

2005 - 26



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

55598

LİKYA BASENİ KİYİSAL SİSTEMİNDE ATMOSFER / DENİZ / KARA
ETKİLEŞİMLERİ: KAYNAKLAR, TAŞINIM, EKOSİTEM VE UZUN
SÜRELİ DEĞİŞİMLER

1979152

PROJE NO: YDABÇAG – 615/G

Prof. Emin Özsoy

169

Yer Deniz ve Atmosfer Bilimleri Araştırma Grubu

Earth Marine and Atmospherical Sciences
Researches Grant Group



TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

...lik öncelikinde, toplam projenin beş yüz altısı ve onemm...
...deneyimlerinden de yararlanarak daha sonra iyileştirilerek
...i hedeflenmiş, ancak proje bir yıllık süre ile devam etti. Çoğu
...Projenin desteklenen 1. yılının sonunda proje (hedefinin
...takip, Arıdaşır DWI - Araştırma Grubu (YDABÇAG) -
...takip etmektedir.

55598

KİLİKYA BASENİ KