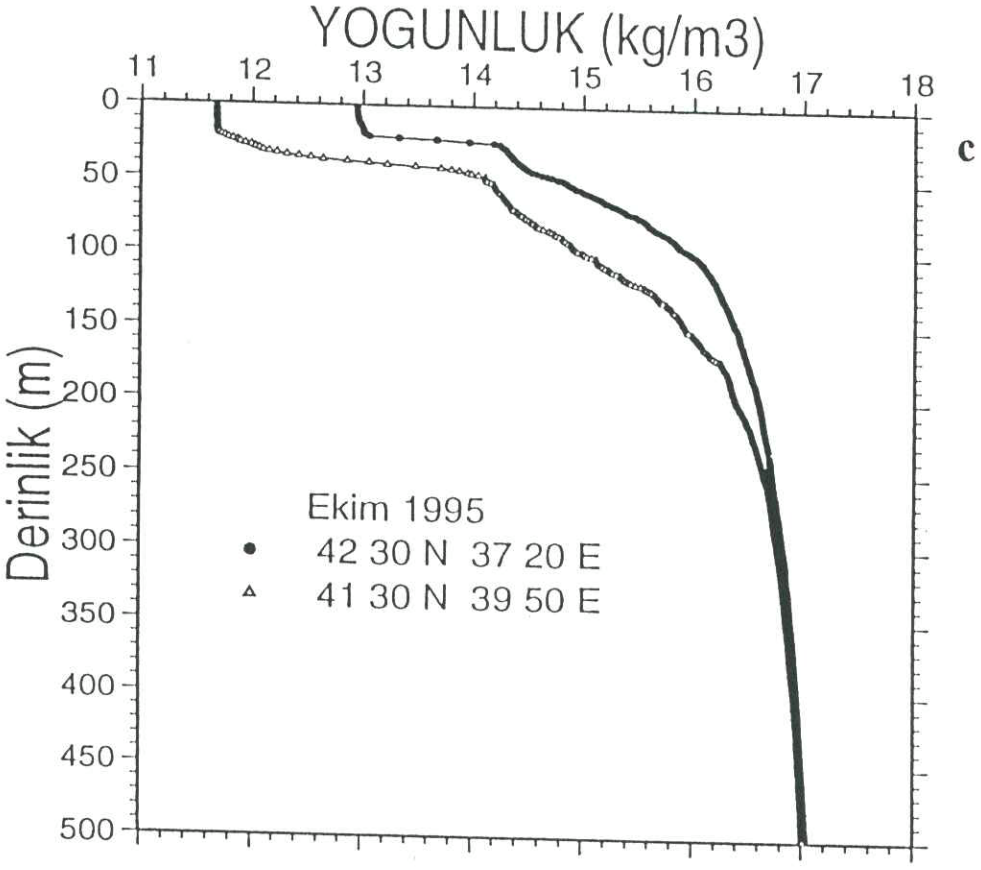
Şekil 4. Güney Karadeniz'de Haziran 1996 dönemine ait farklı derinliklerdeki dinamik topografya haritaları



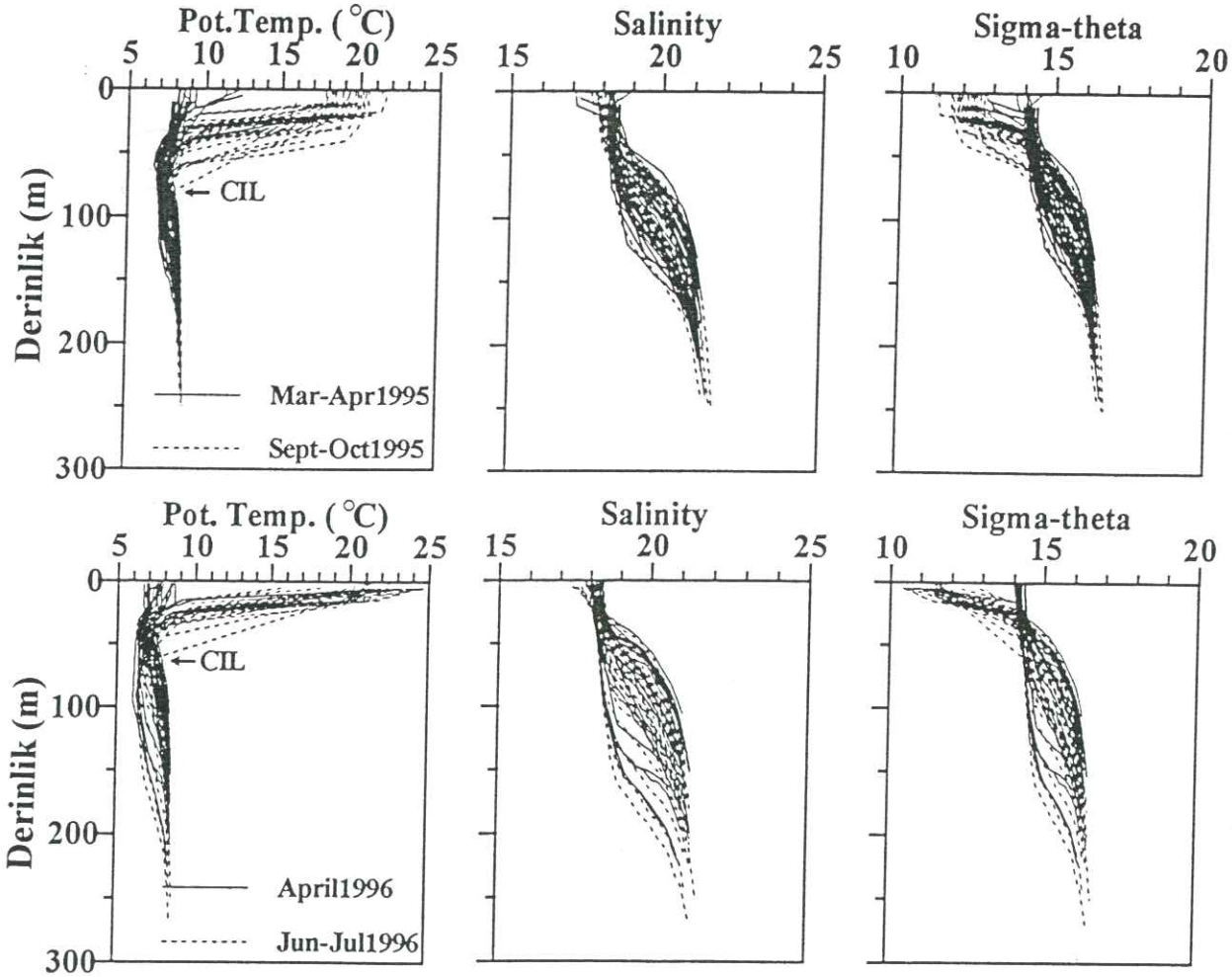
Şekil 5. Ekim 1995 döneminde siklonik (•) ve antisiklonik alanlarda (Δ) sıcaklık (a), tuzluluk (b) ve yoğunluğun (c) düşey dağılımı



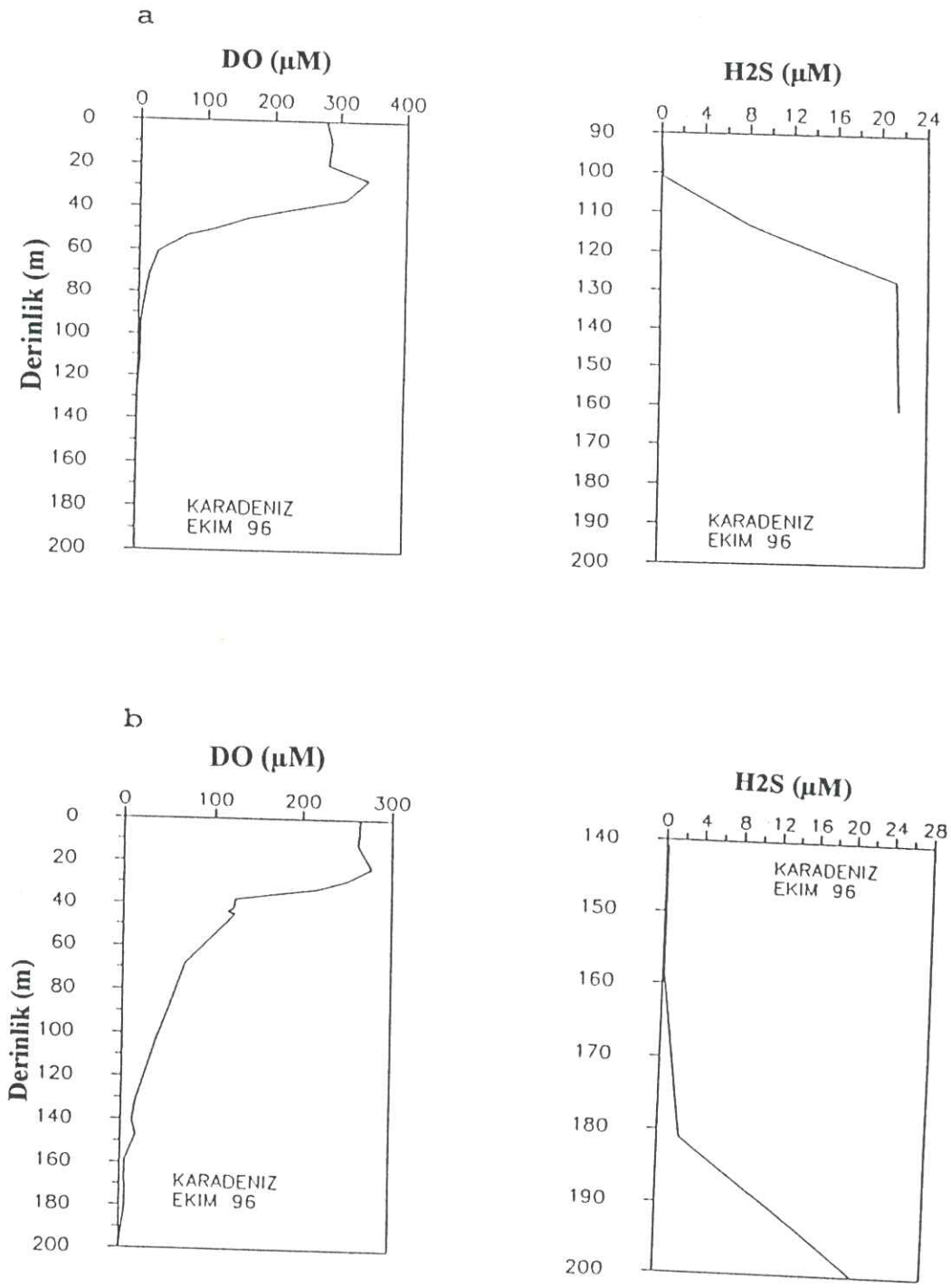
Şekil 5 devam



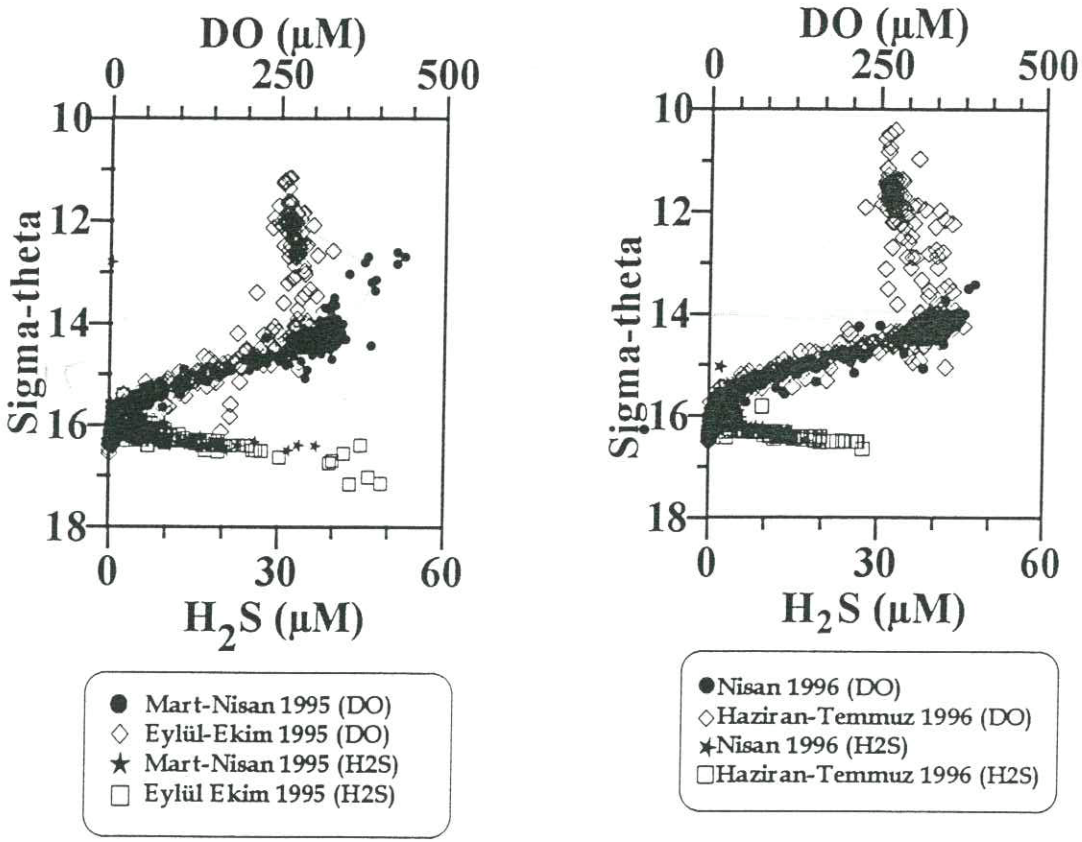
Şekil 5 devam



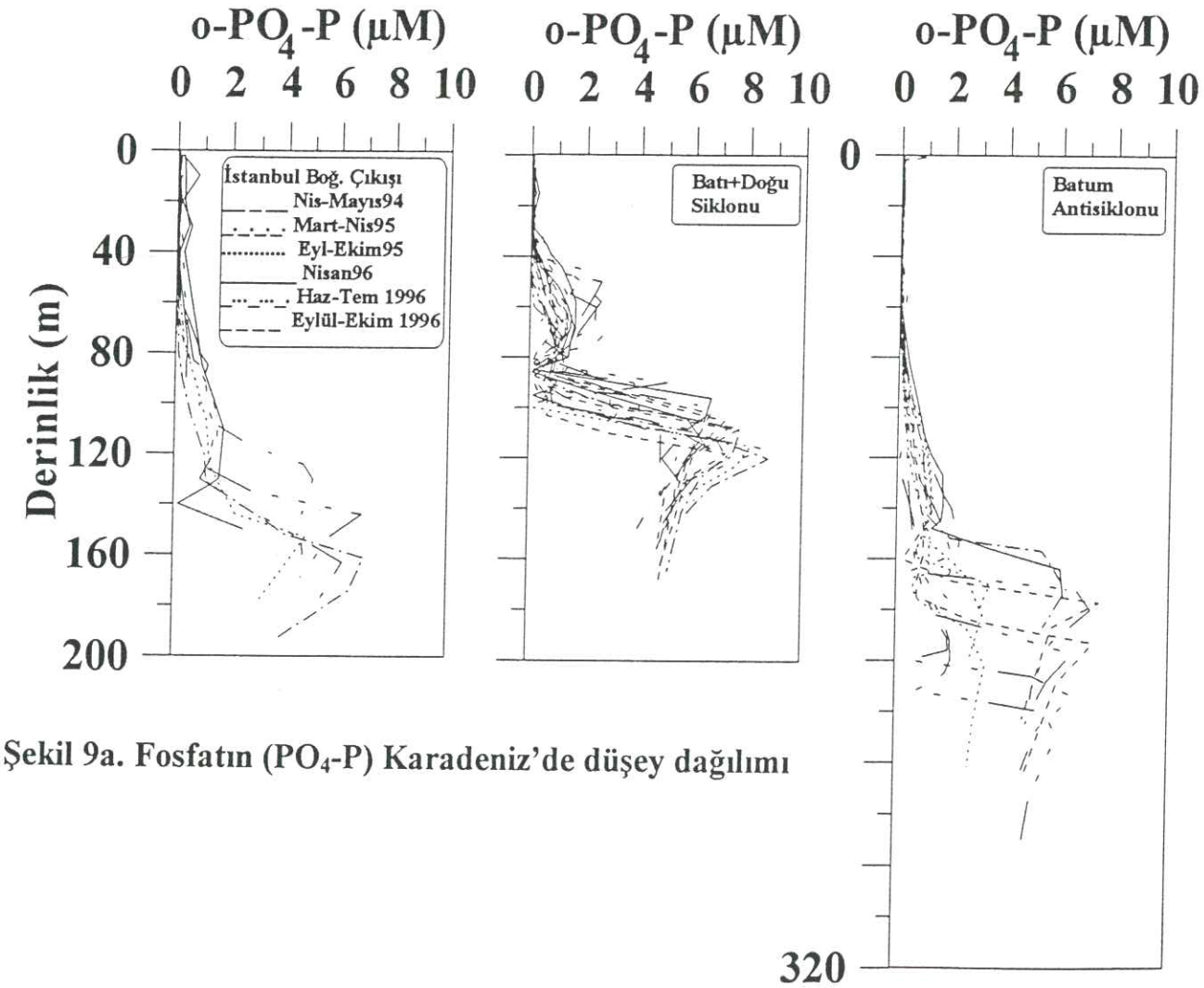
Şekil 6. 1994-1997 döneminde seçilen mevsimlerde tüm Güney Karadeniz baseninde sıcaklık (Pot. Temp.), tuzluluk (Salinity) ve yoğunluğun (sigma-theta) düşey dağılımı



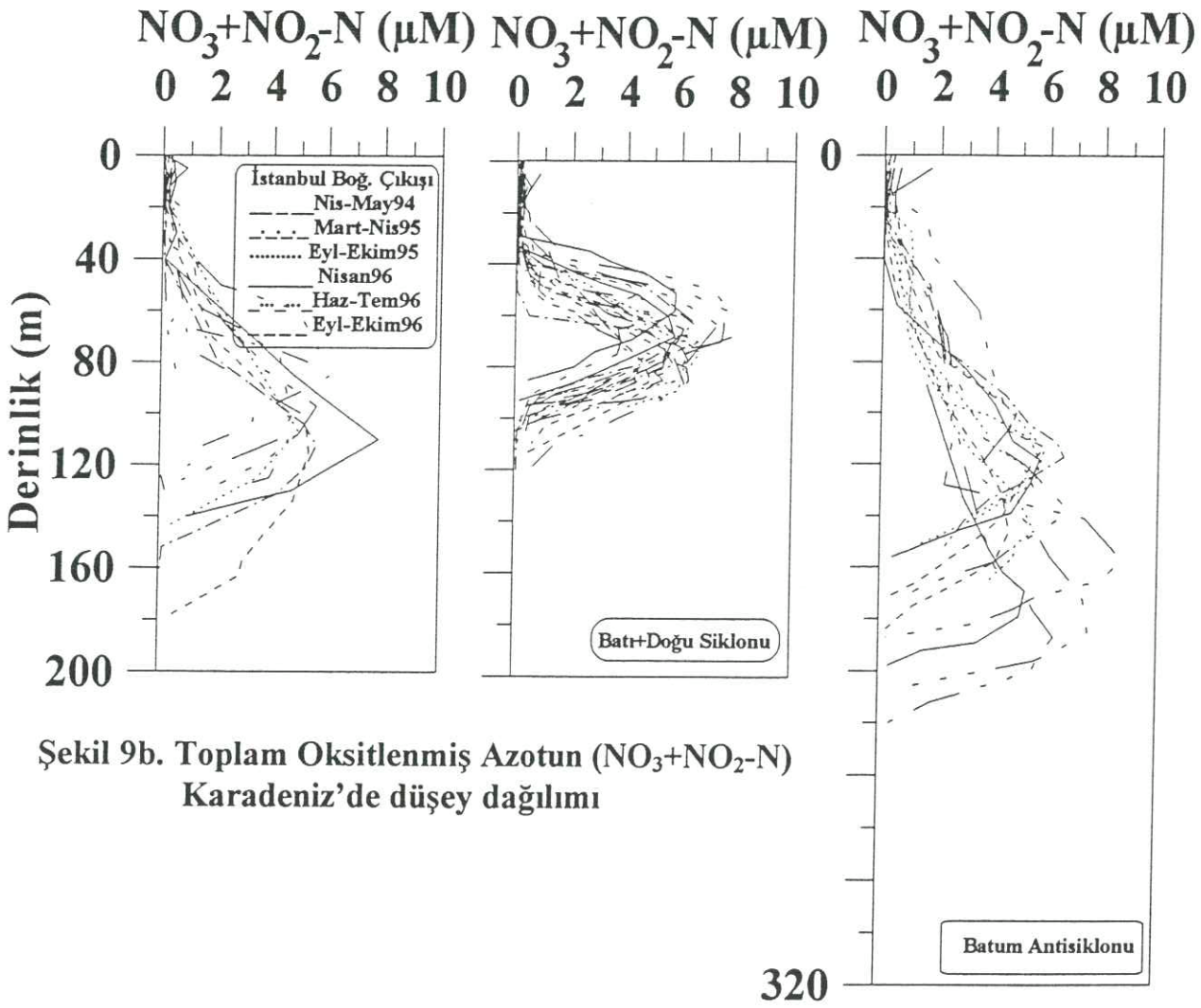
Şekil 7. Karadeniz'de siklonik (a açık alanlar) ve anti-siklonik (b kıyısal alanlar) döngü sistemlerinde çözünmüş oksijen (DO) ve hidrojen sülfürün (H_2S) derinliğe bağlı değişimi



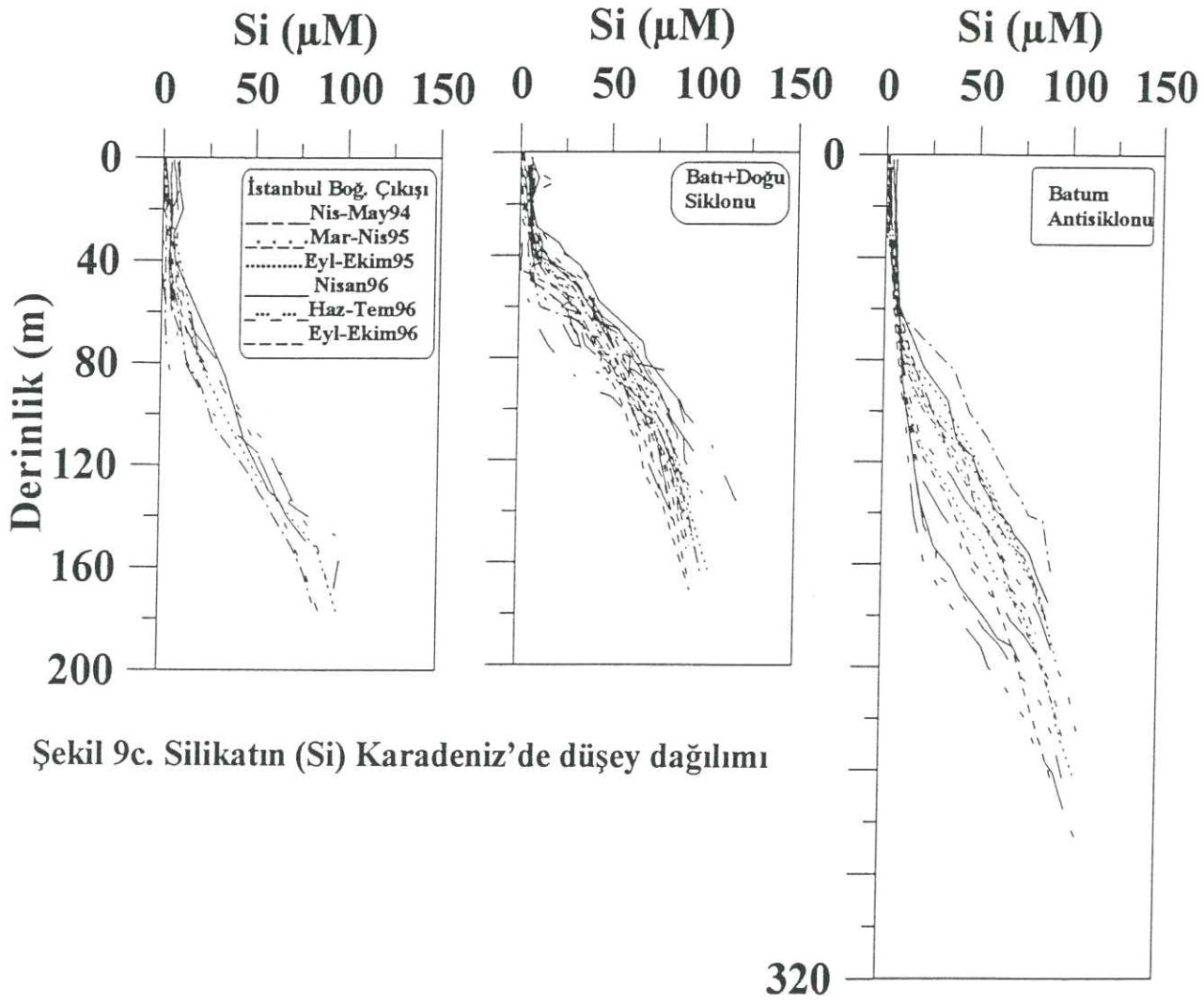
Şekil 8. Karadeniz'de çözünmüş oksijenin (DO) ve hidrojen sülfürün (H_2S) deniz suyu yoğunluna (sigma-theta) karşı dikey değişimi



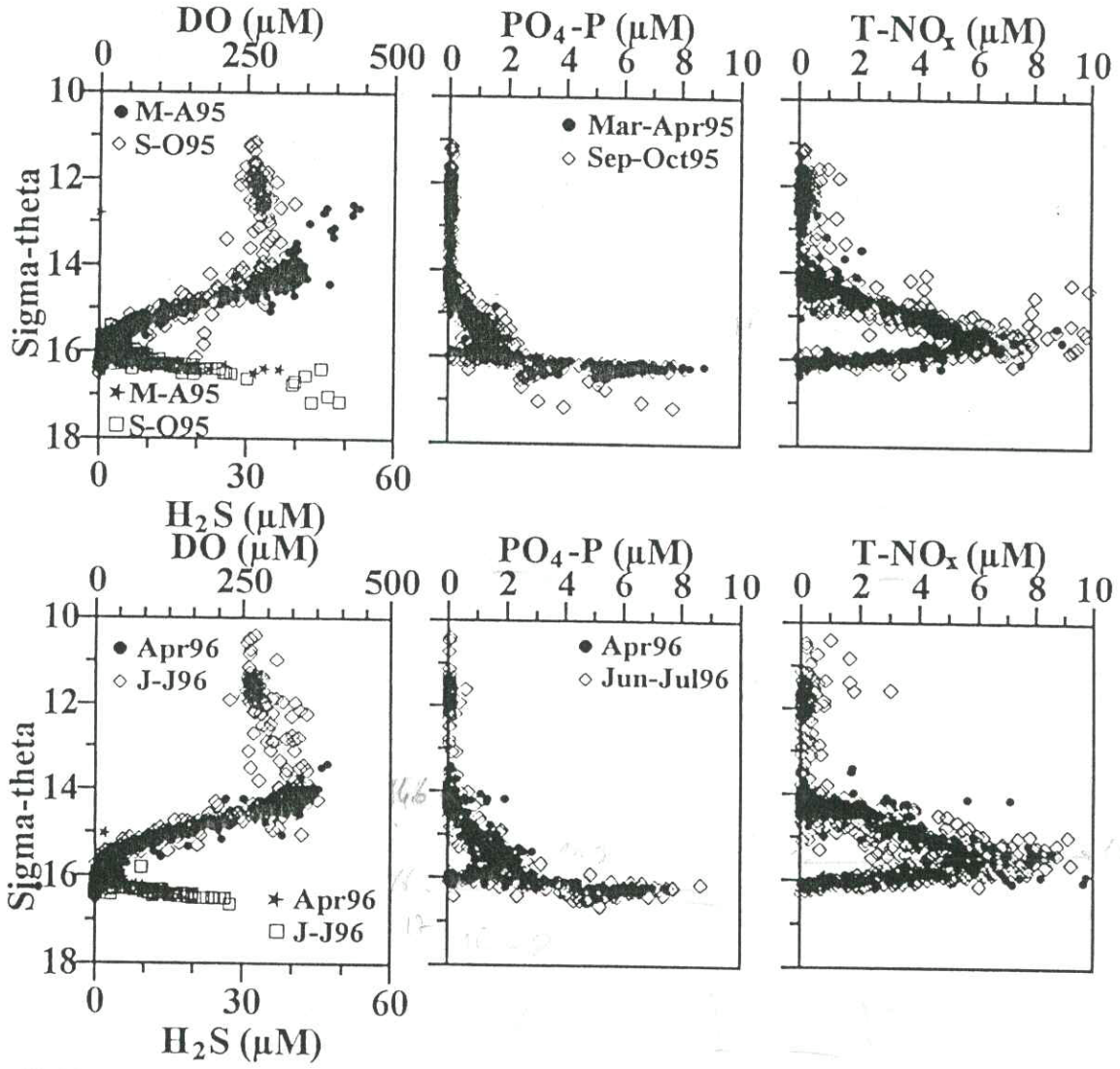
Şekil 9a. Fosfatın (PO_4-P) Karadeniz'de düşey dağılımı



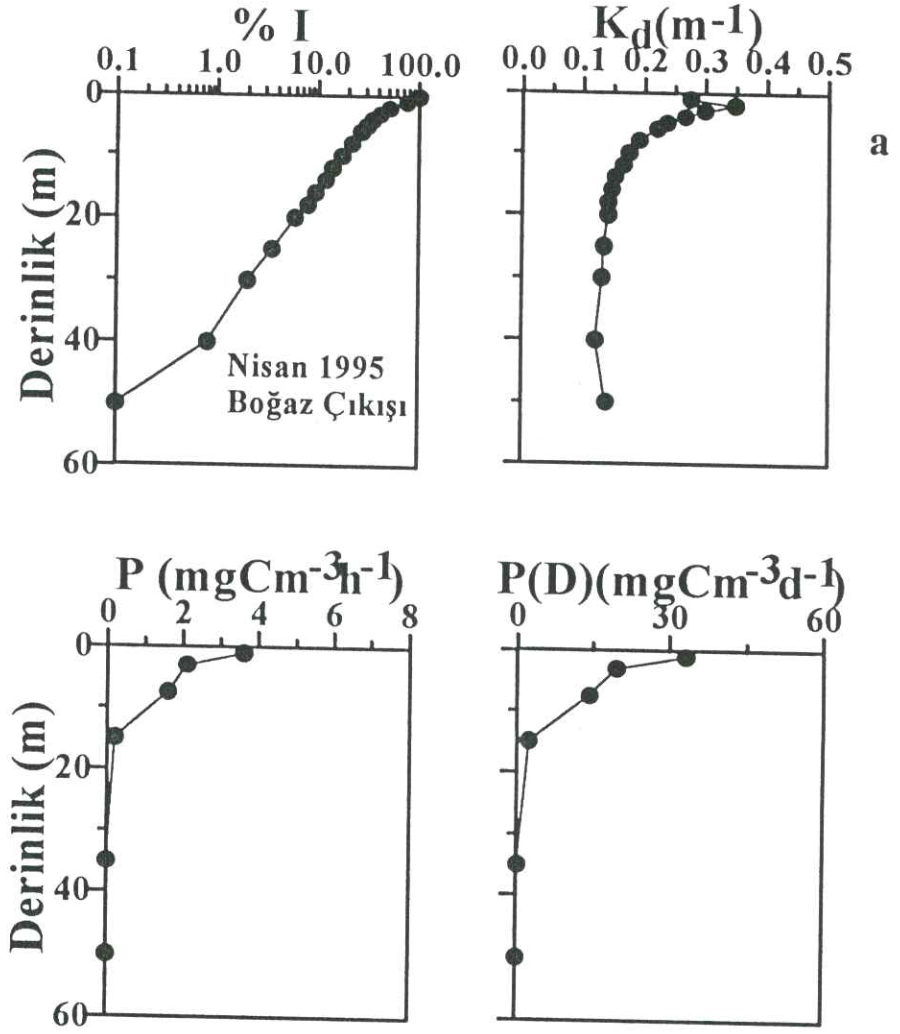
Şekil 9b. Toplam Oksitlenmiş Azotun (NO_3+NO_2-N) Karadeniz'de düşey dağılımı



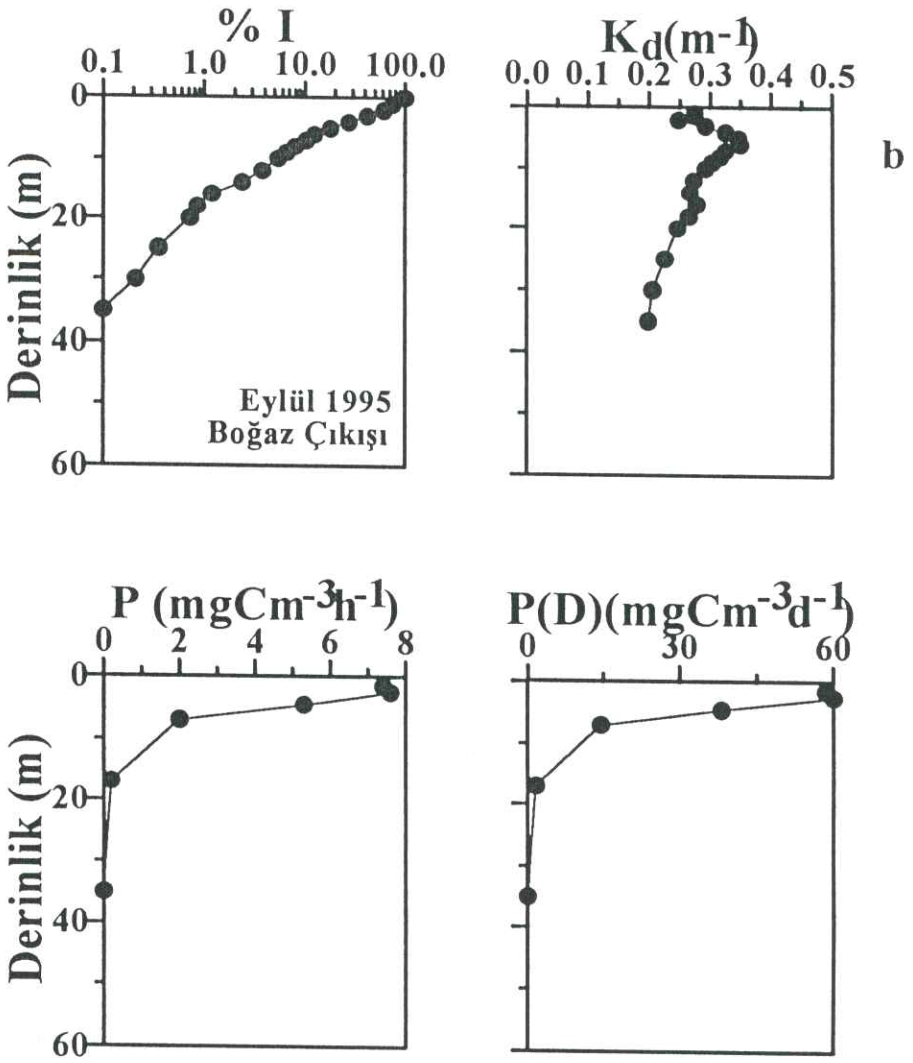
Şekil 9c. Silikatın (Si) Karadeniz'de düşey dağılımı



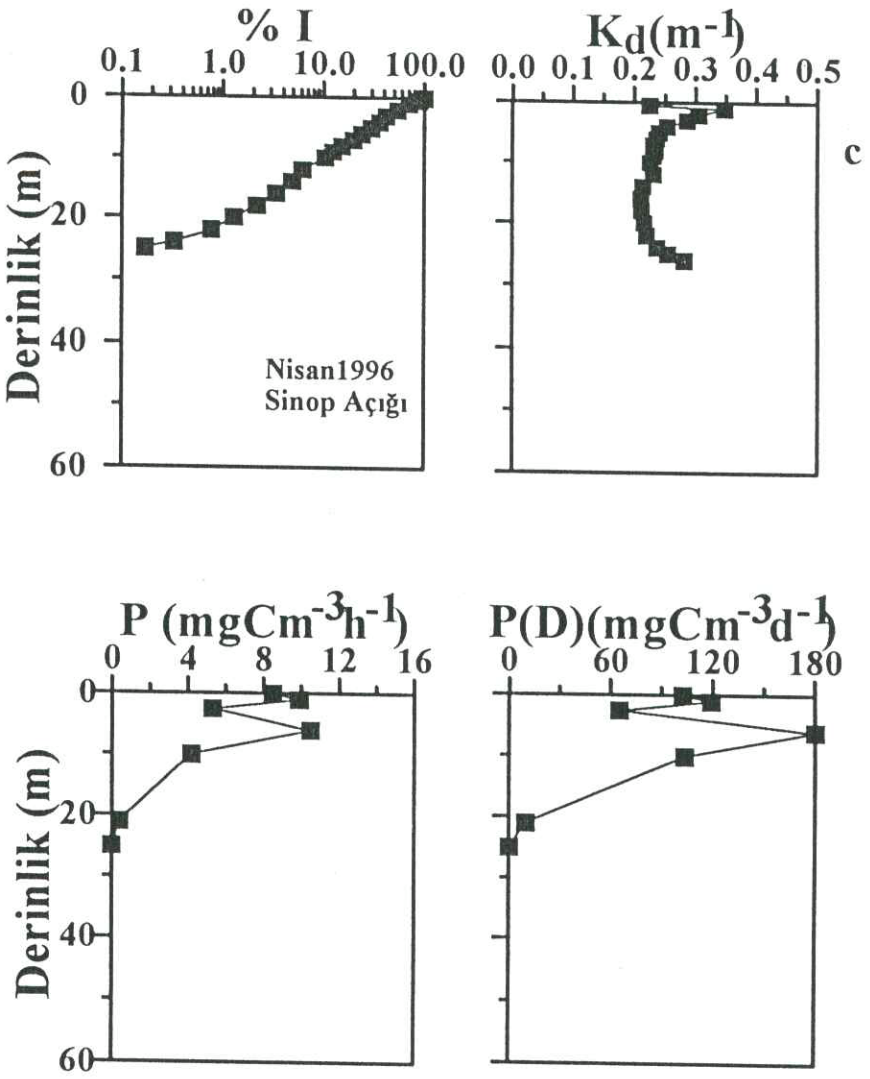
Şekil 10. Karadeniz'de çözünmüş oksijenin (DO), hidrojen sülfürün (H_2S), fosfatın (PO_4-P) ve toplam oksitlenmiş azotun (NO_3+NO_2-N) deniz suyu yoğunluna (sigma-theta) karşı dikey değişimi (M-A95: Mart-Nisan 1995; S-O95: Eylül-Ekim 1995; Mar-Apr95: Mart-Nisan 1995; Apr96: Nisan 1996; Jun-Jul96: Haziran-Temmuz 1996)



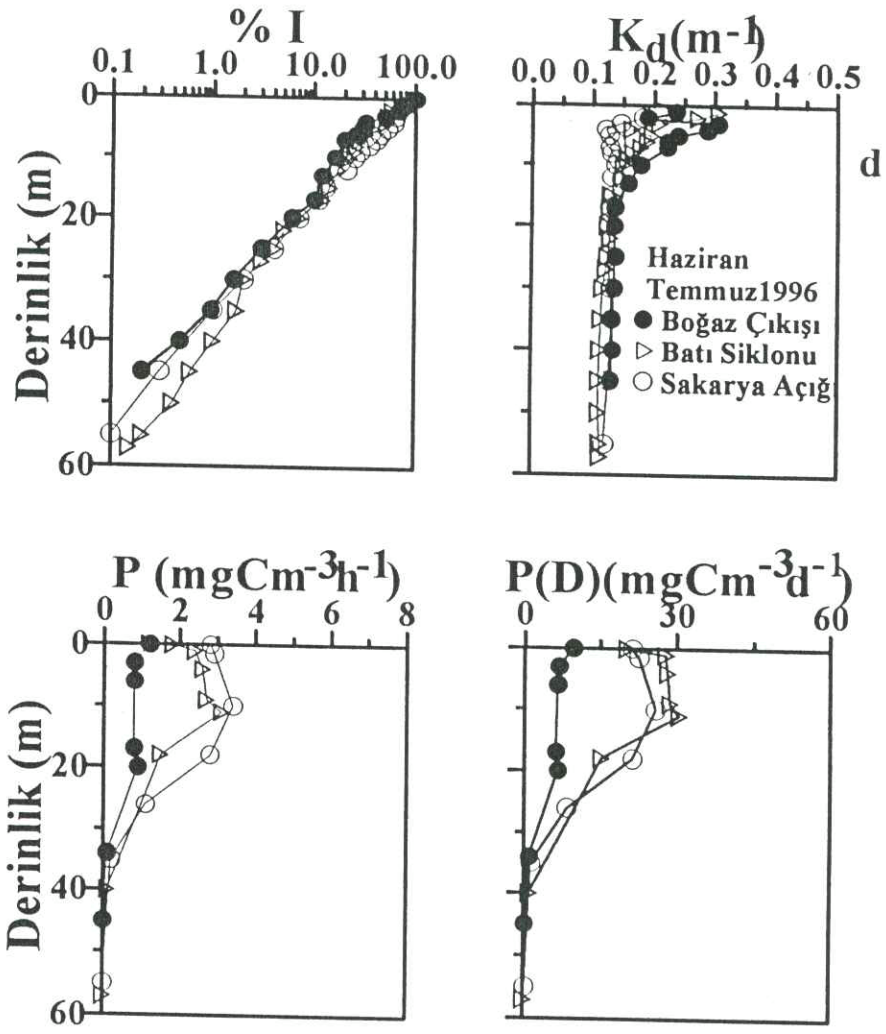
Şekil 11. Karadeniz'de fotosentetik aktif ışığın yüzeye oranla derinlikle değişimi(% I), ışık sönüm katsayısı (K_d) ve saatlik(P)/günlük(P_D) birincil üretim profilleri



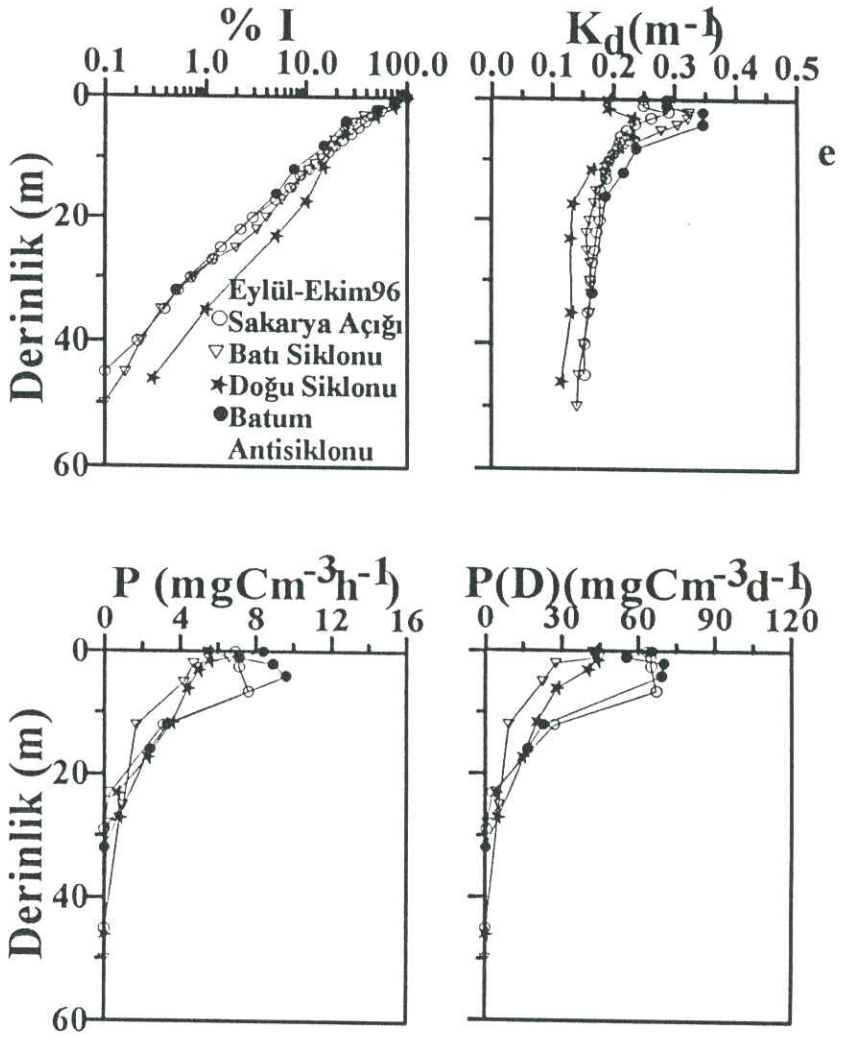
Şekil 11 devam



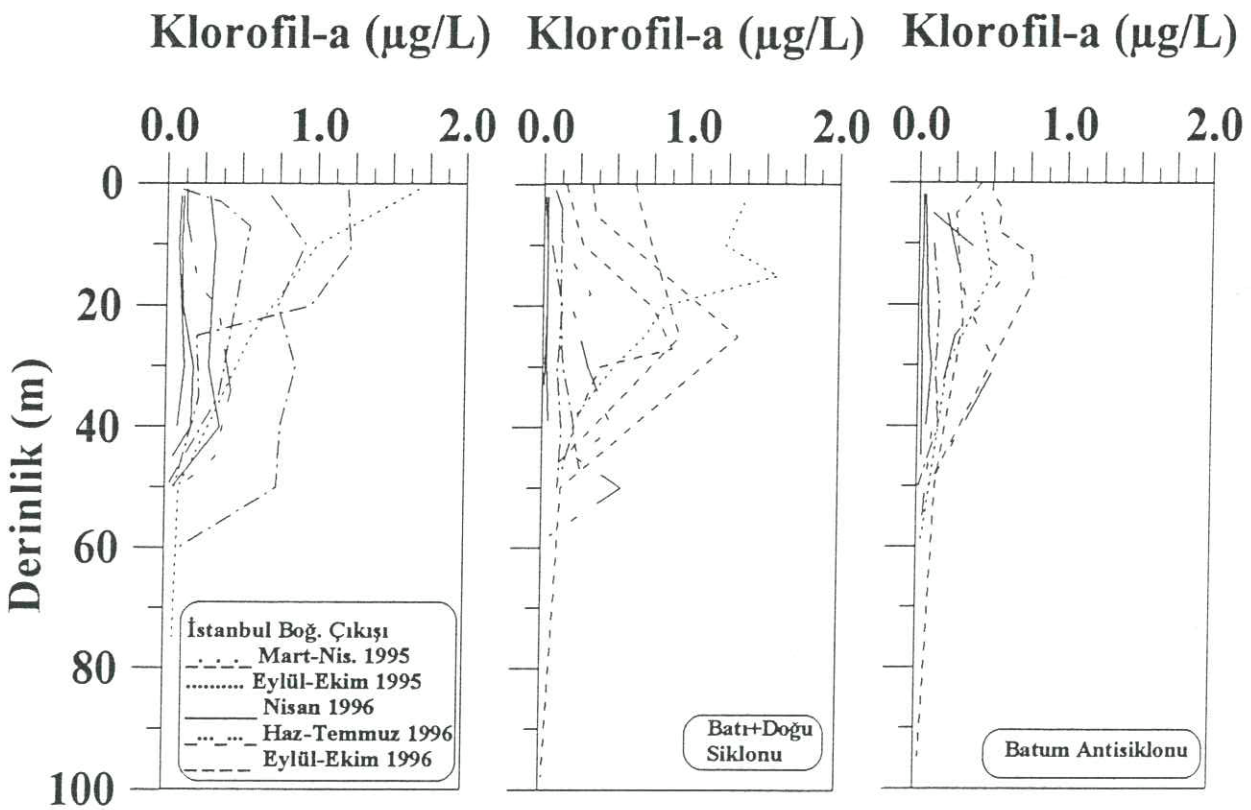
Şekil 11 devam



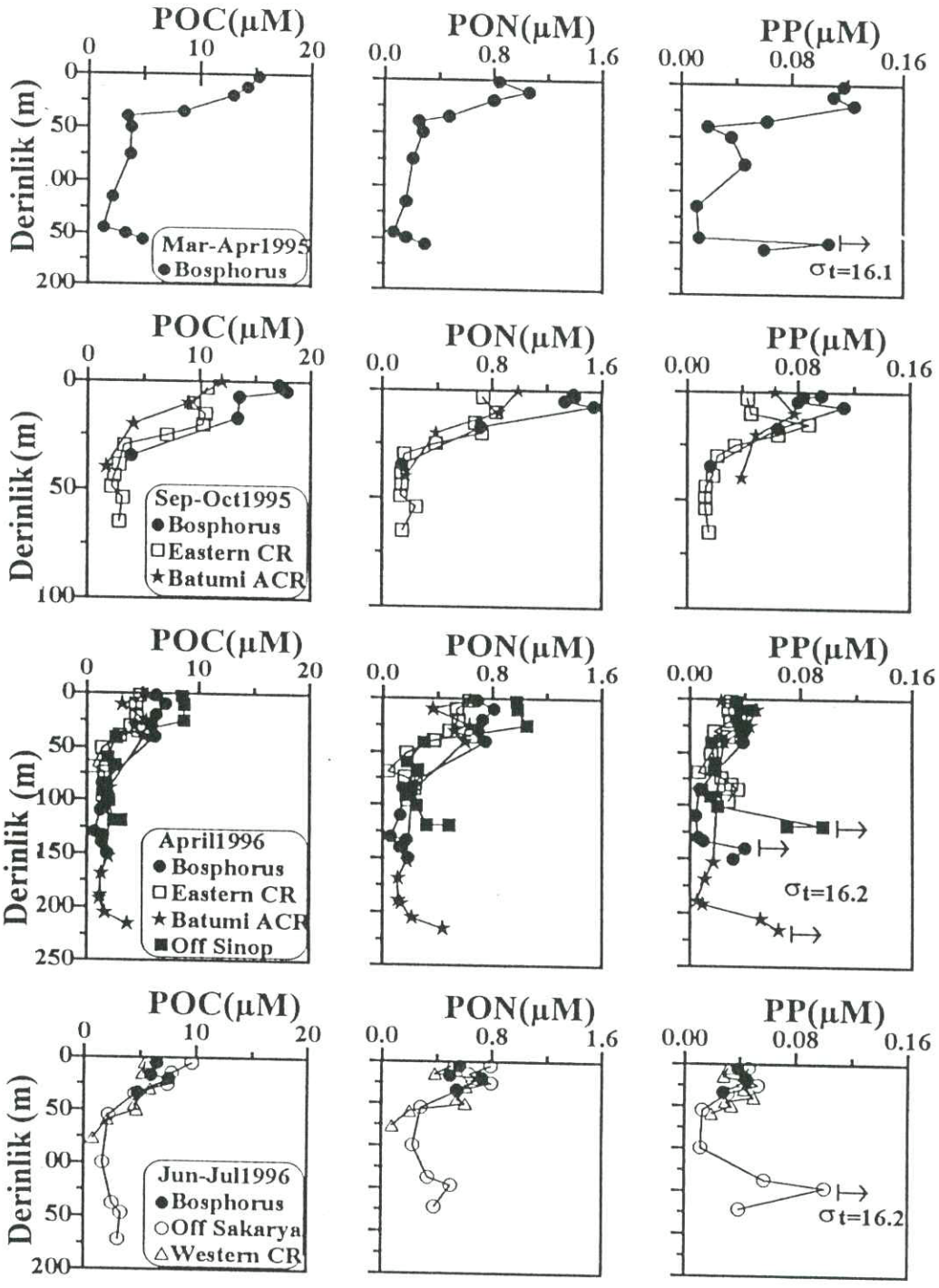
Şekil 11 devam



Şekil 11 devam

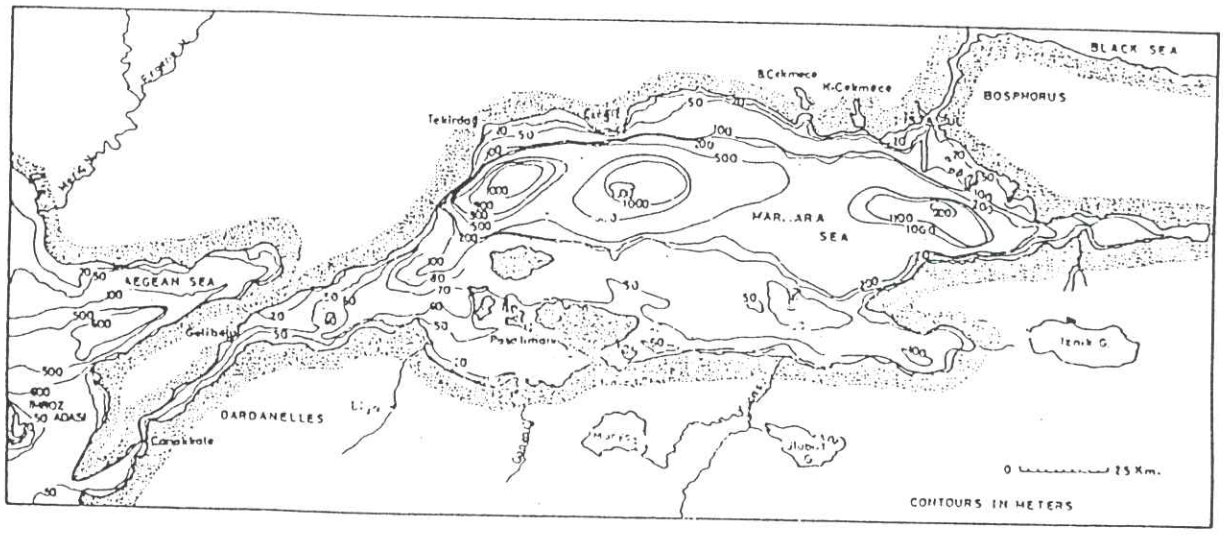


Şekil 12. Klorofil-a'nın Karadeniz'de düşey dağılımı

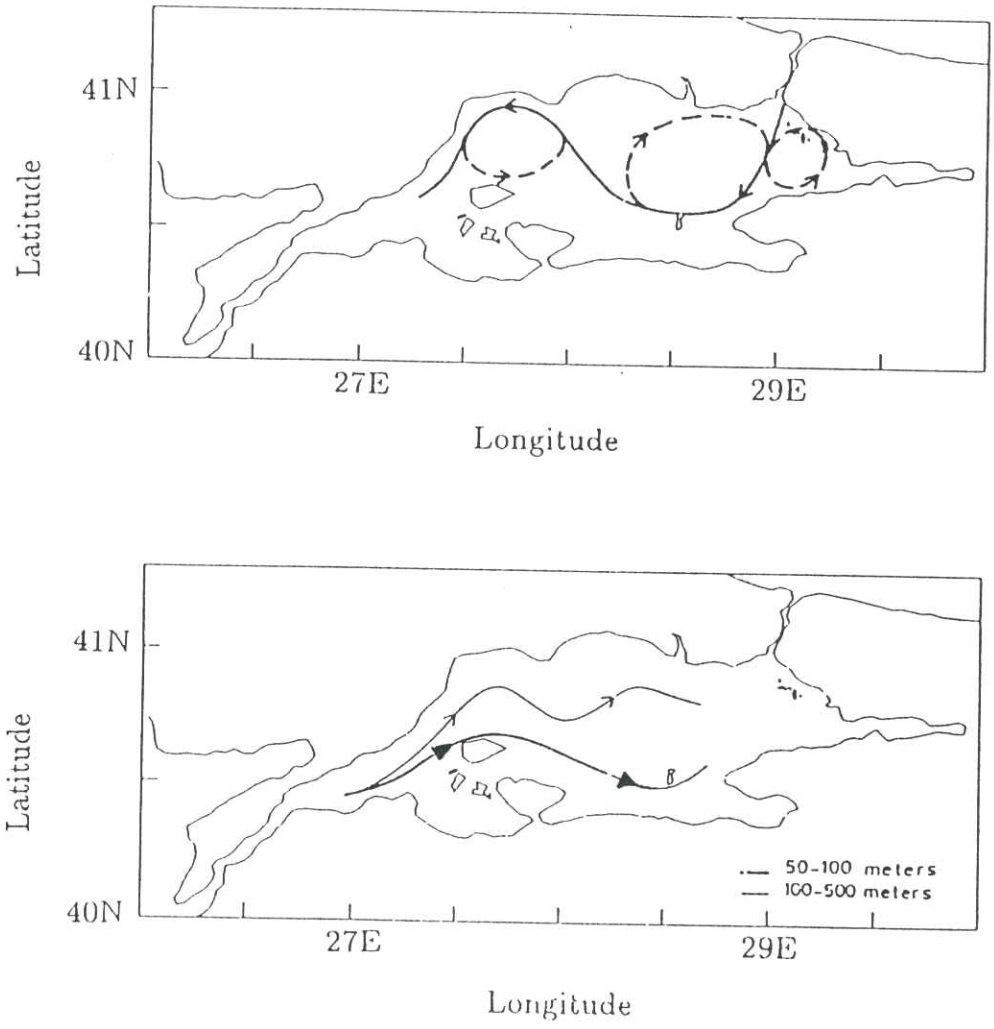


Şekil 13. Karadeniz üst sularında Partikül Organik Carbon (POC), Partikül Organik Azot ve Partikül Fosforun (PP) derinlikle değişimi

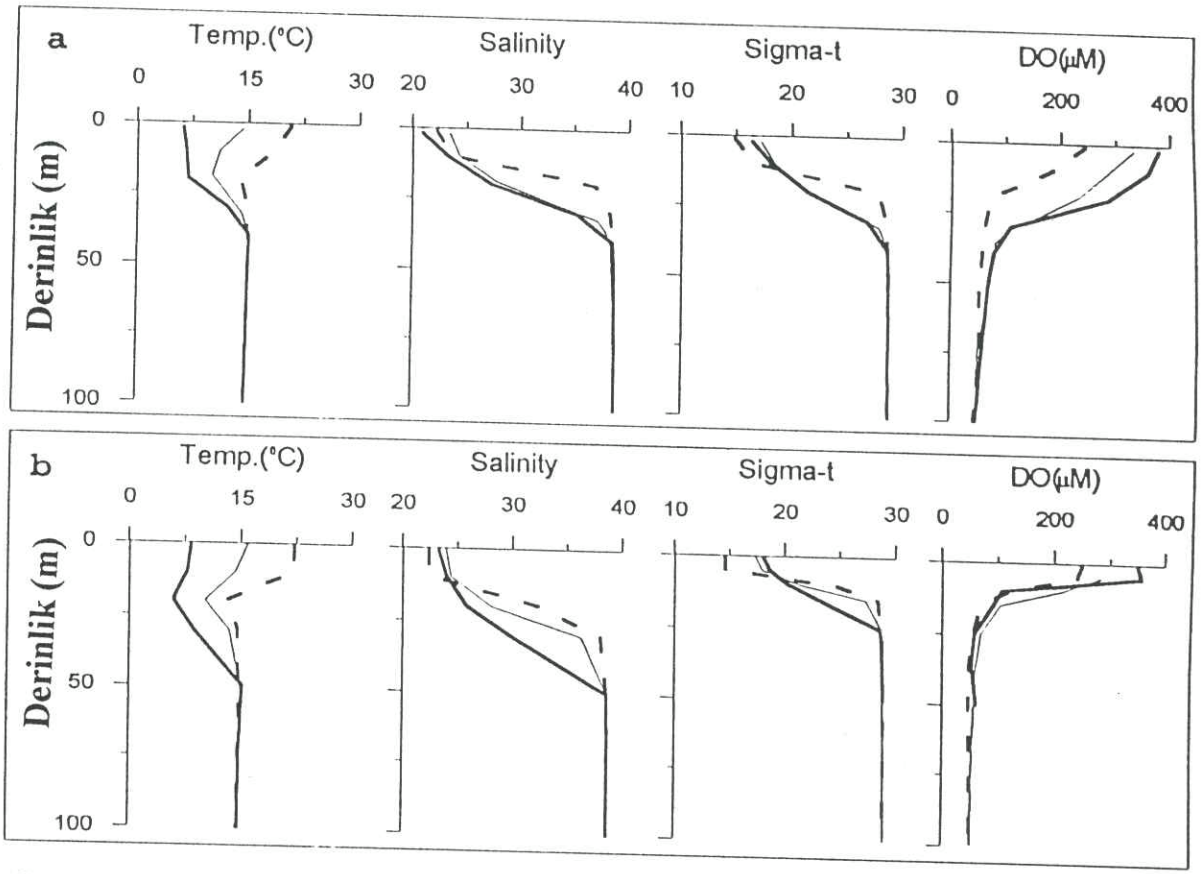
Şekil 14. Marmara Deniz'inde yerinde ölçüm ve deniz suyu örneklemesi yapılan istasyonların konumları



Şekil 15. Marmara Deniz'inin coğrafi konumu ve topografya özellikleri



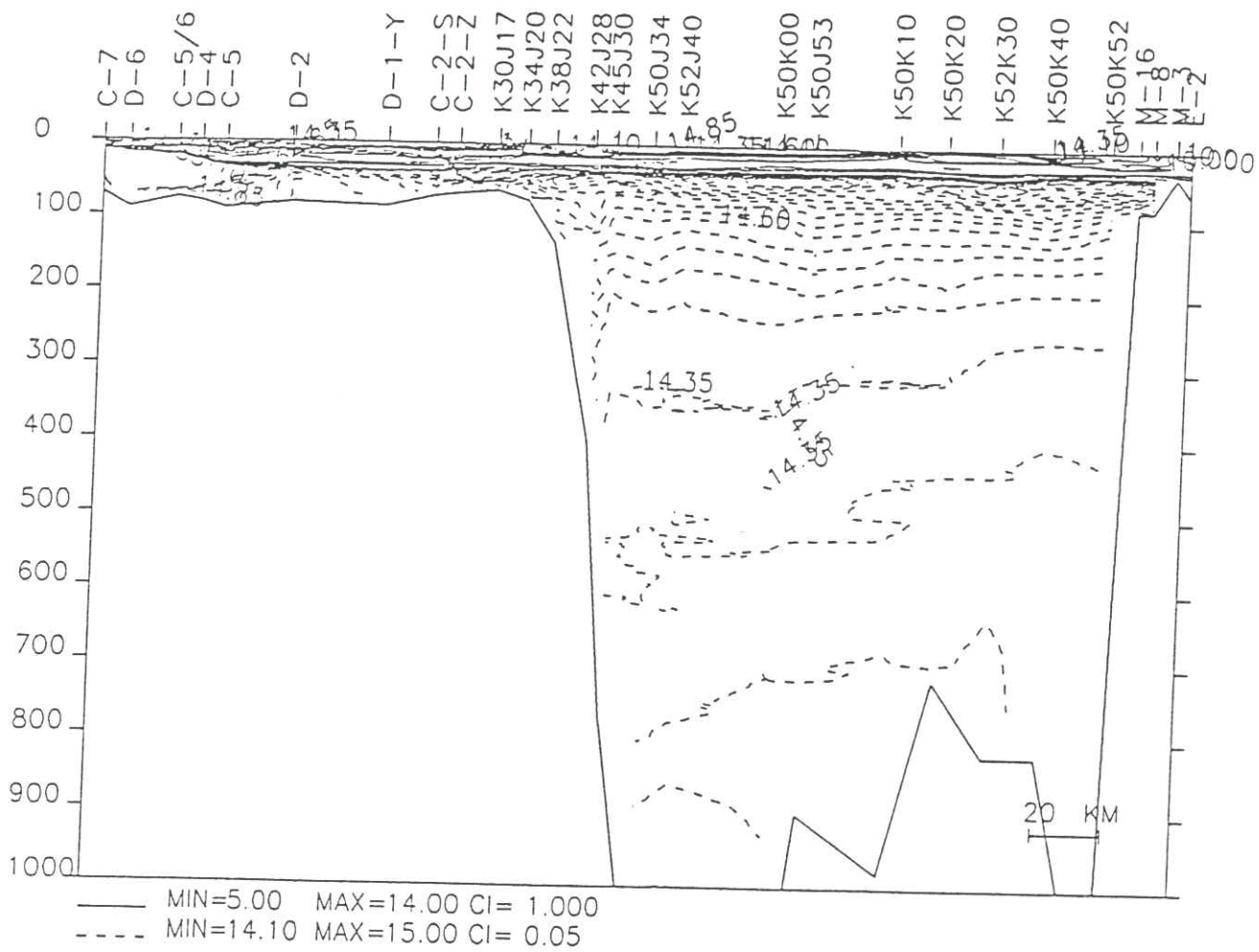
Şekil 16. Marmara Denizi'nin genel akıntı ve döngü sistemleri



Şekil 17. Marmara Denizi'inde doğu(a) ve orta(b) basenlerinde seçilmiş istasyonlarda ve farklı mevsimlerde sıcaklık (Temp., °C), tuzluluk (Salinity, ppt), yoğunluk (Sigma-t) ve çözünmüş oksijenin (DO, µM) derinlikle değişimi

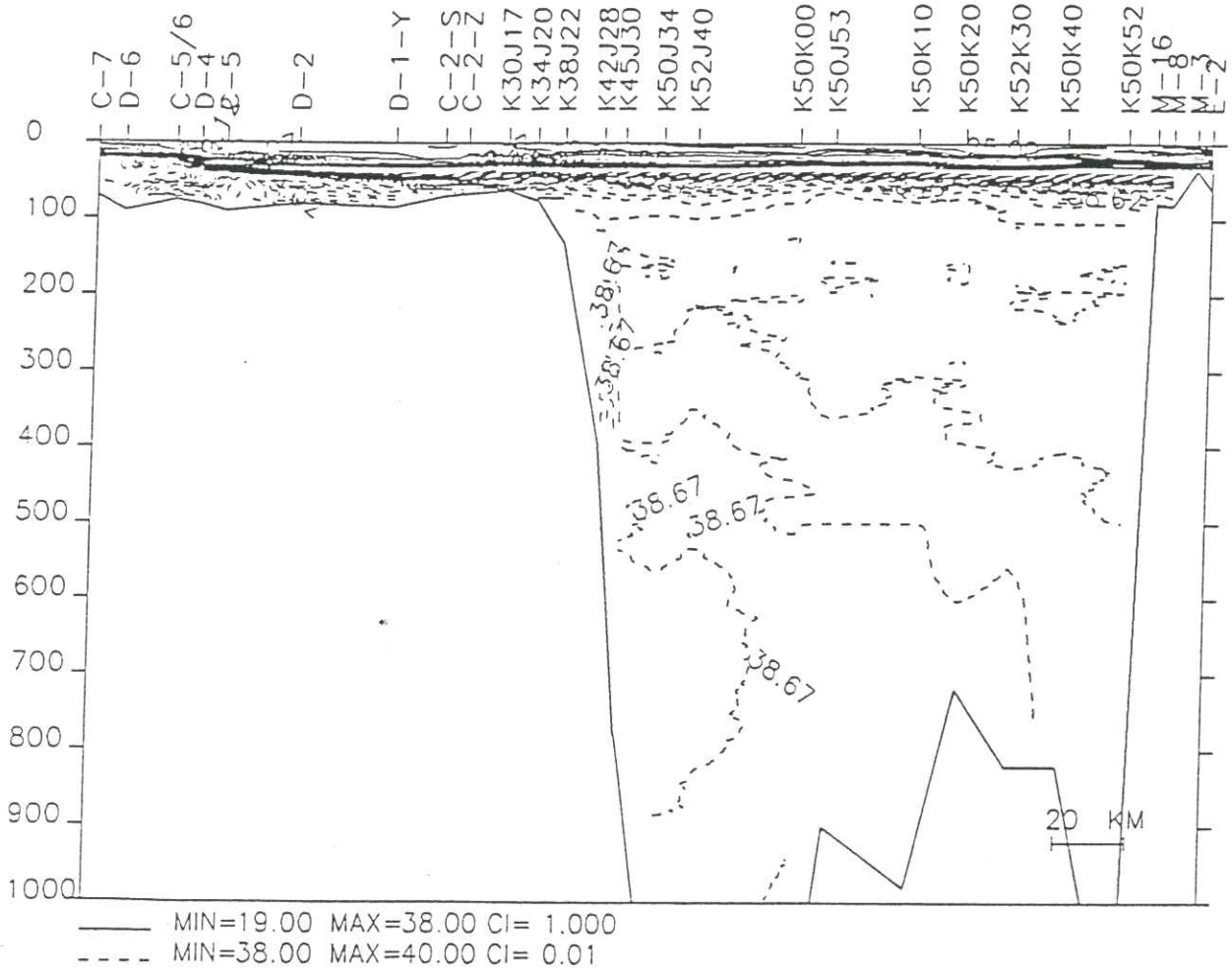
____ Nisan 1995
- - - Eylül 1995
____ Nisan 1996

a)Nisan 1995, Sıcaklık



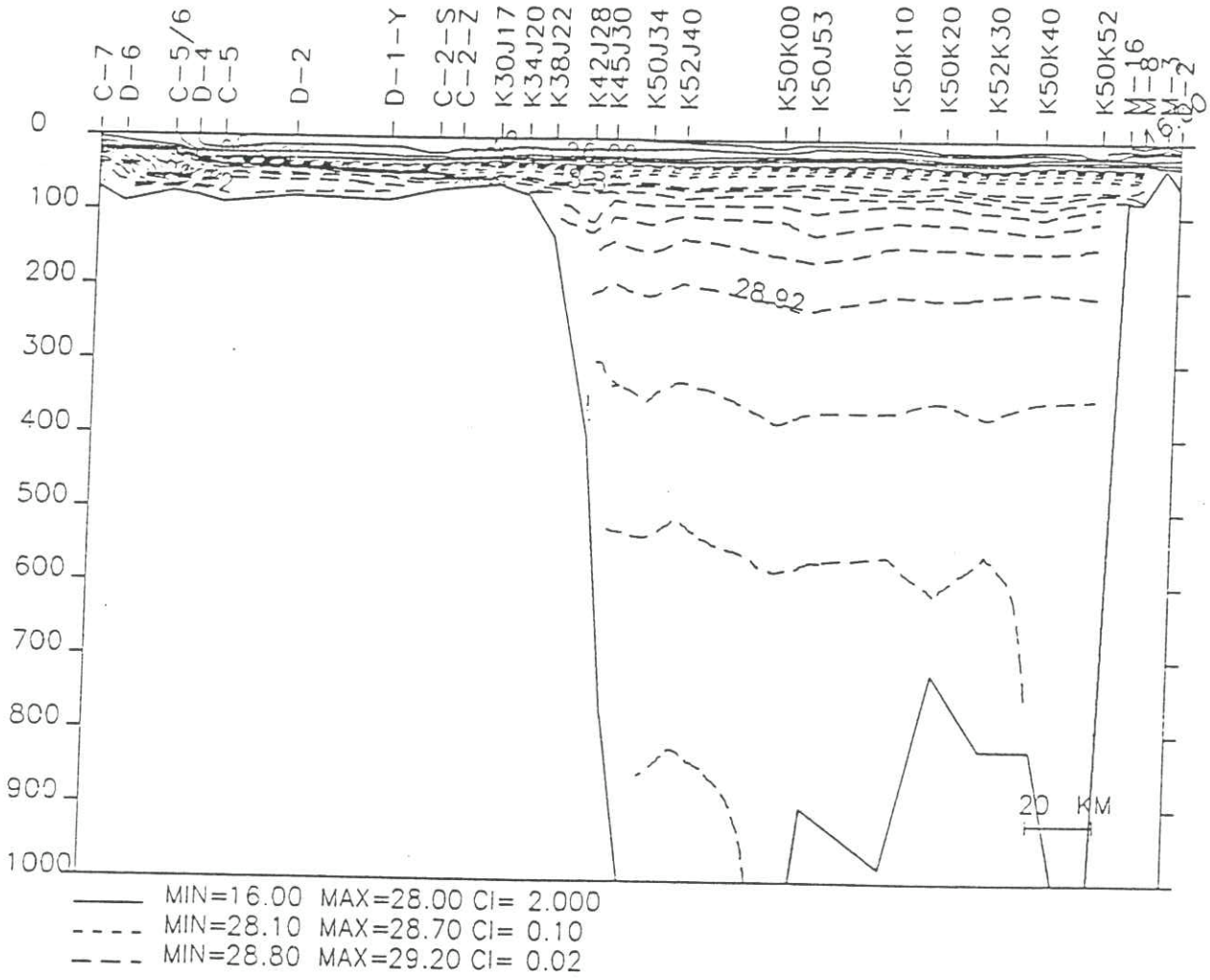
Şekil 18. Nisan 1995 ve Eylül 1995 dönemleri için Çanakkale Boğazı-Marmara Denizi-İstanbul Boğazı boyunca sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk kesitleri

b)Nisan 1995, Tuzluluk



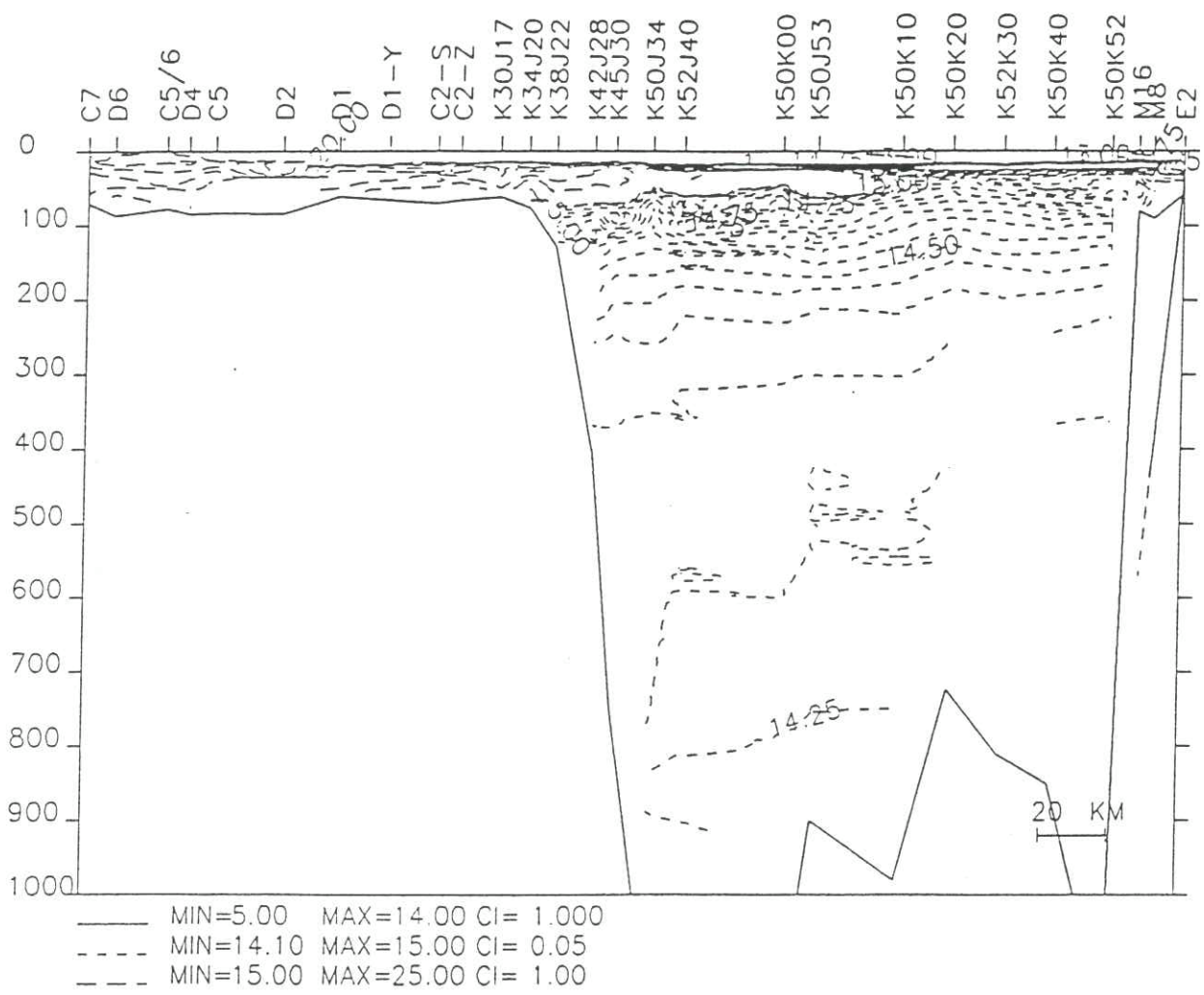
Şekil 18 devam

c)Nisan 1995, Yoğunluk



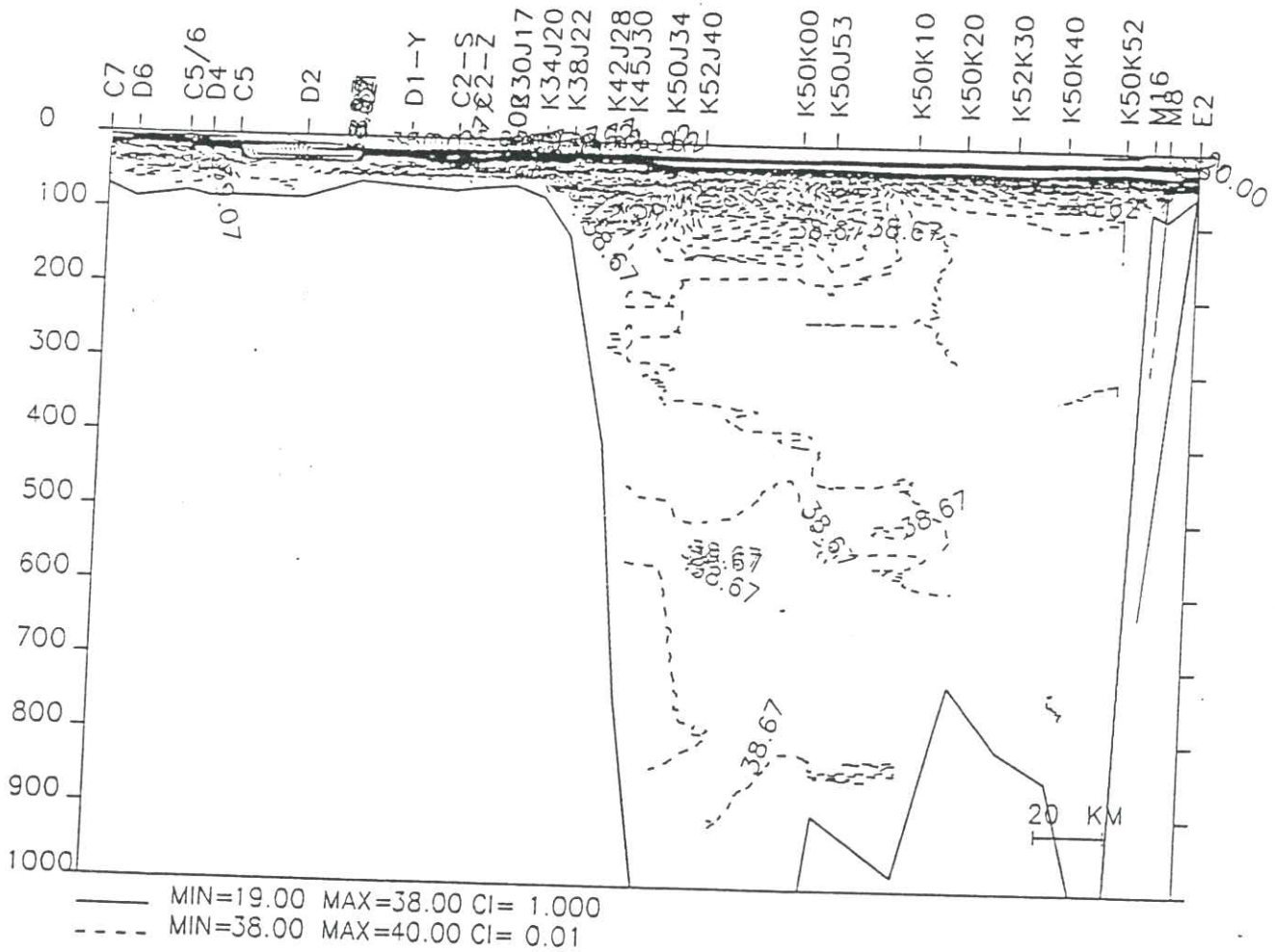
Şekil 18 devam

d)Eylül 1995, Sıcaklık



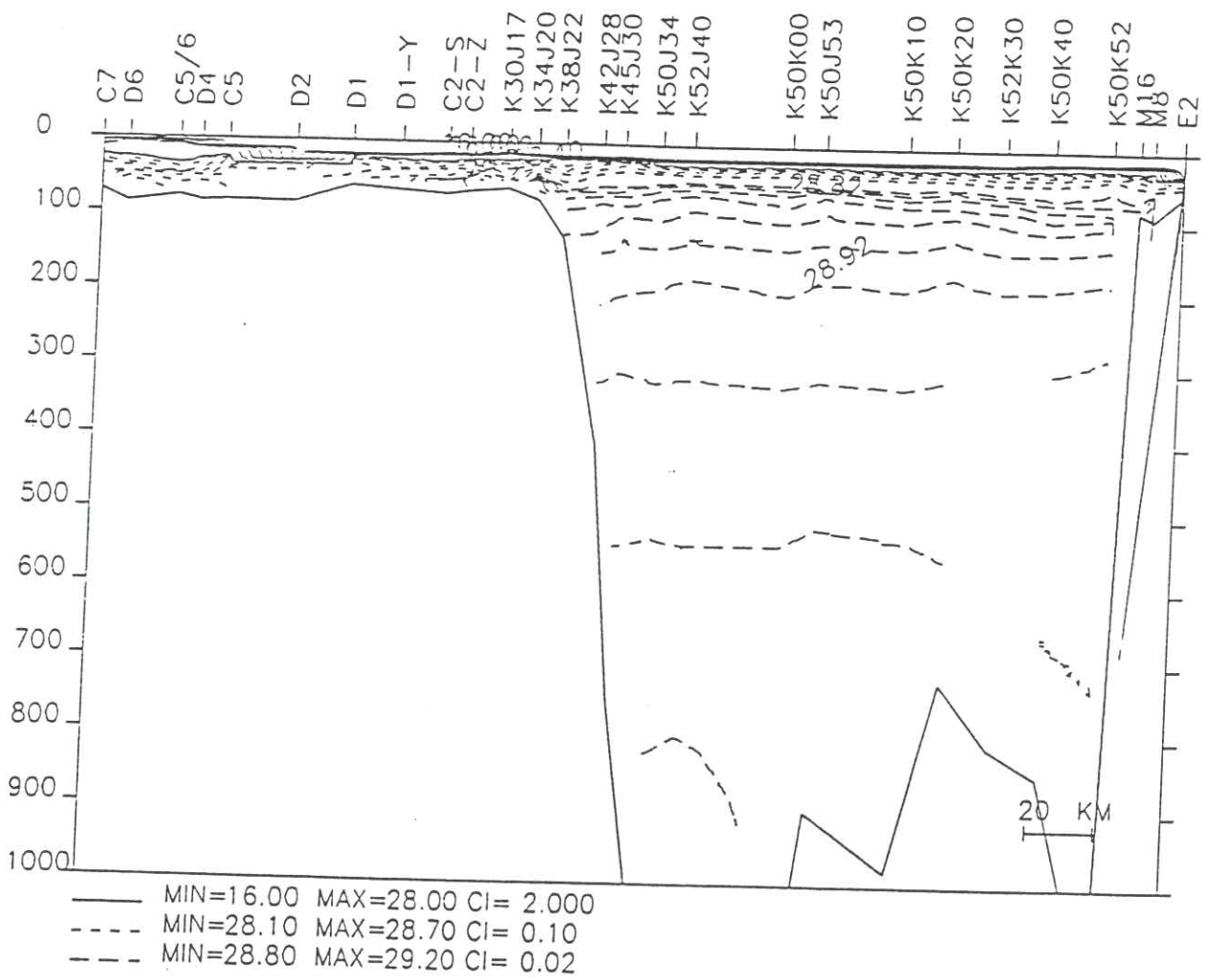
Şekil 18 devam

e)Eylül, 1995, Tuzluluk

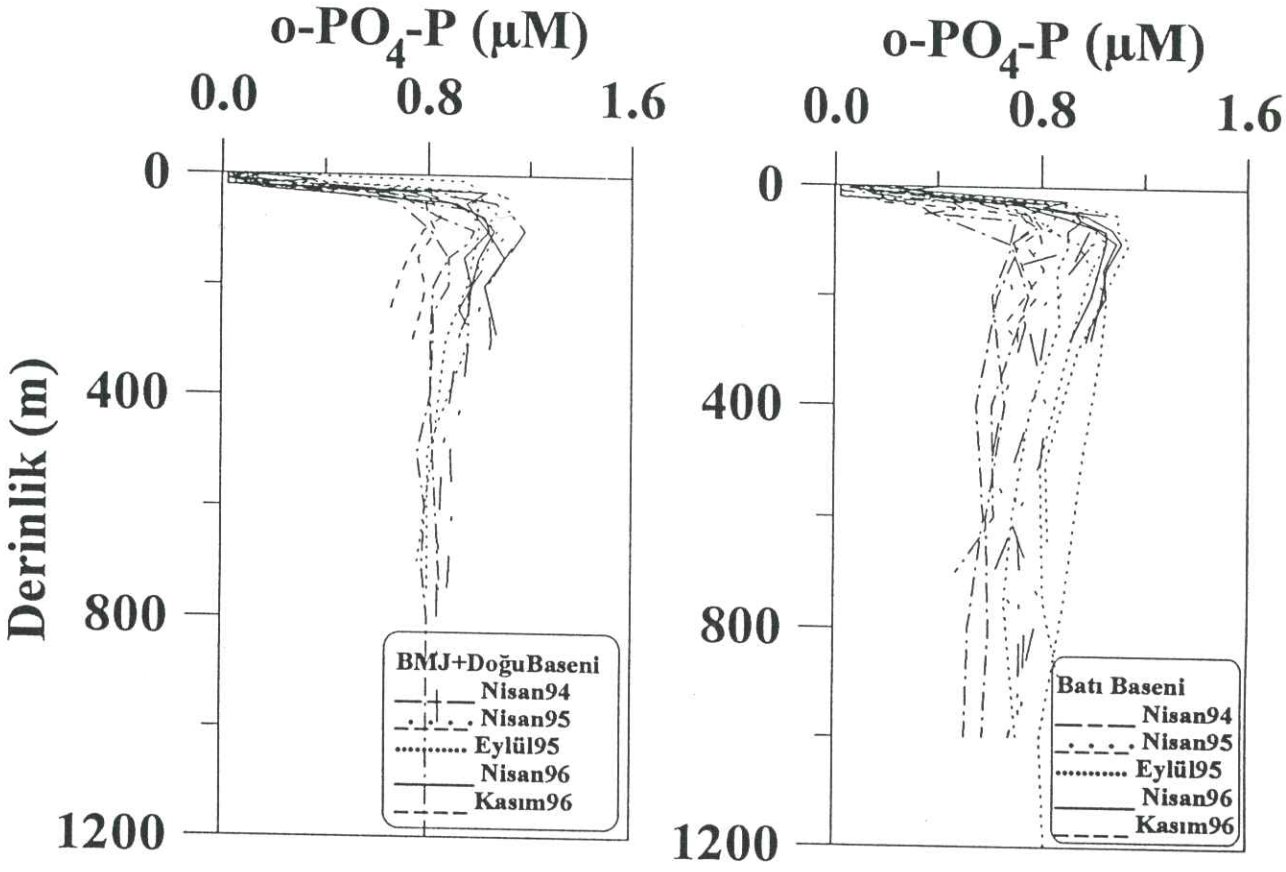


Şekil 18 devam

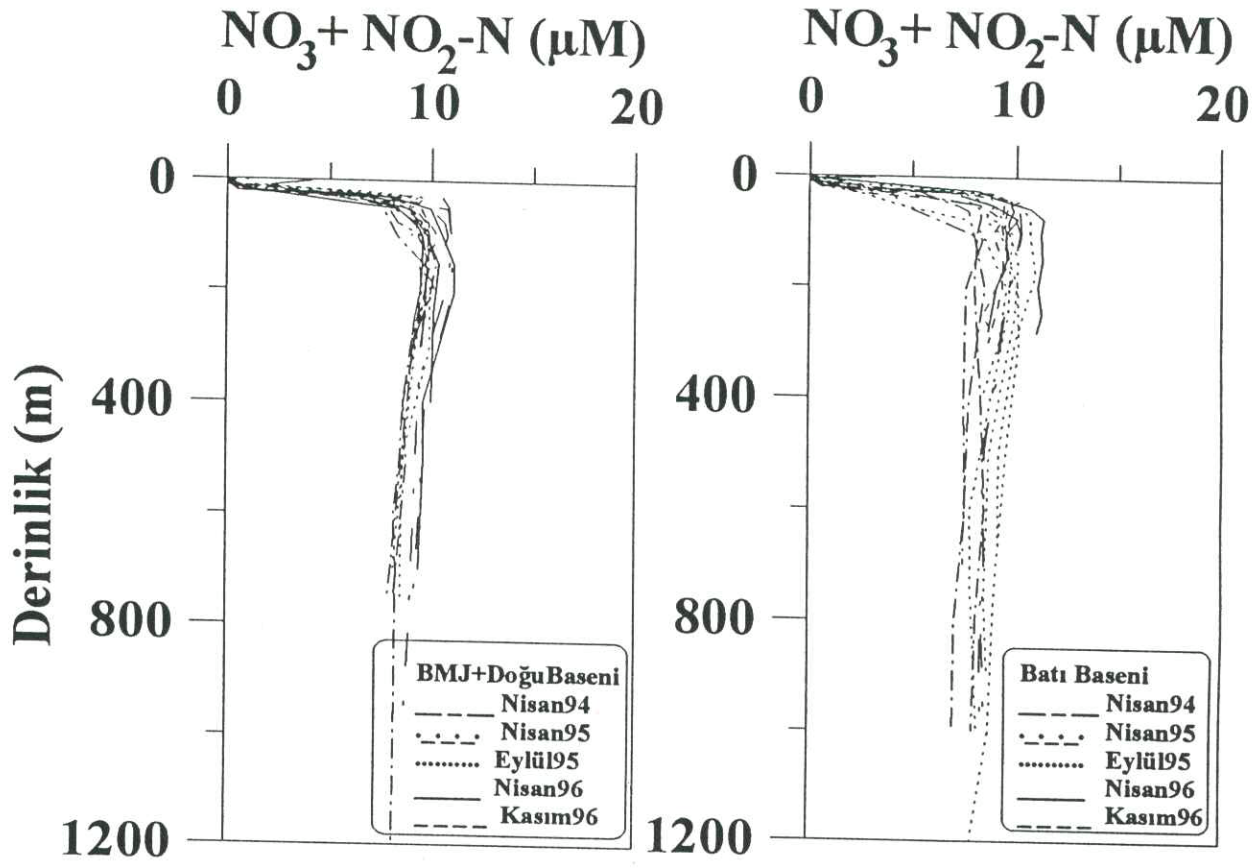
f)Eylül, 1995, Yoğunluk



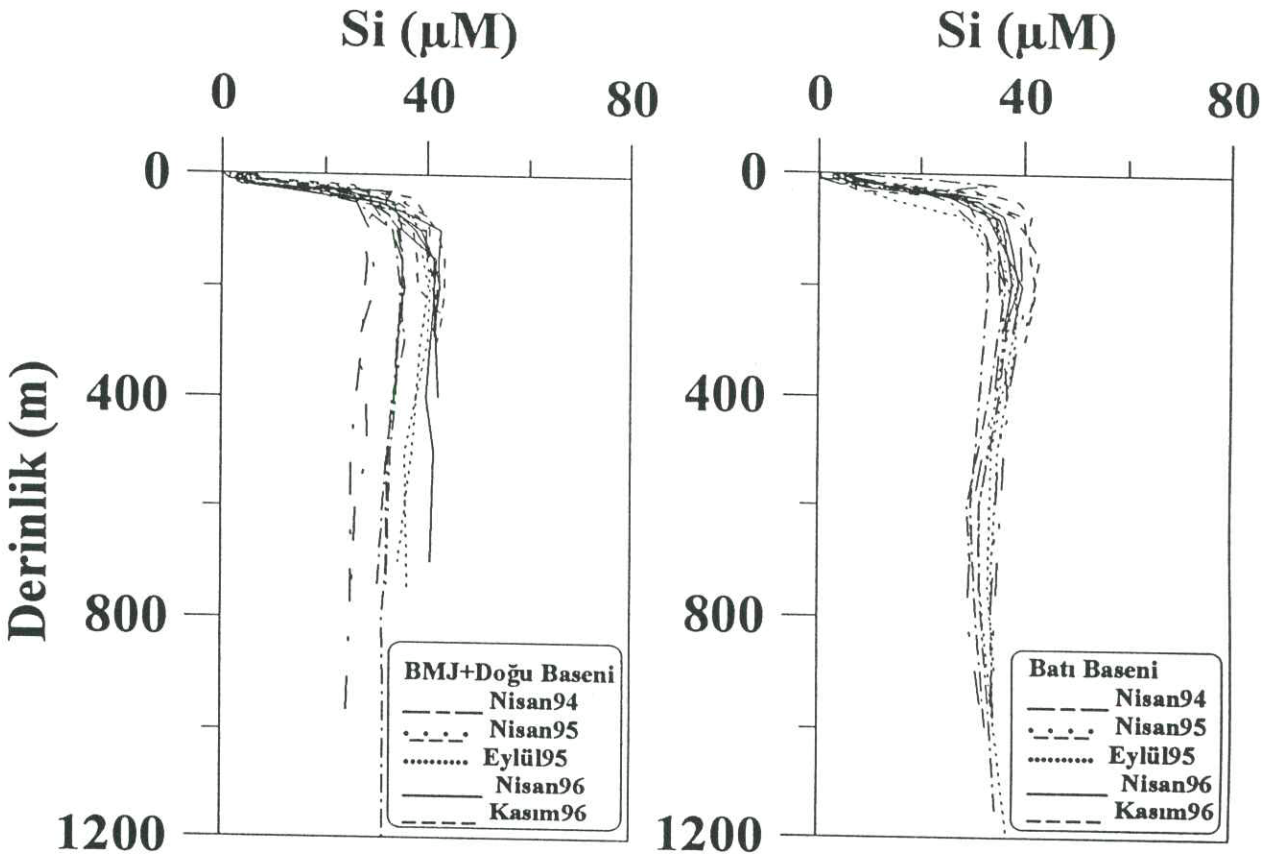
Şekil 18 devam



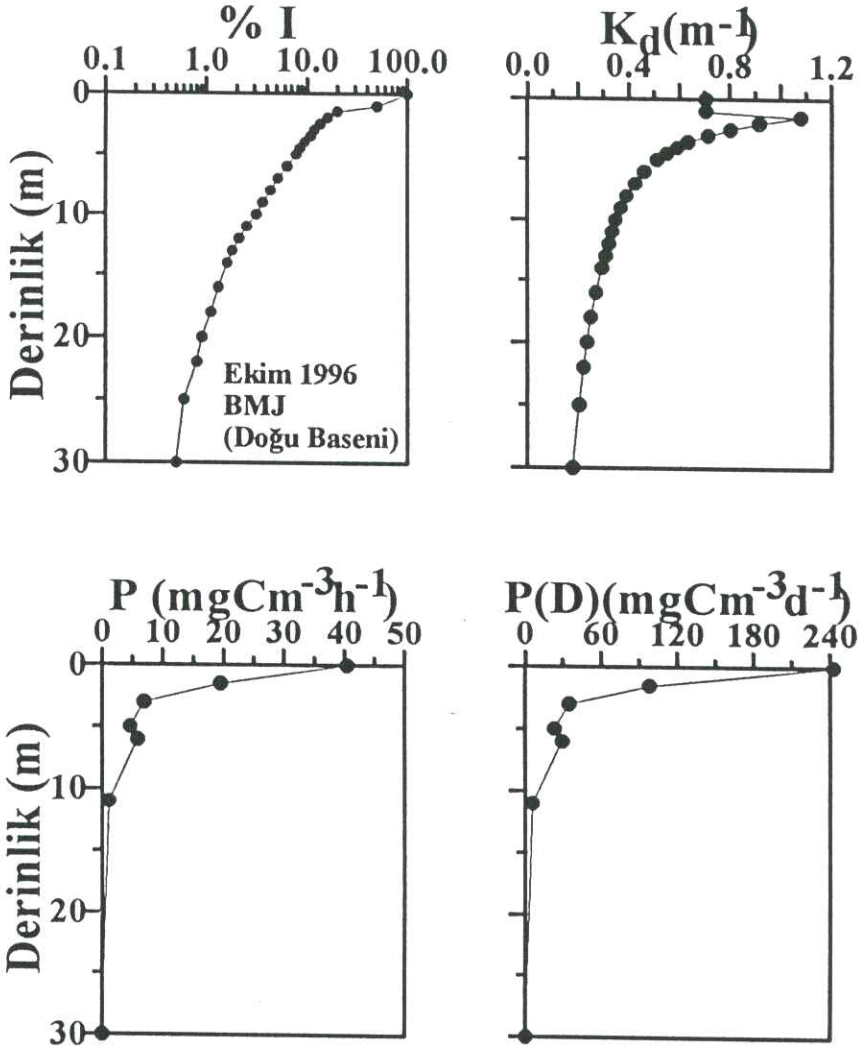
Şekil 19 a. Fosfatın İstanbul Boğazı-Marmara Denizi Etkileşim Alanı (BMJ), Doğu baseni ve Batı baseninde düşey dağılımı



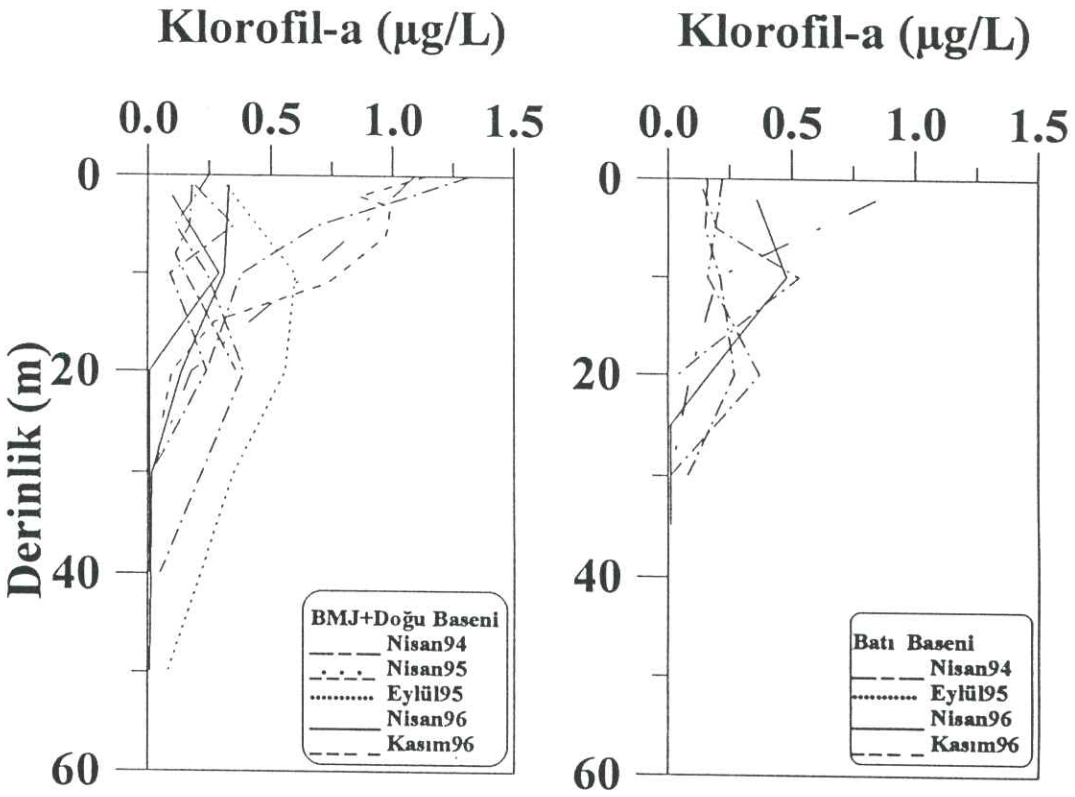
Şekil 19 b. Toplam Oksitlenmiş Azotun İstanbul Boğazı-Marmara Denizi Etkileşim Alanı(BMJ), Doğu baseni ve Batı baseninde düşey dağılımı



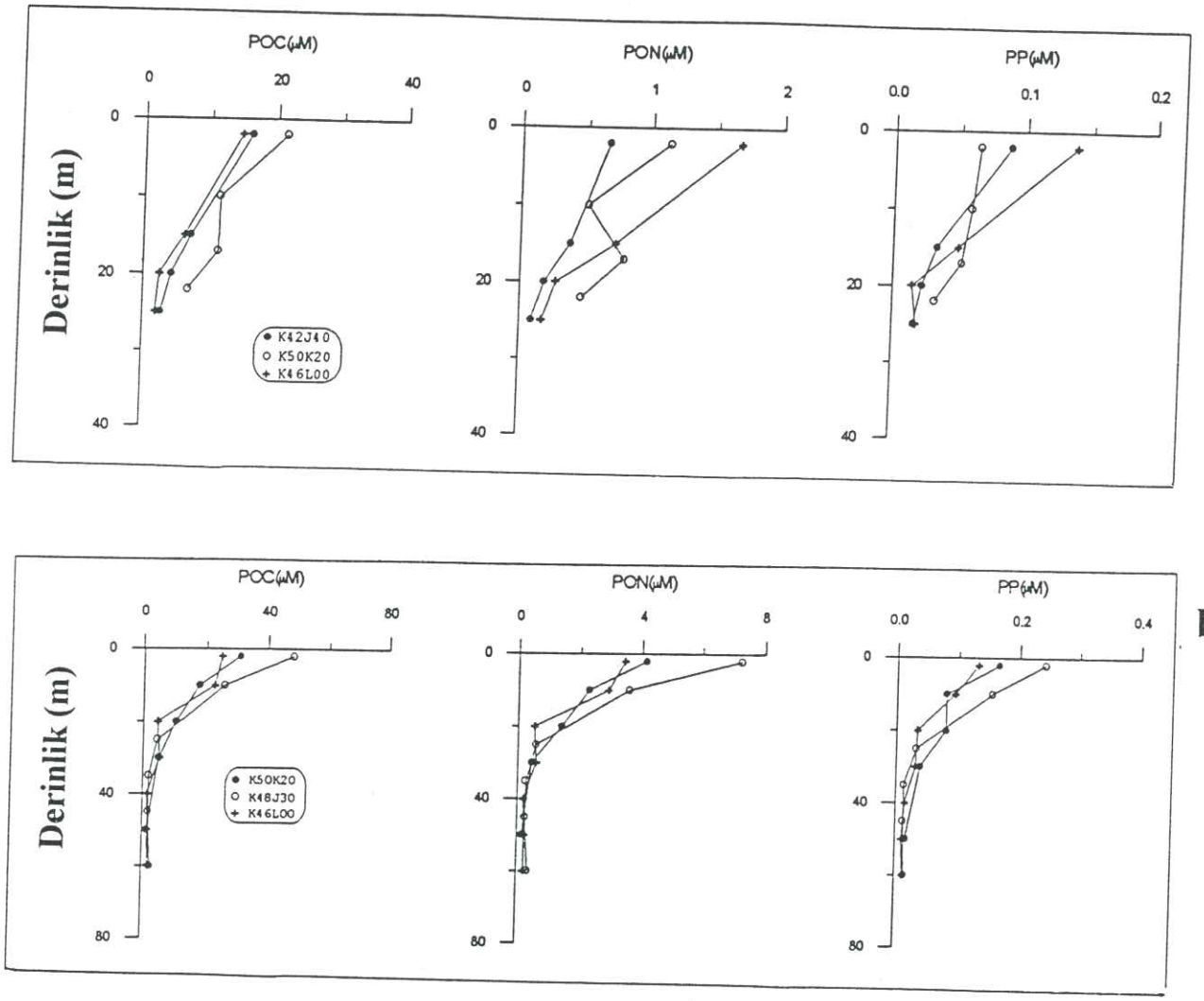
Şekil 19 c. Silikatın İstanbul Boğazı-Marmara Denizi Etkileşim Alanı (BMJ), Doğu baseni ve Batı baseninde düşey dağılımı



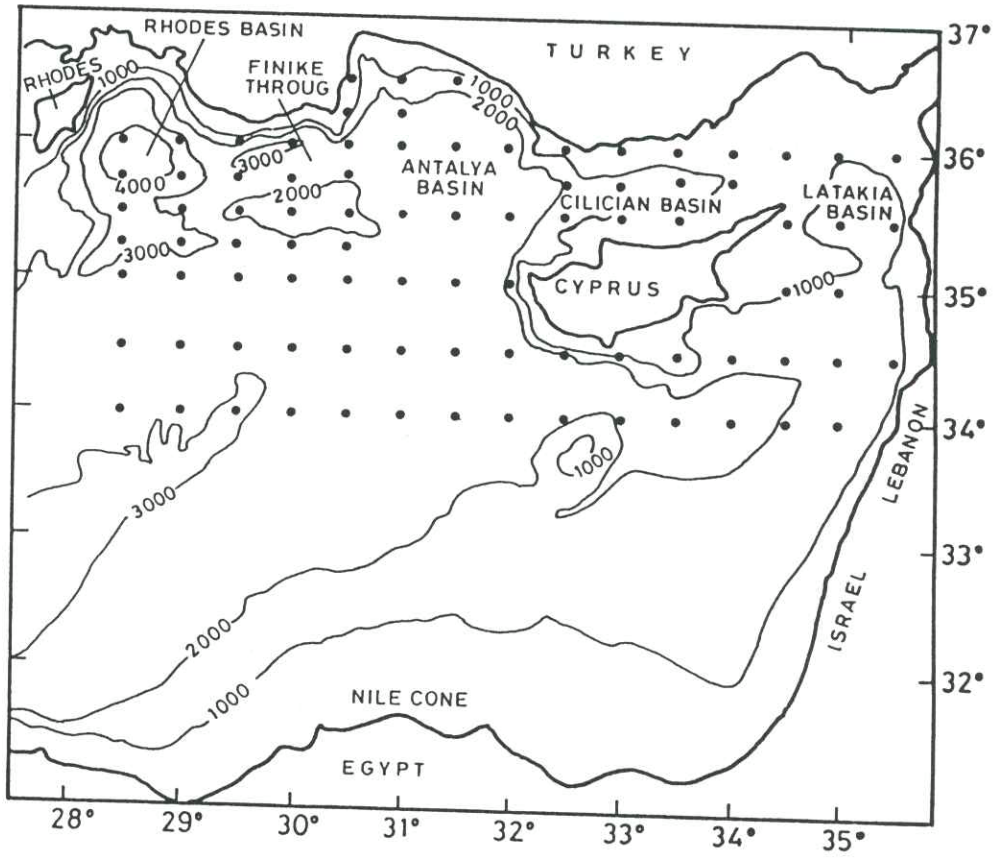
Şekil 20. Marmara Denizi'inde Ekim 1996 döneminde Doğu derin baseninde fotosentetik aktif ışığın yüzeye oranla derinlikle değişimi (% I), ışık sönüm katsayısı (K_d) ve saatlik (P)/günlük(P_D) birincil üretim profilleri



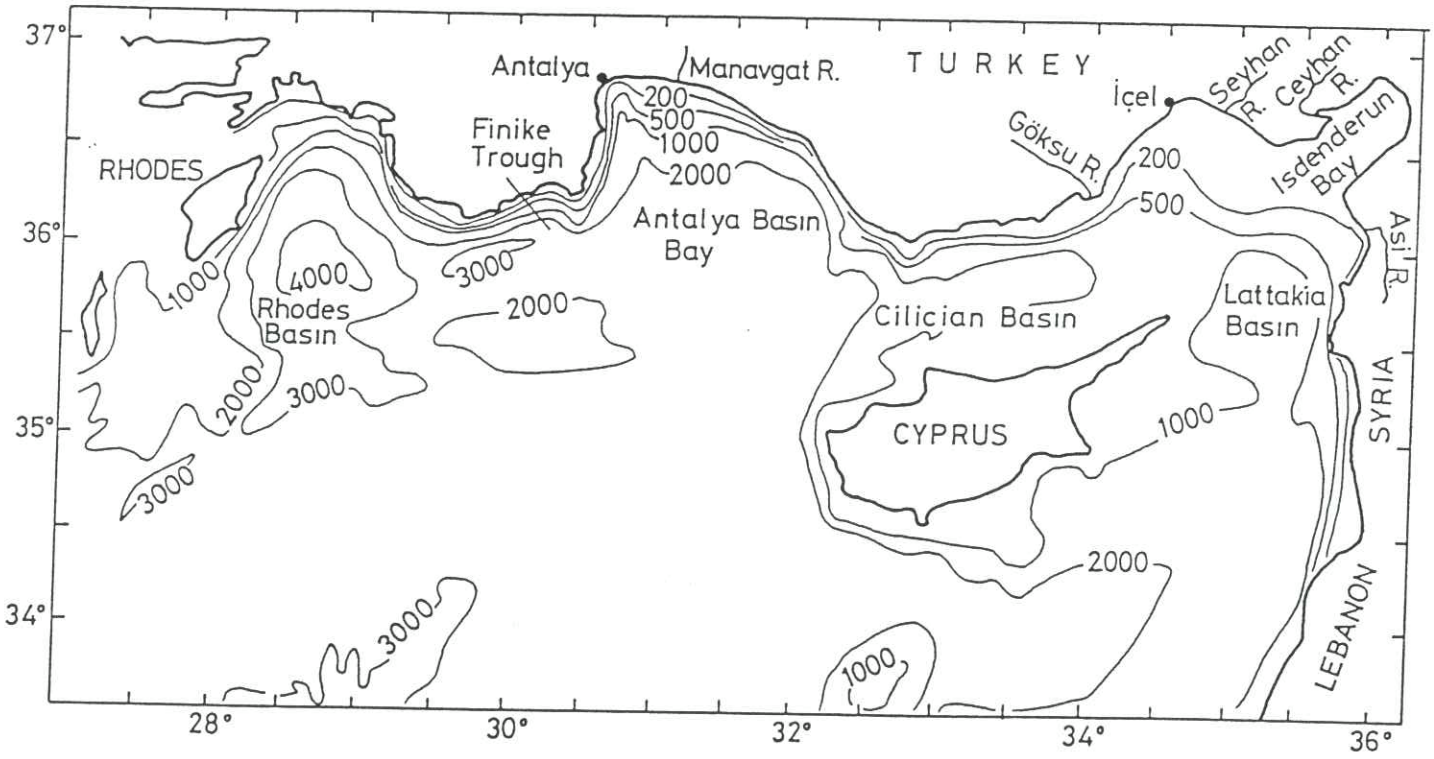
Şekil 21. Klorofil-a'nın İstanbul Boğazı-Marmara Denizi Etkileşim Alanı(BMJ), Doğu ve Batı basenlerinde düşey dağılımı



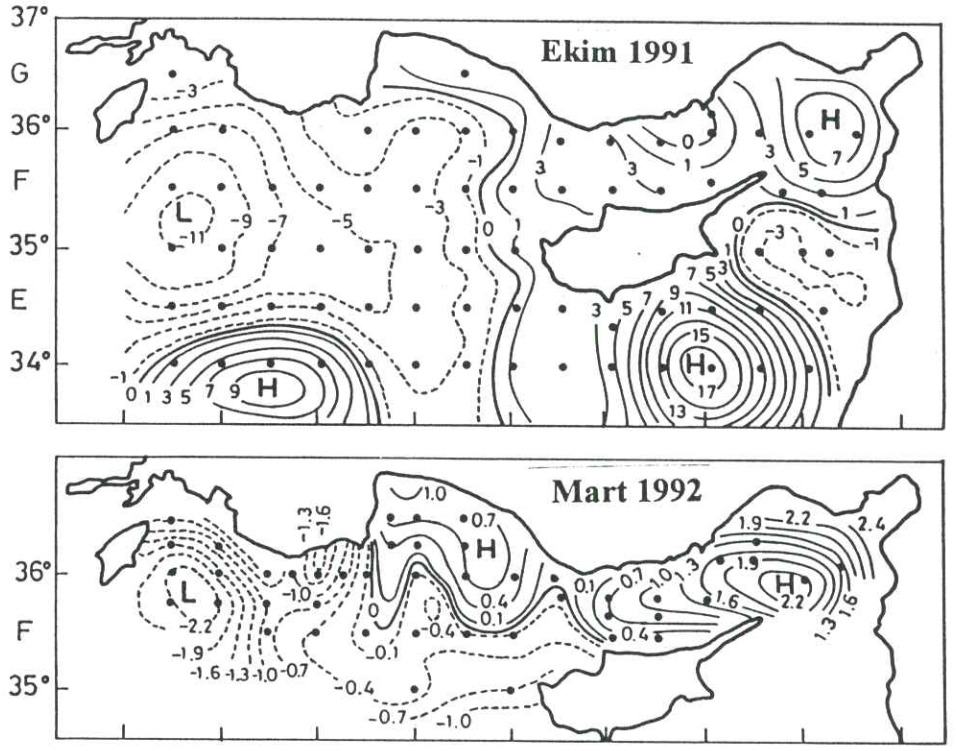
Şekil 22. Eylül 1995 (a) ve Nisan 1996 (b) dönemlerinde Doğu (K46L00), Orta (K50K20) ve Batı (K42J40, K48J30) basenlerinde partikül organik karbonun(POC), partikül organik azot(PON) ve partikül fosforun (PP) derinlikle değişimi



Şekil 23. Kuzeydoğu Akdeniz'de yerinde ölçüm ve deniz suyu örneklemesi yapılan istasyonların konumları

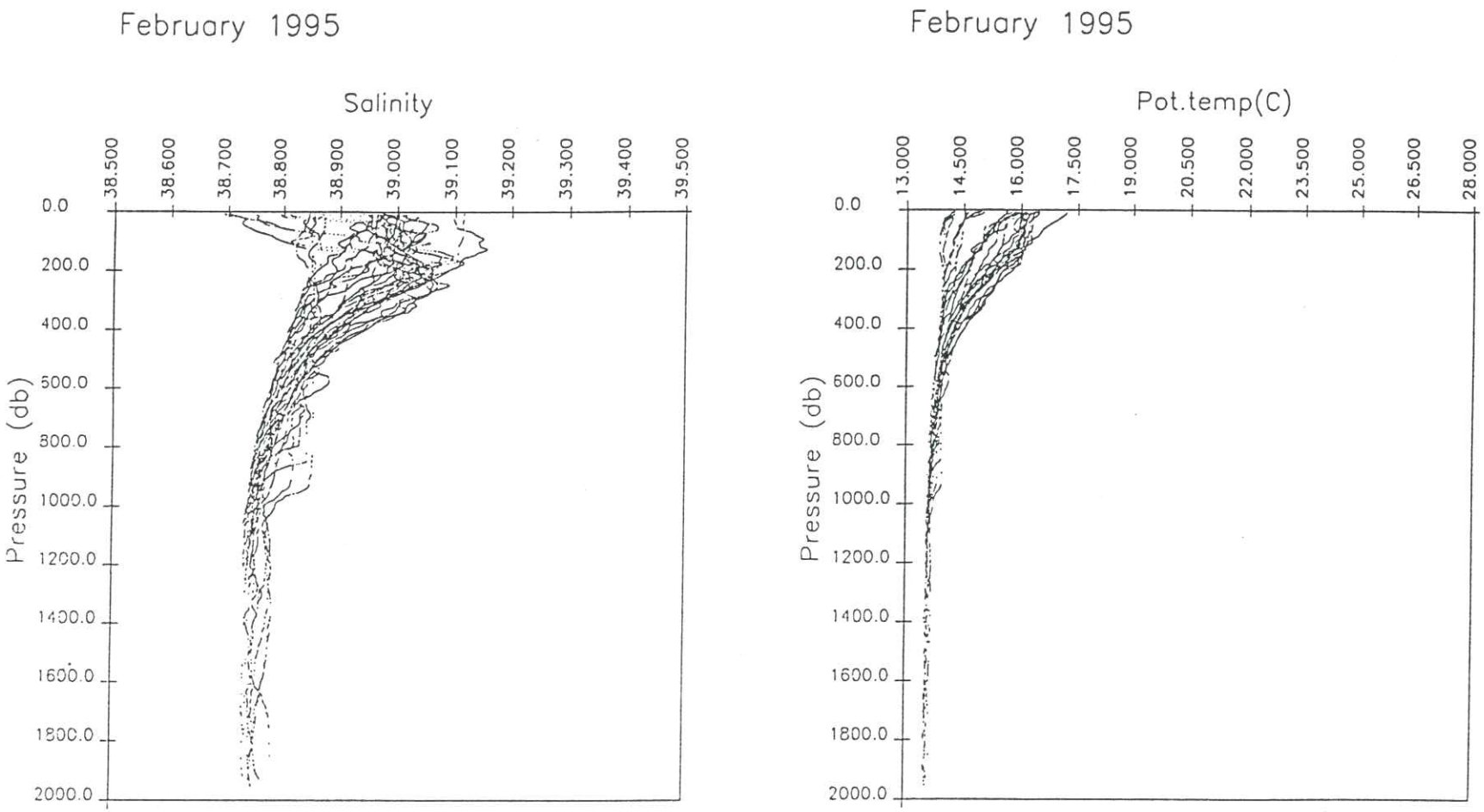


Şekil 24. Akdeniz'in coğrafi konumu ve topografya özellikleri

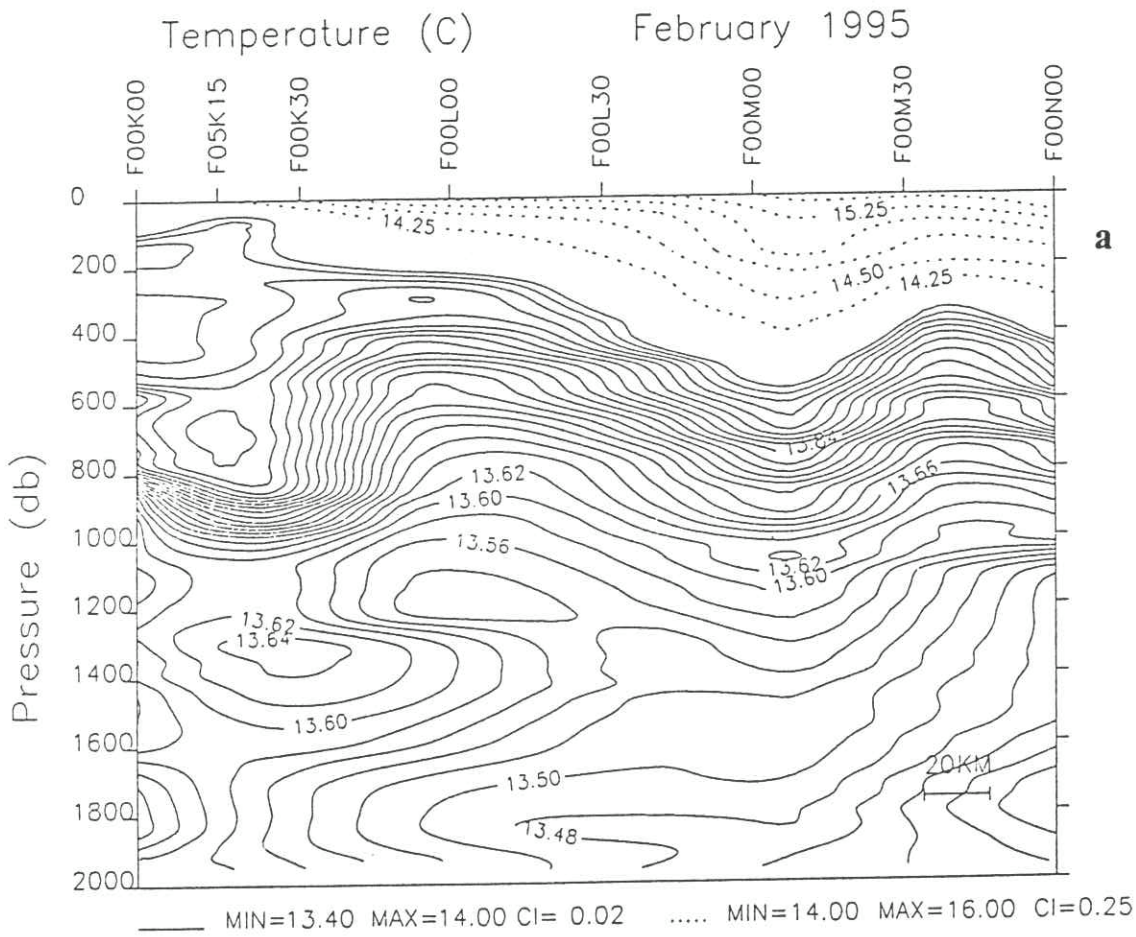


Şekil 25. Kuzeydoğu Akdeniz'in genel akıntı ve döngü sistemleri (Sur ve diğ., 1993'den alınarak düzenlenmiştir)

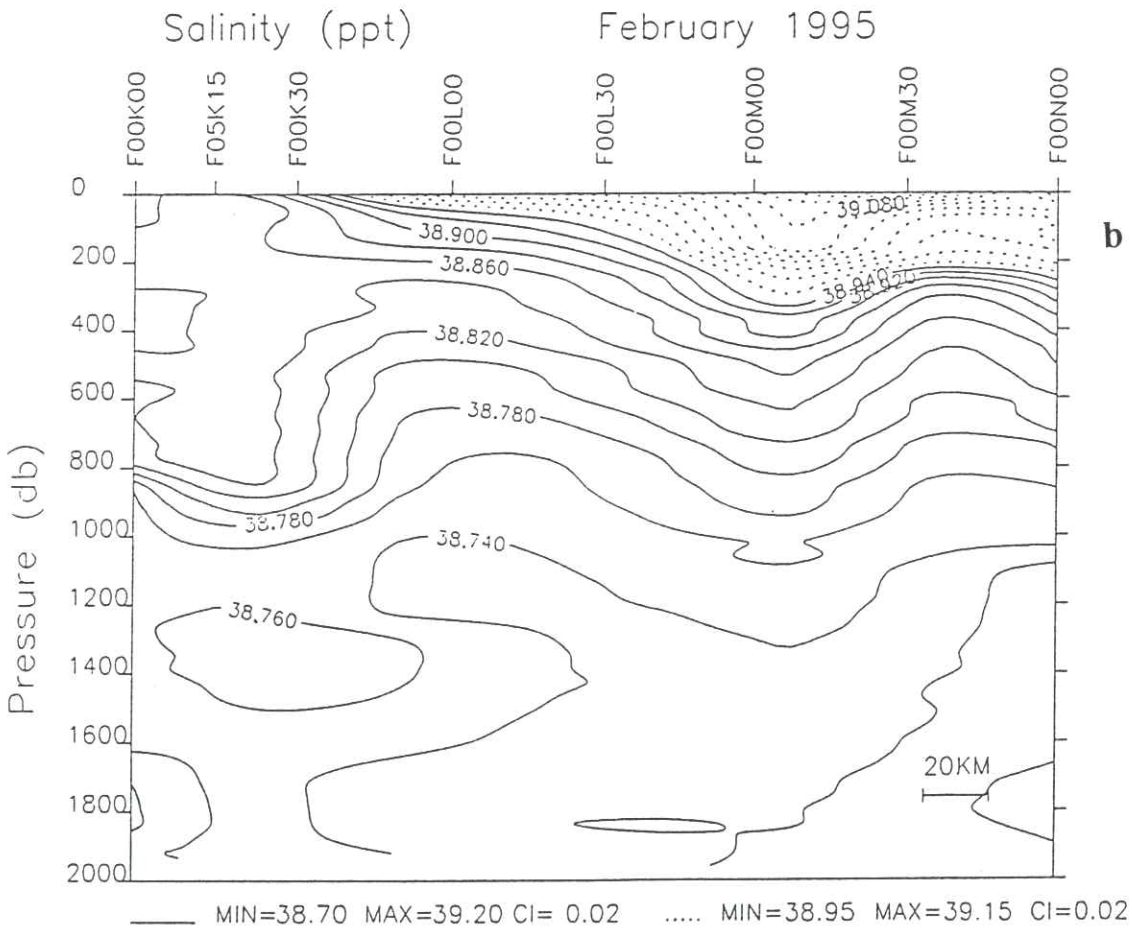
_____Antisiklonik alanlar
- - - - - - Siklonik alanlar



Şekil 26. Şubat 1995 seferinde ölçülen tuzluluk (Salinity, ppt) ve potansiyel sıcaklığın (Pot. Temp., °C) derinlikle değişimi

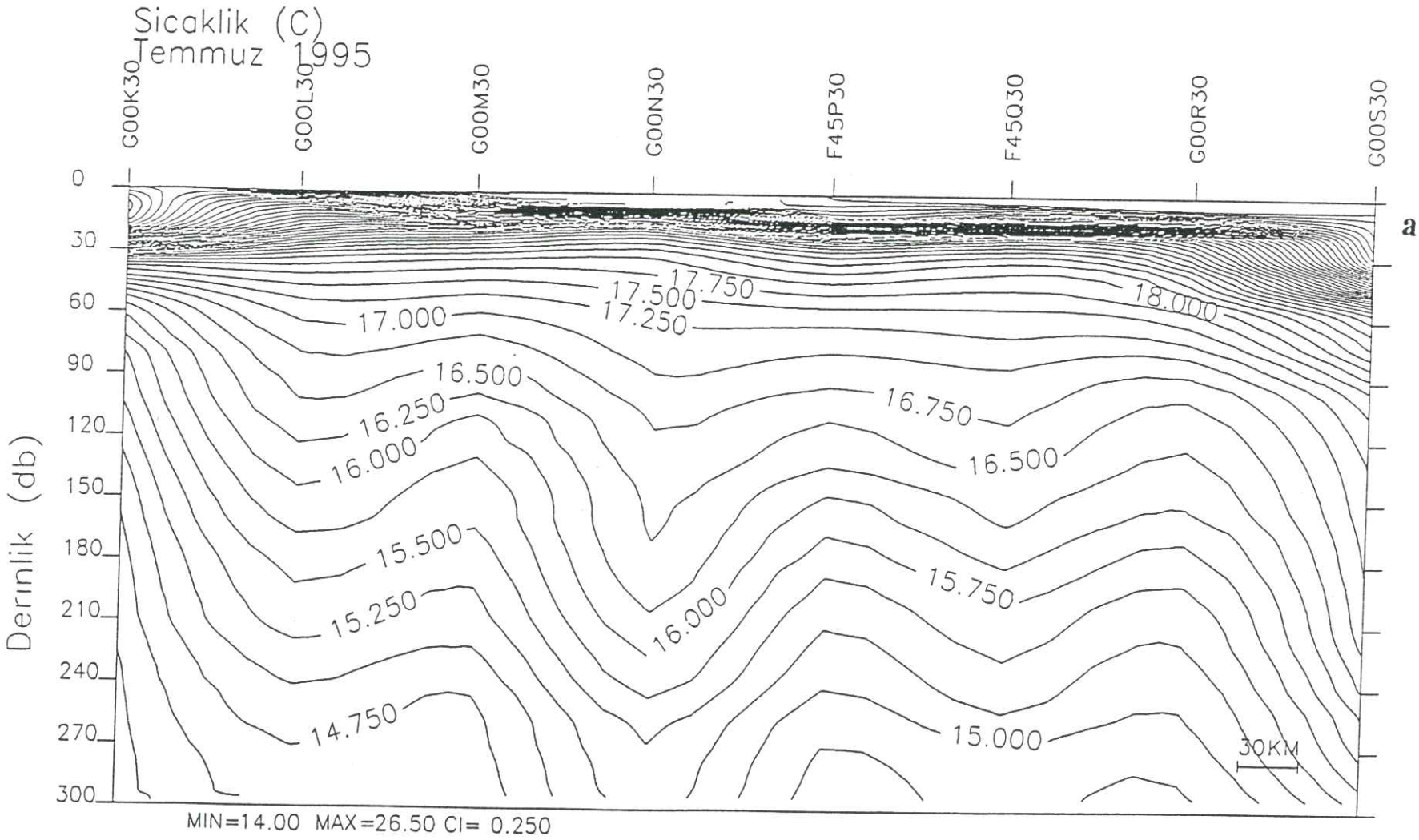


Şekil 27. Şubat 1995 seferinde 35°N enlemindeki potansiyel sıcaklık (a) ve tuzluluk (b) kesiti.

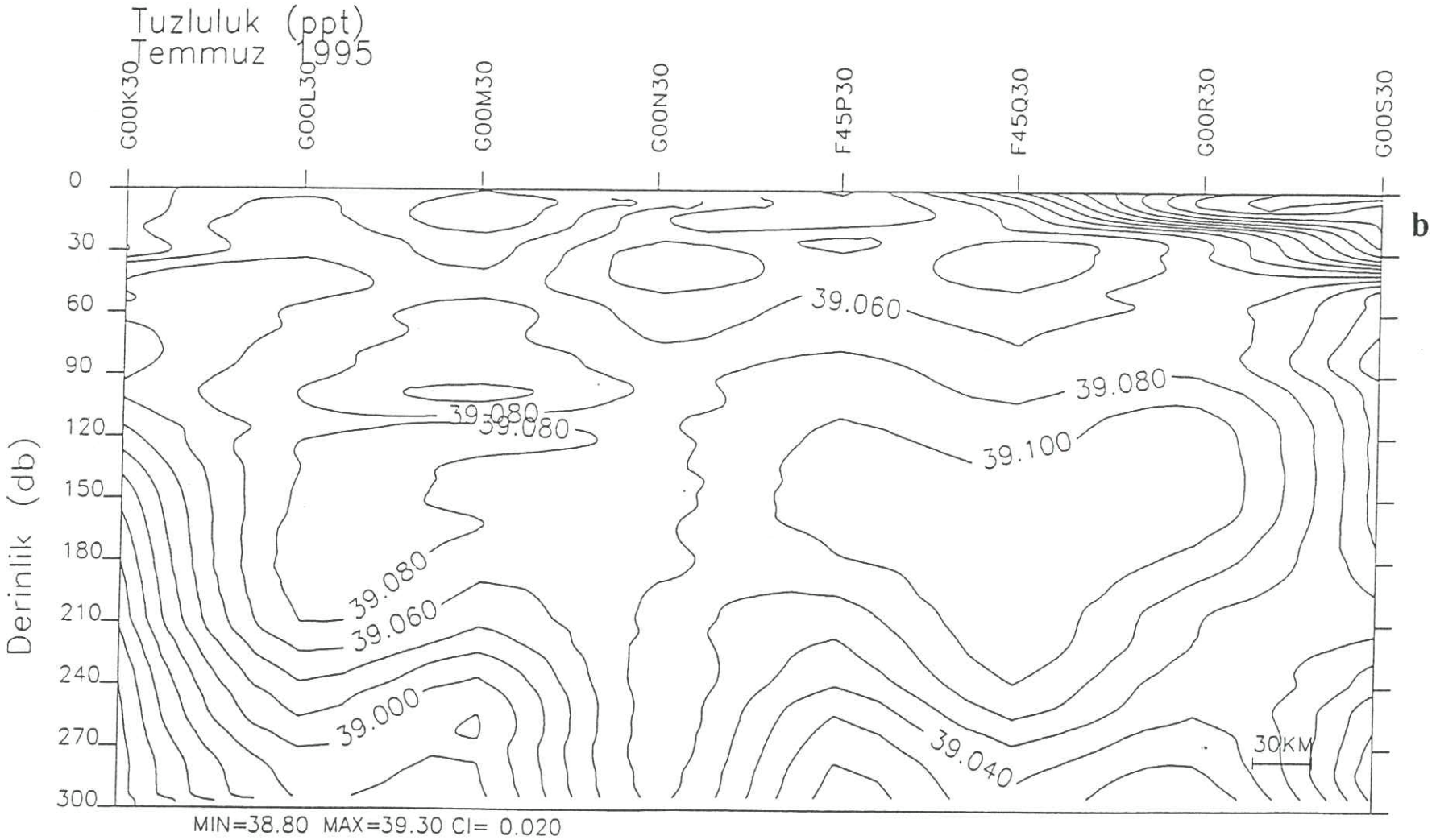


b

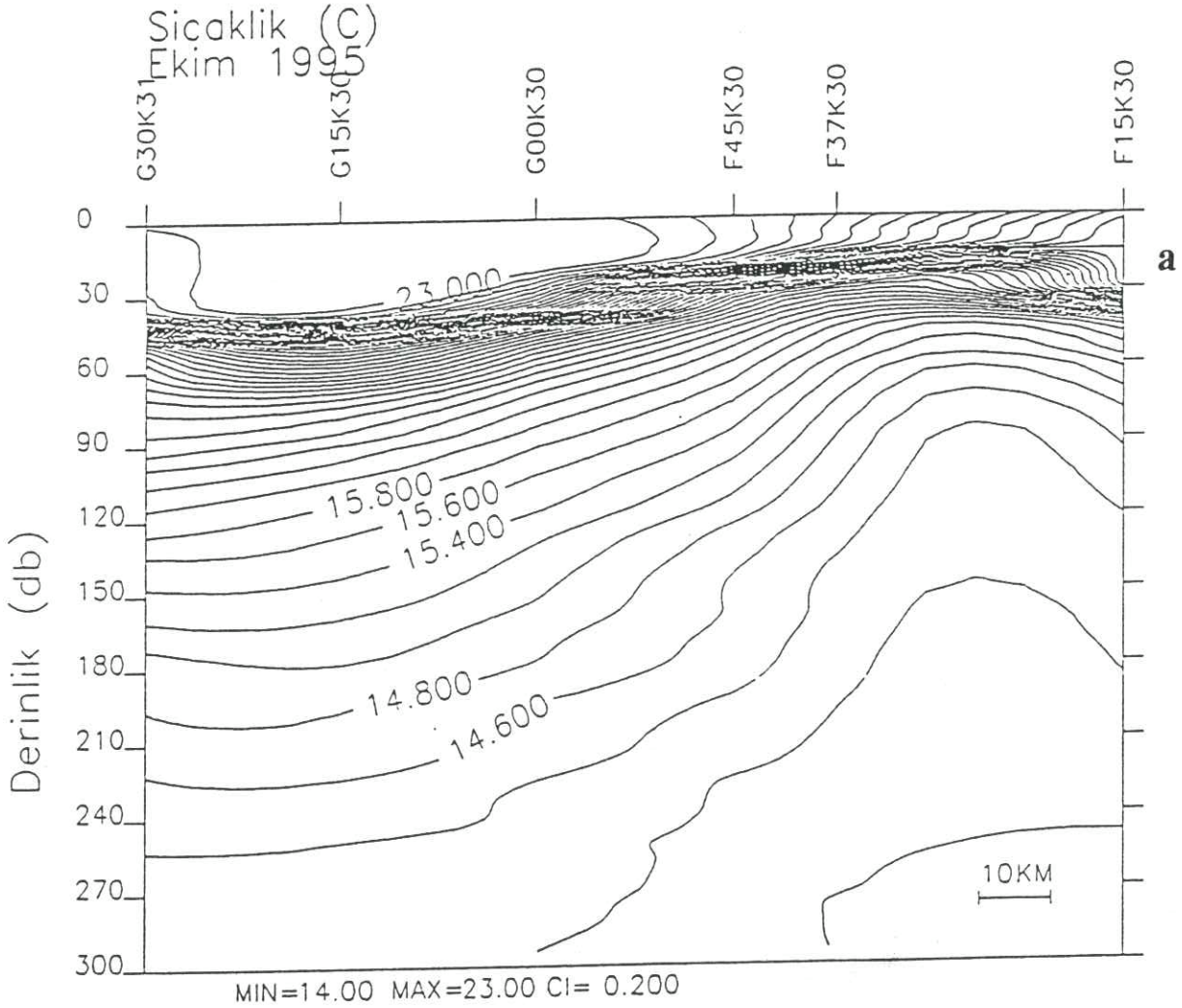
Şekil 27 devam



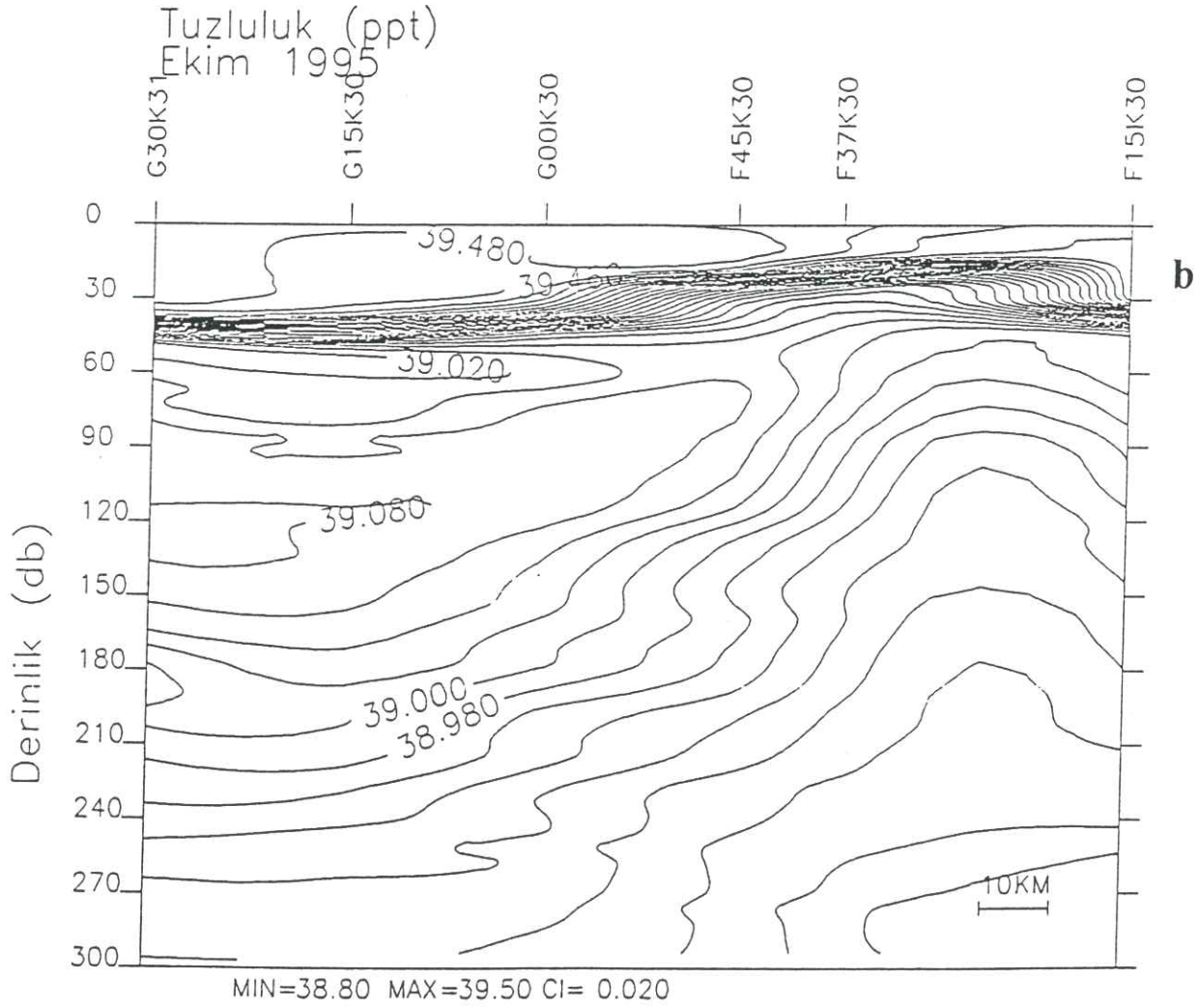
Şekil 28. Temmuz 1995 seferinde 36°N enlemindeki potansiyel sıcaklık (a) ve tuzluluk (b) kesiti.



Şekil 28 devam



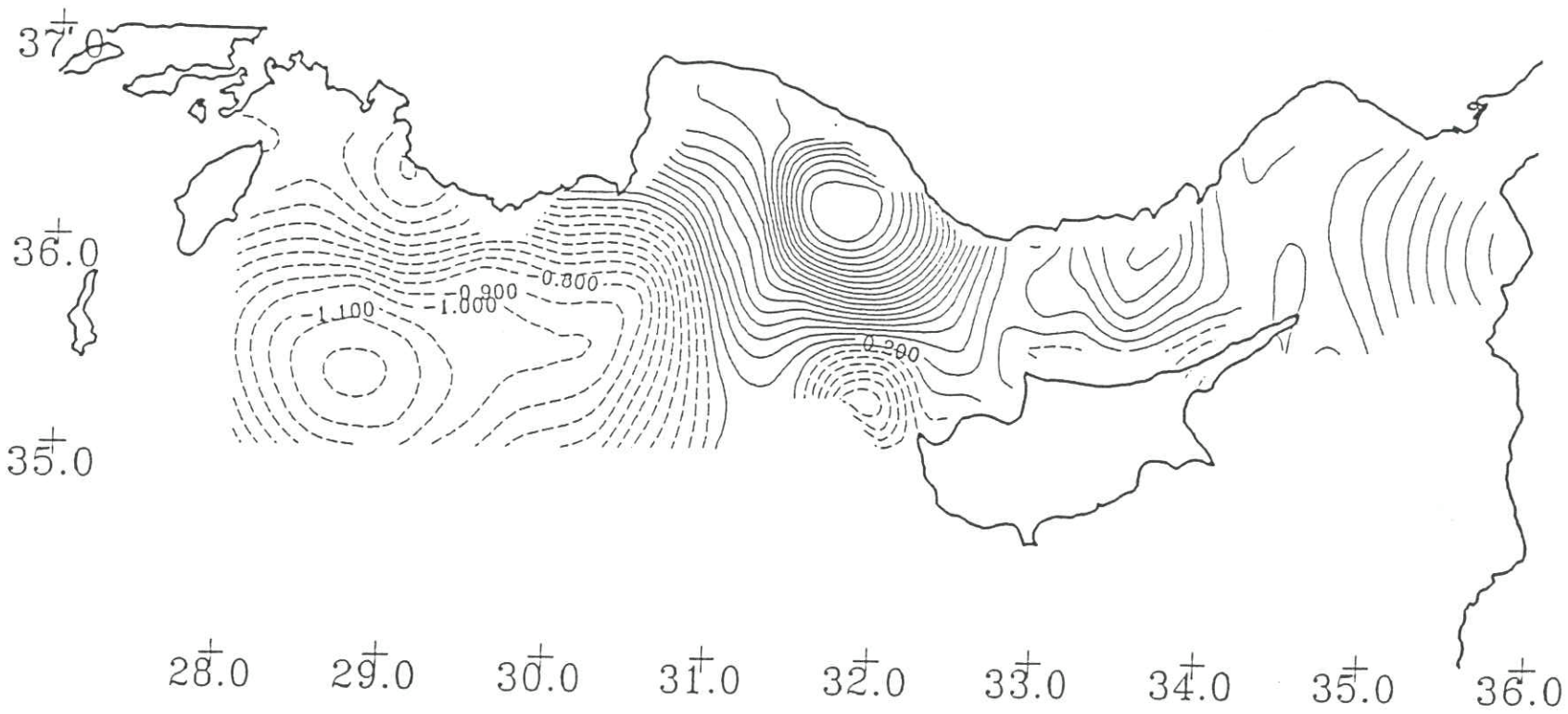
Şekil 29. Ekim 1995 seferinde 28° 30' E boylamındaki potansiyel sıcaklık (a) ve tuzluluk (b) kesiti. Ekim 1995 dönemine ait 150m deki topografya haritası (c).

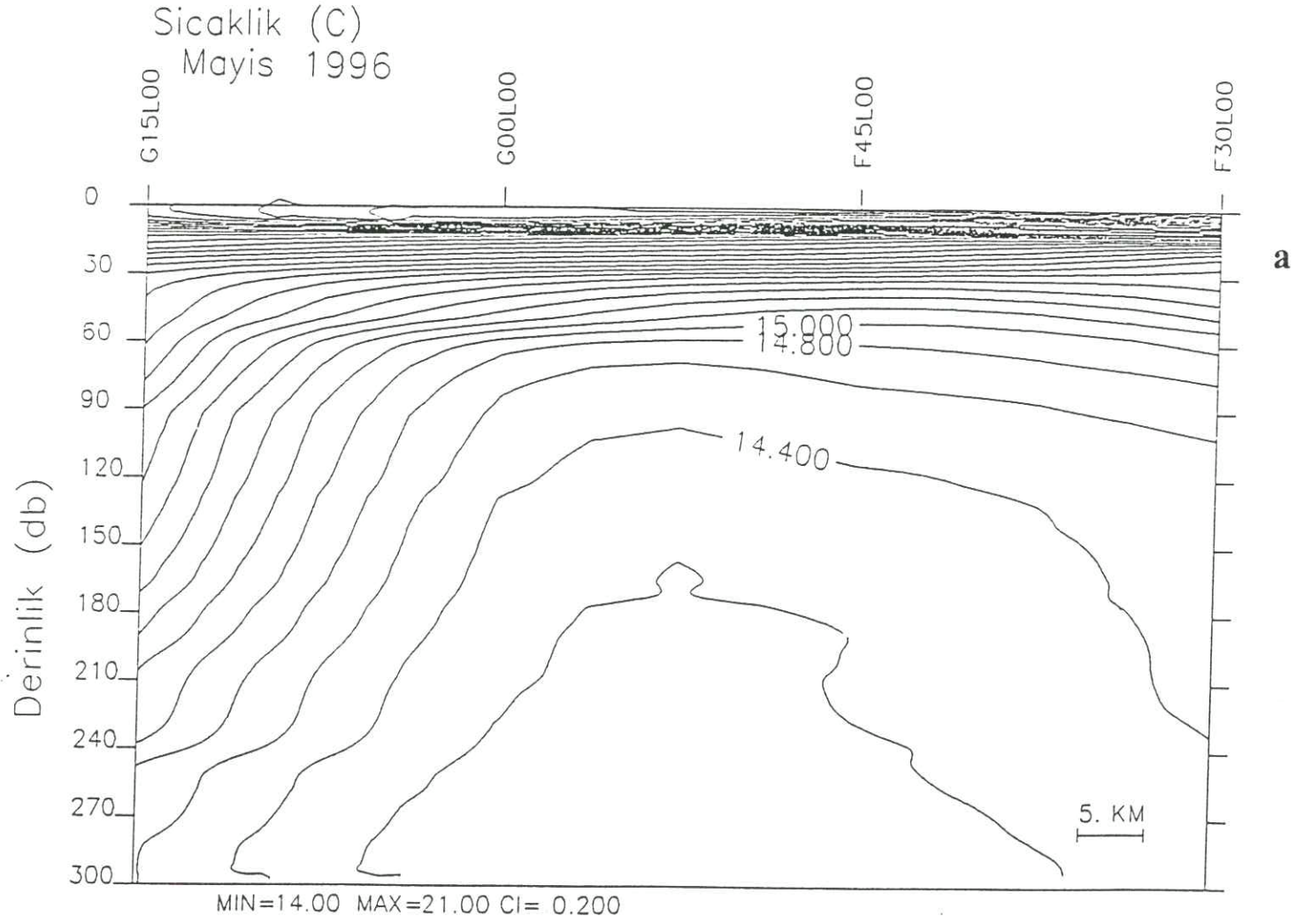


b

Şekil 29 devam

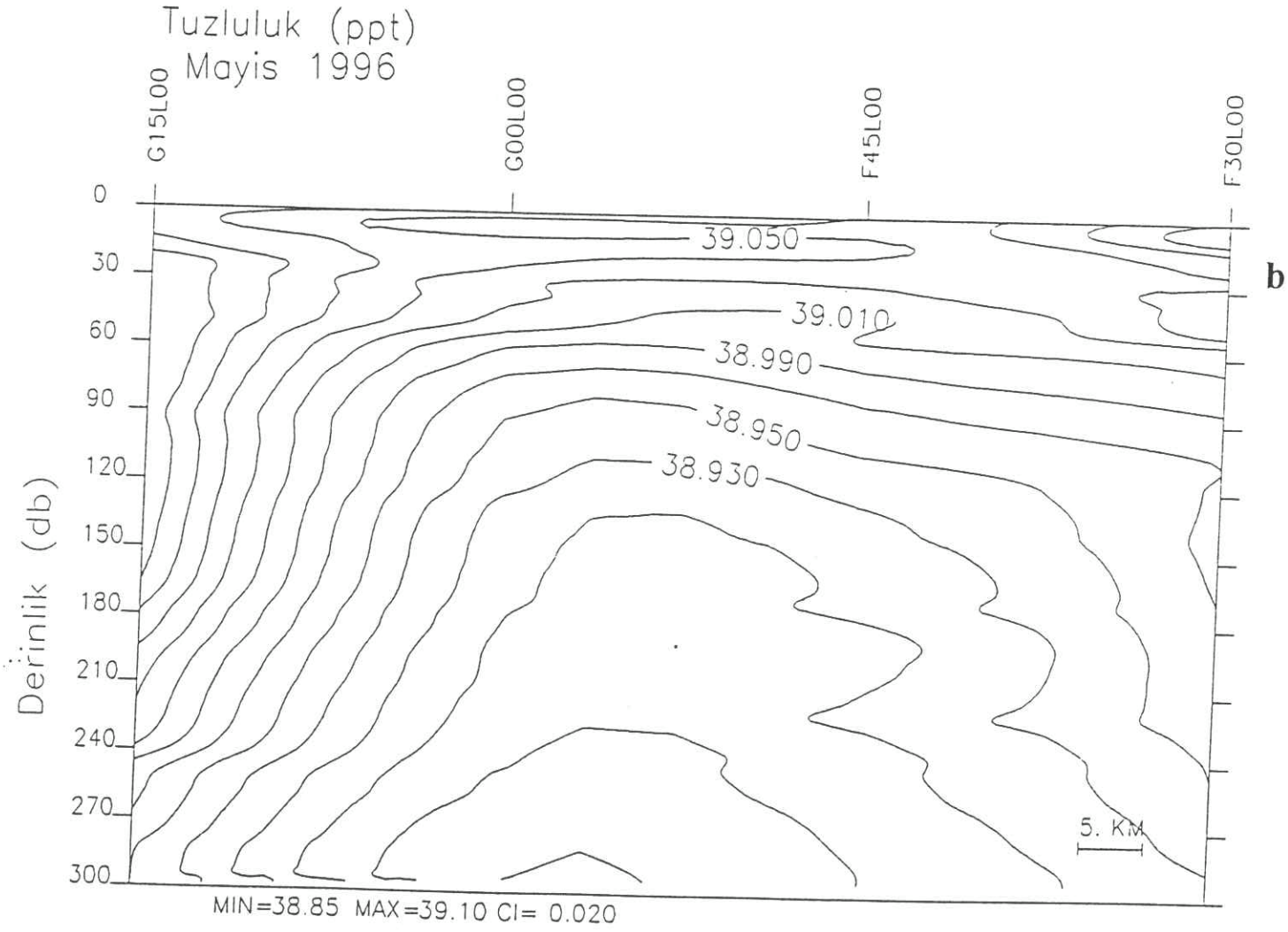
EKIM 1995 150m Topografyasi (cm) **c**





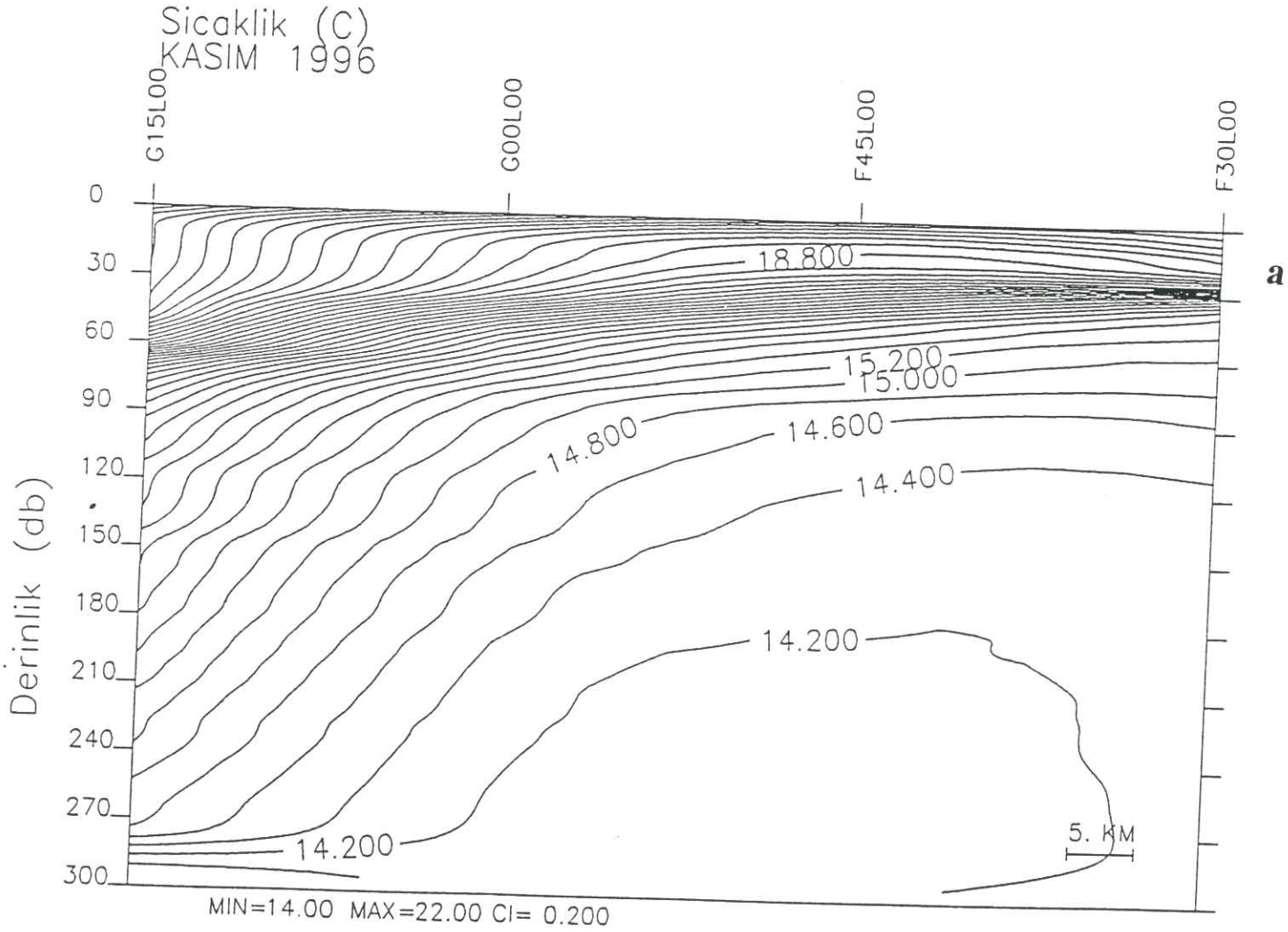
a

Şekil 30. Mayıs 1996 seferinde 29°E boylamındaki potansiyel sıcaklık (a) ve tuzluluk (b) kesiti.



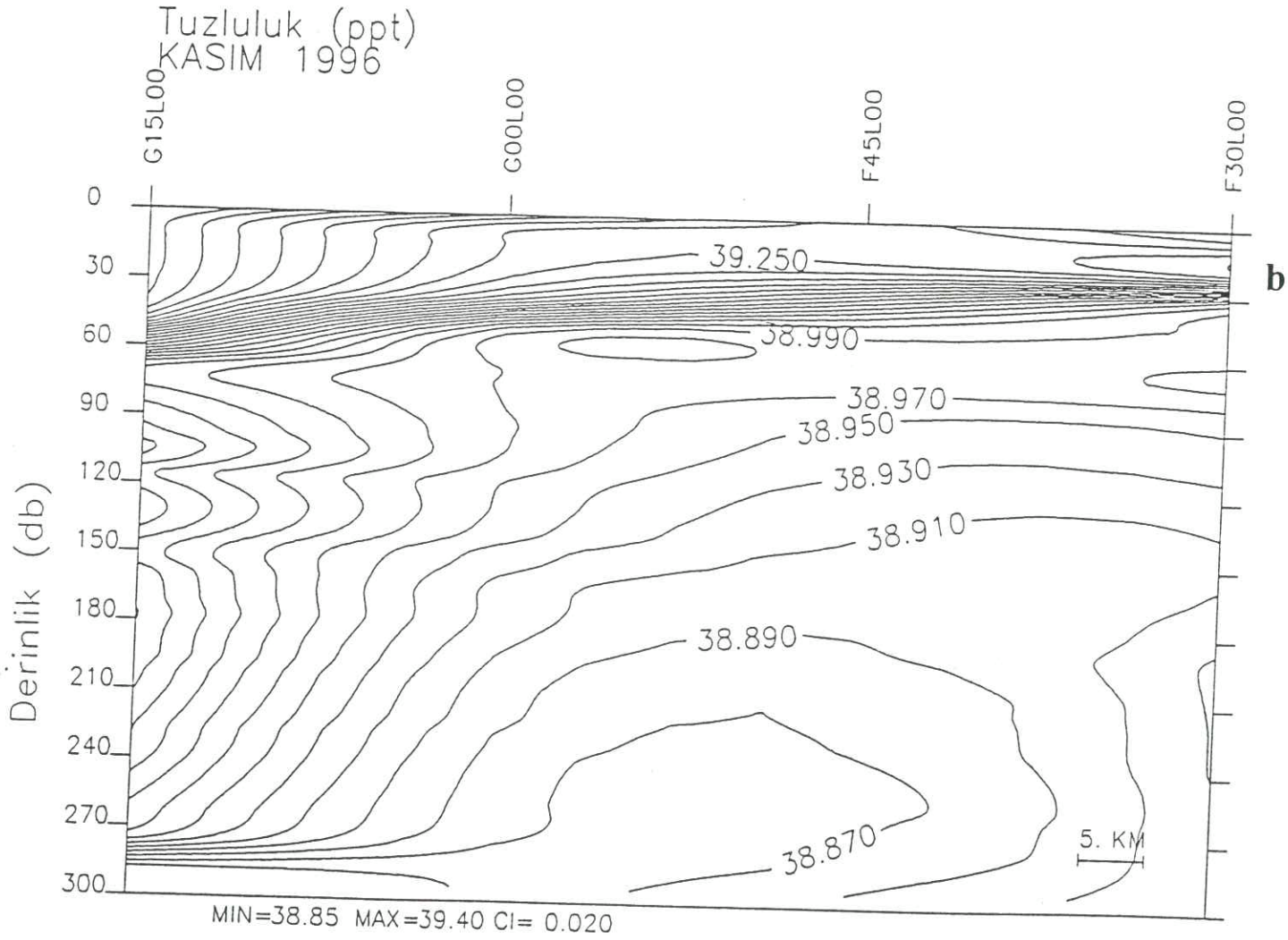
b

Şekil 30 devam



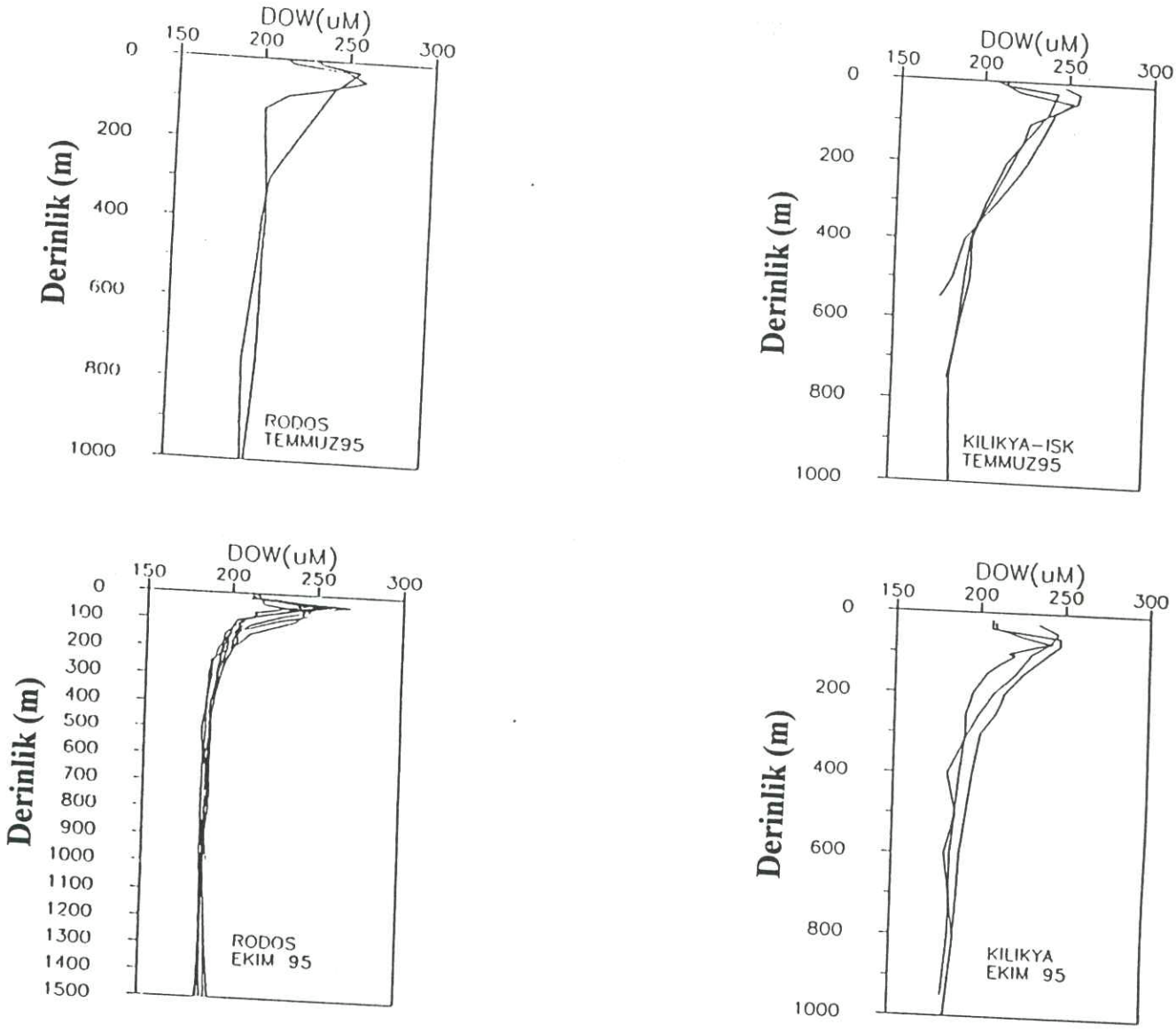
a

Şekil 31. Kasım 1996 seferinde 29°E boylamındaki potansiyel sıcaklık (a) ve tuzluluk (b) kesiti.

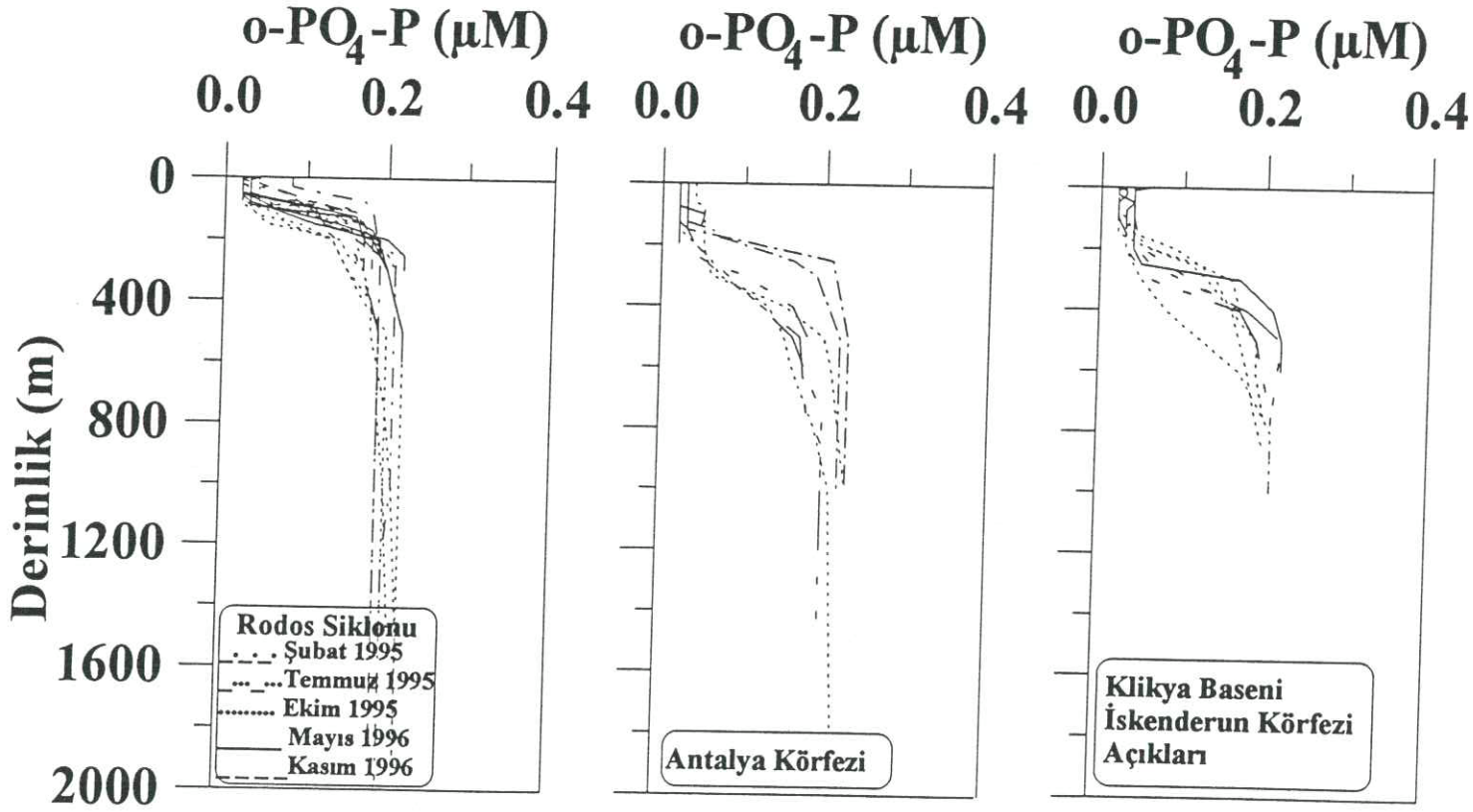


b

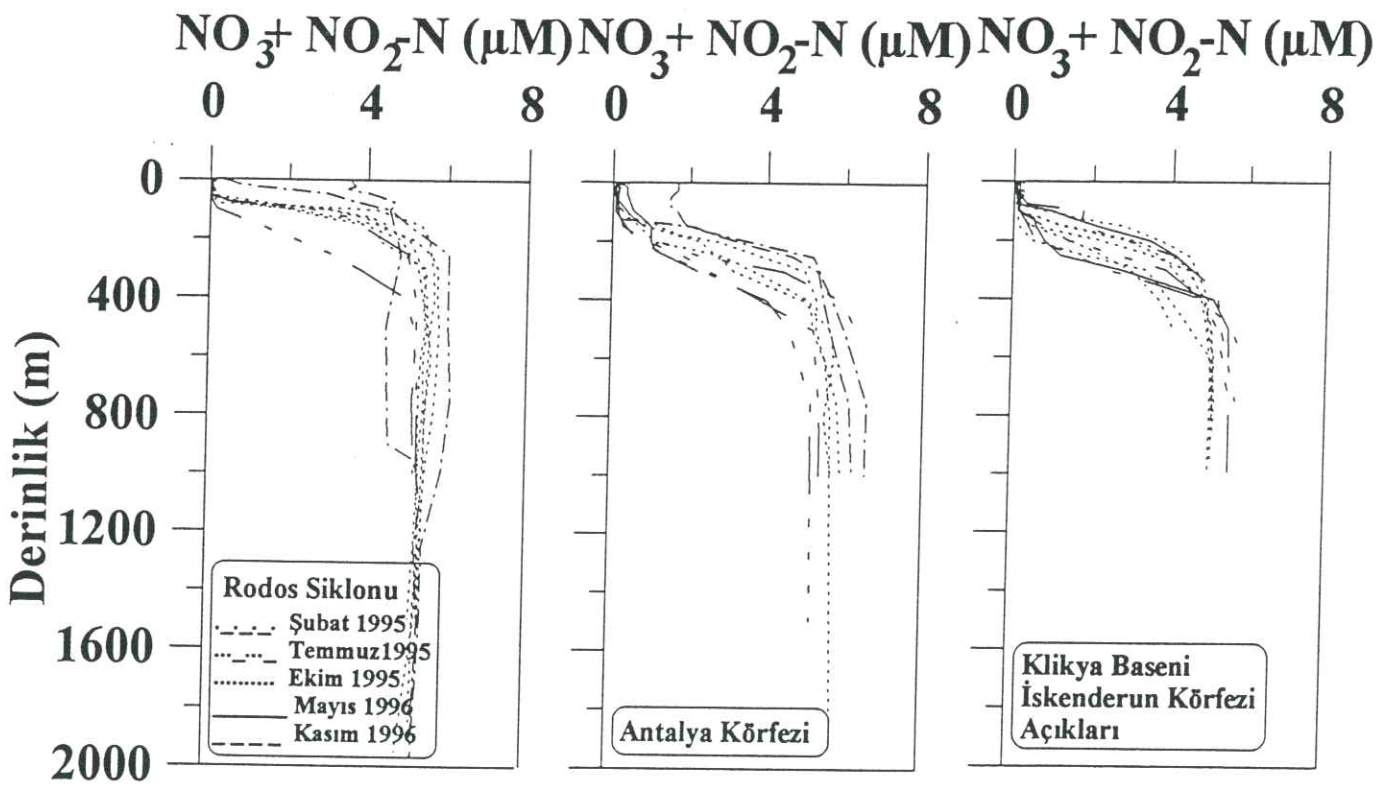
Şekil 31 devam



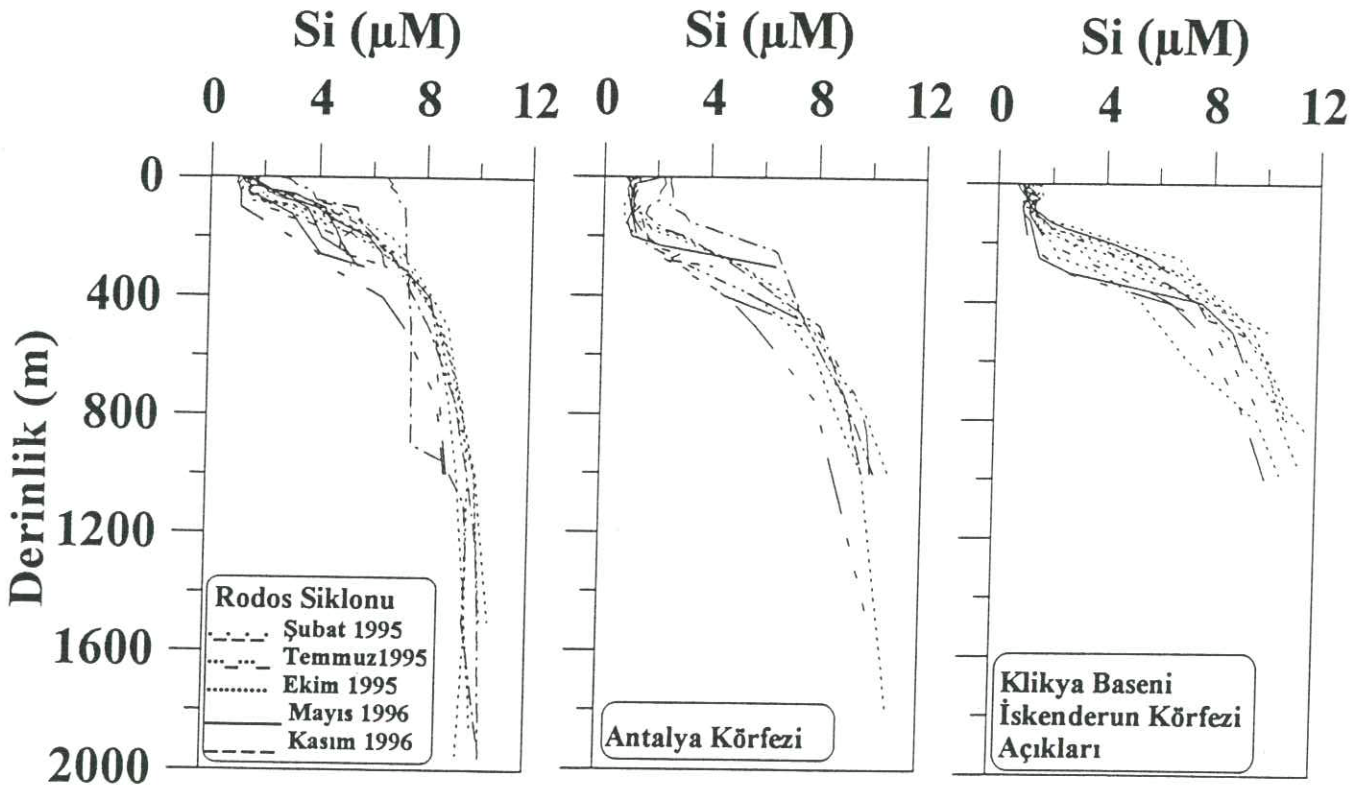
Şekil 32. Kuzeydoğu Akdeniz'de Çözünmüş Oksijenin düşey dağılımı



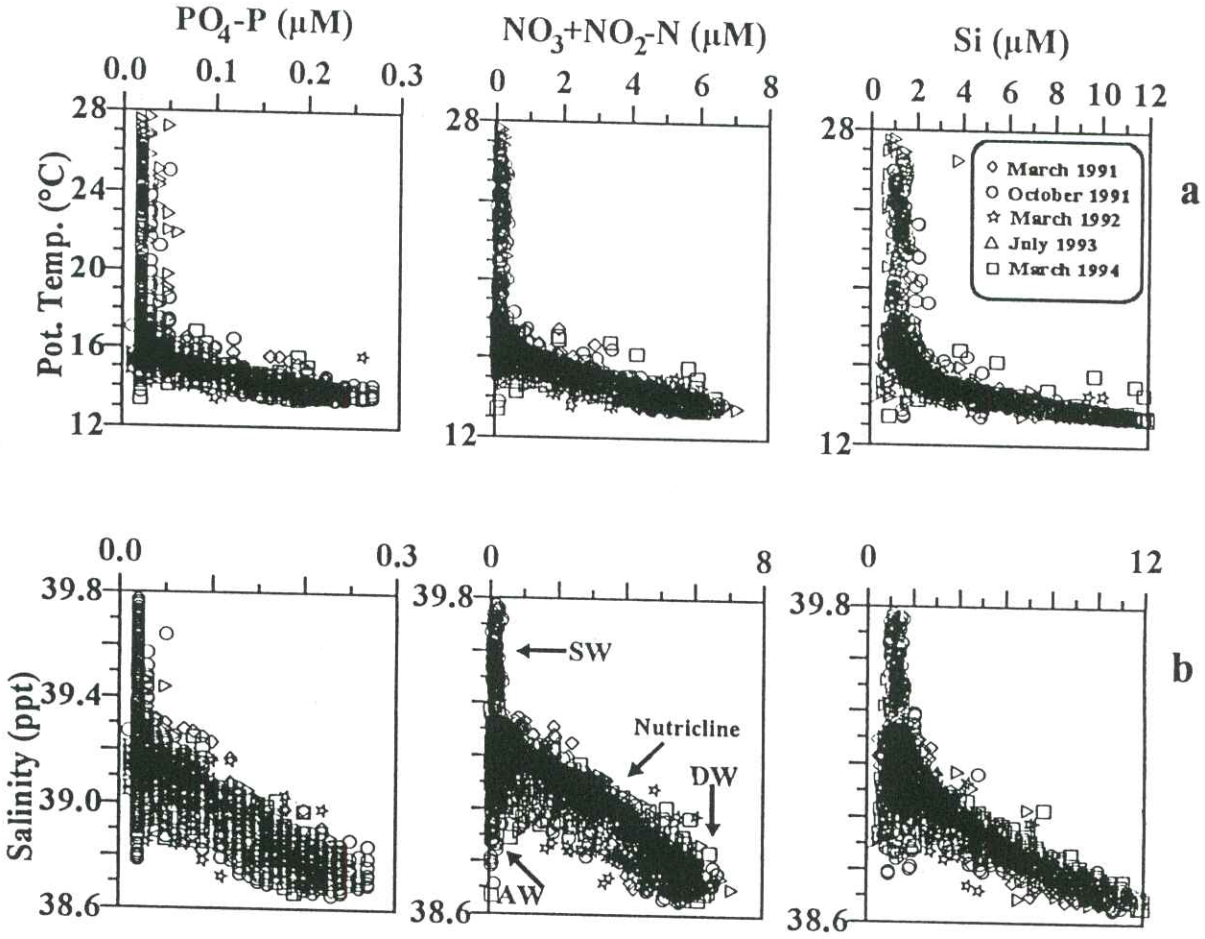
Şekil 33a. Kuzeydoğu Akdeniz'de orto-fosfatın (PO_4) düşey dağılımı



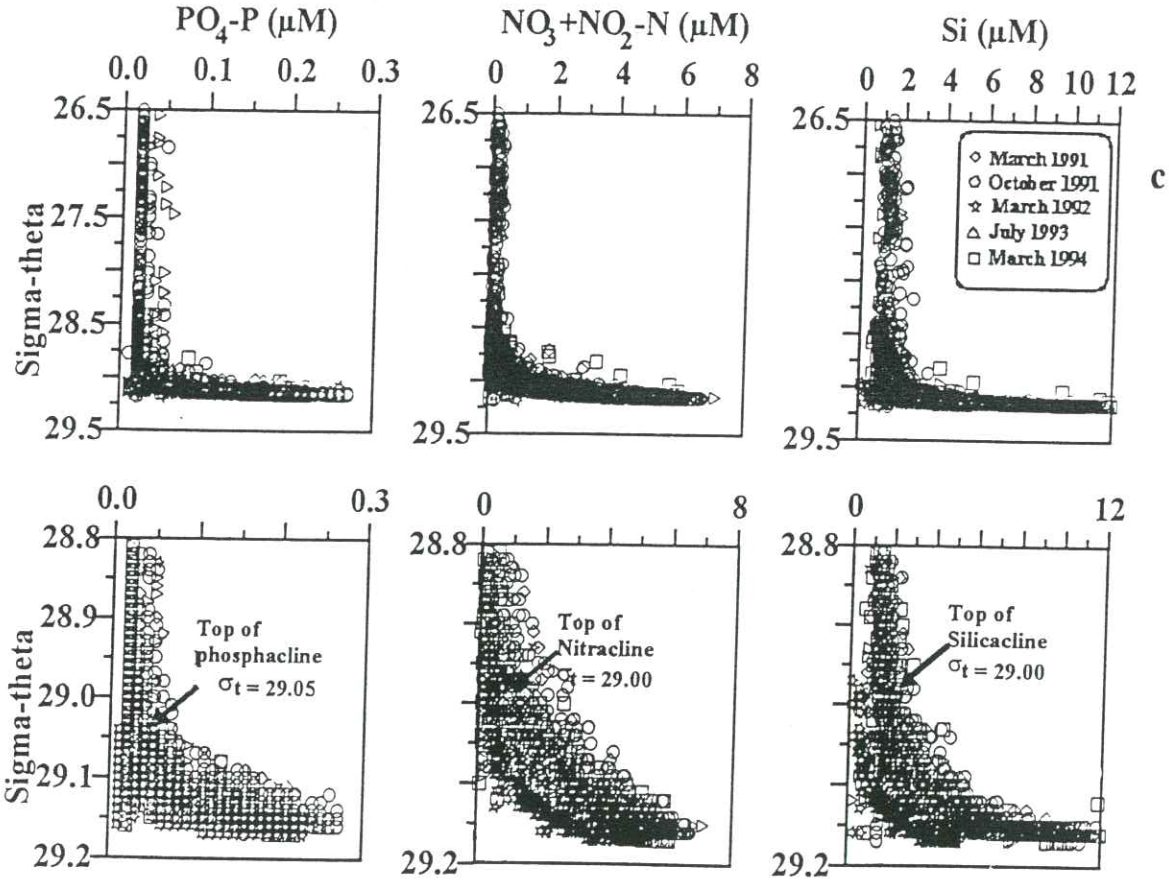
Şekil 33b. Kuzeydoğu Akdeniz'de toplam oksitlenmiş azotun(NO_3+NO_2) düşey dağılımı



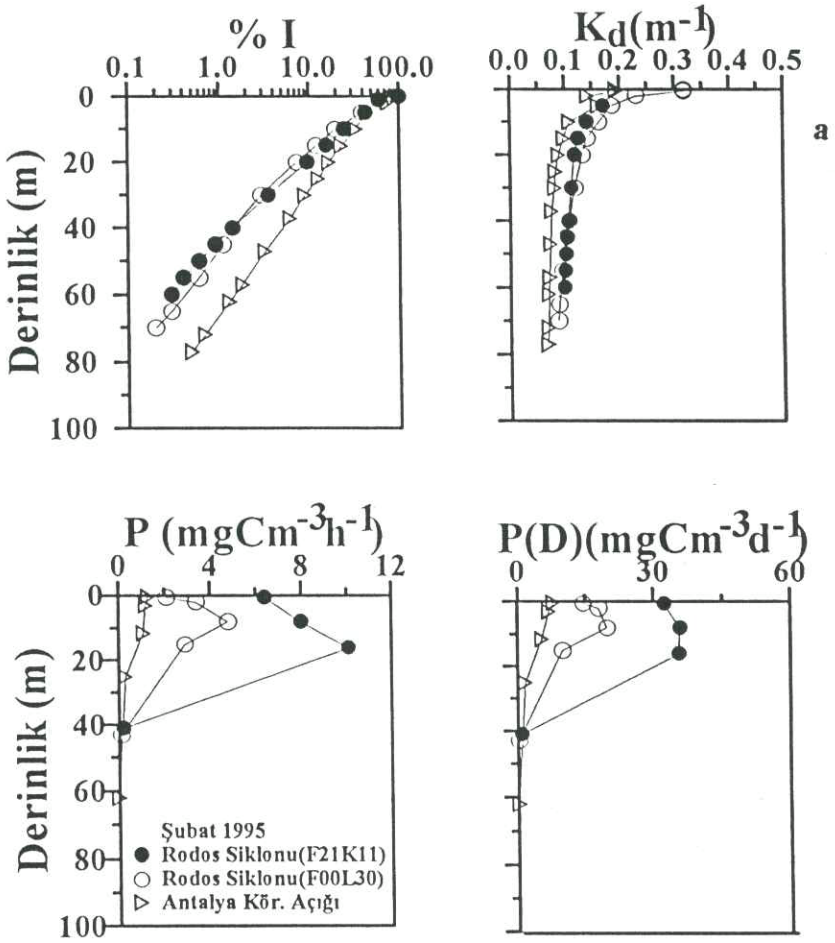
Şekil 33c. Kuzeydoğu Akdeniz'de reaktif silikatın (Si) düşey dağılımı



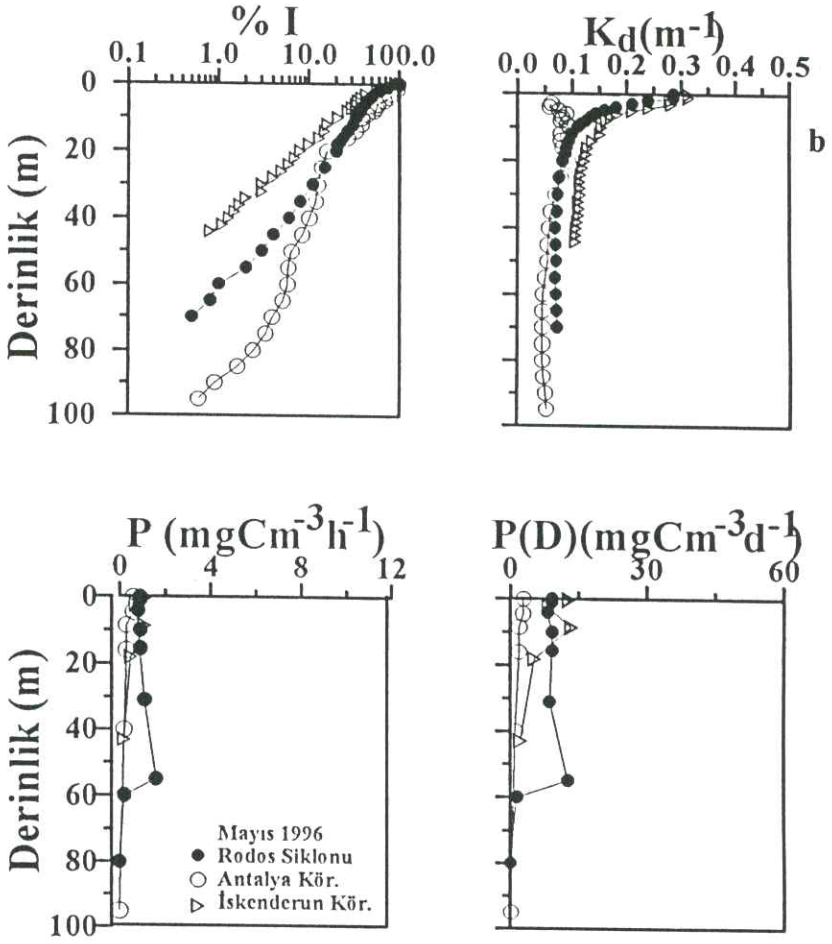
Şekil 34. Kuzeydoğu Akdeniz'de besin tuzlarının fizeksel parametrelerle tüm basen bazında karşılaştırılması Sıcaklık-Besin tuzları (a), Tuzluluk-Besin tuzları (b), Sigma-theta-Besin tuzları (c)



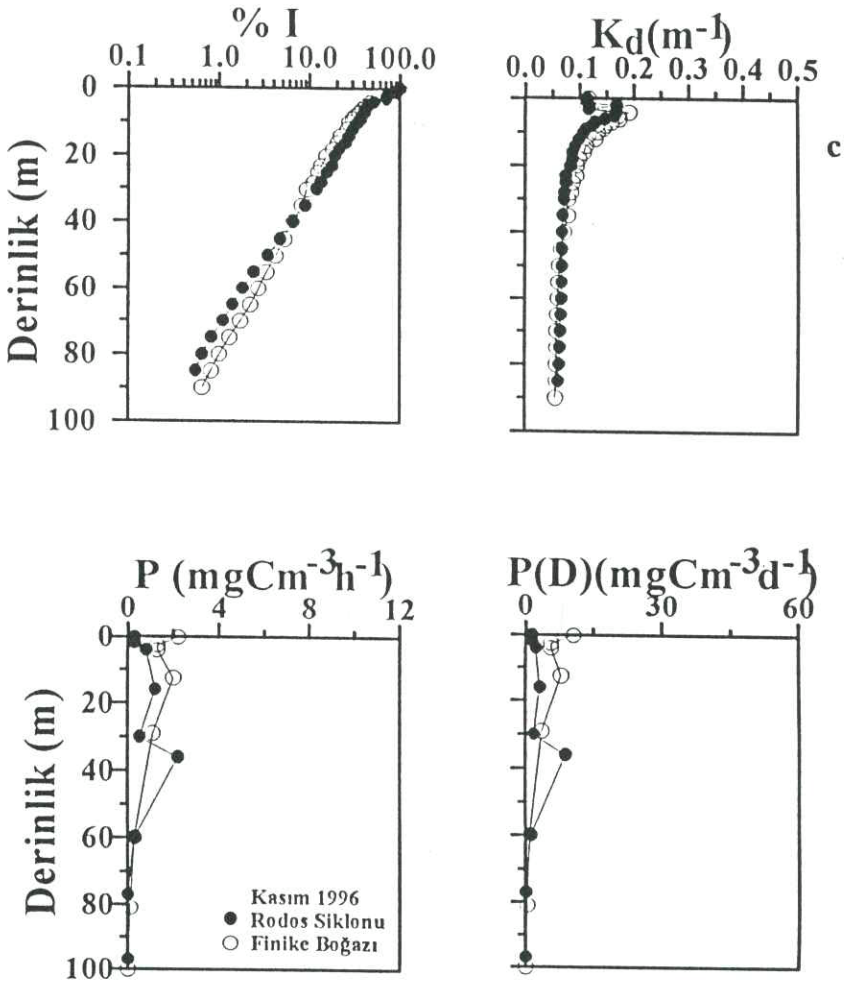
Şekil 34 devam



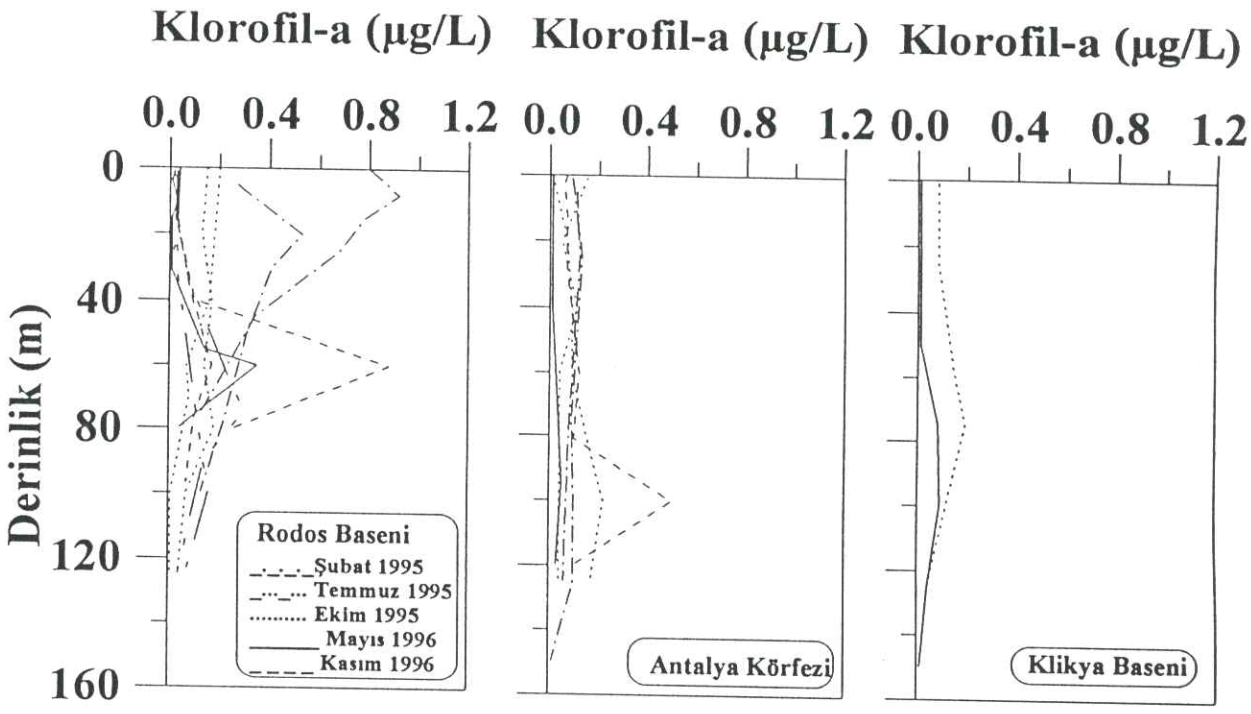
Şekil 35. Kuzeydoğu Akdeniz'de fotosentetik aktif ışığın (PAR) yüzeye oranla derinlikle değişimi(% I), ışık sönüm katsayısı (K_d) ve saatlik(P)/günlük(P_D) birincil üretim profilleri



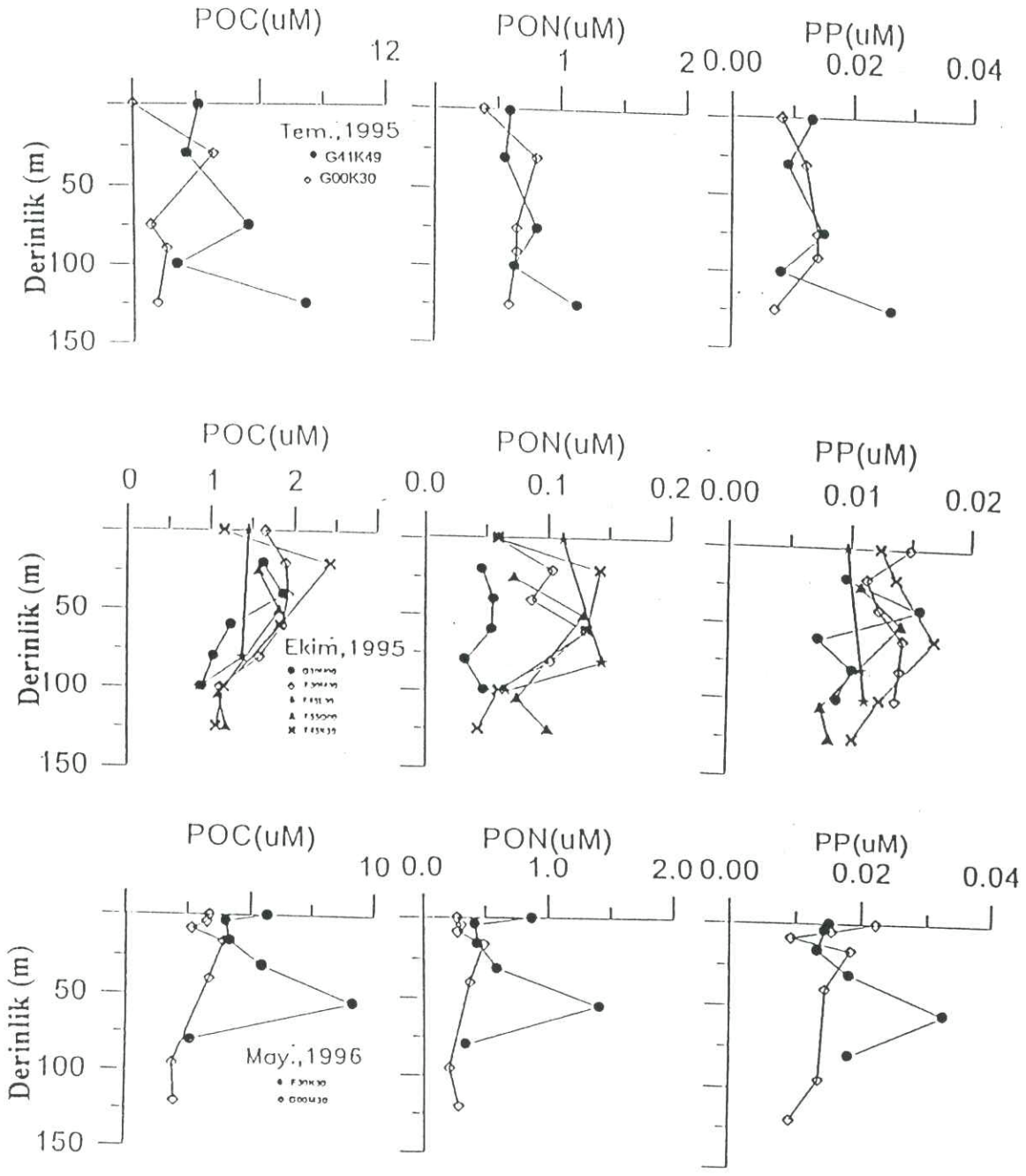
Şekil 35 devam



Şekil 35 devam



Şekil 36. Klorofil-a' nın Kuzeydoğu Akdeniz'de düşey dağılımı.



Şekil 37. Partikül Organik Karbon (POC), Partikül Organik Azot (PON) ve Partikül Fosforun (PP) Kuzeydoğu Akdeniz'de Rodos siklonik alanında, Antalya körfezinde ve Klikya basenindeki frontal alanlar ile antisiklonik alanlarda düşey dağılımı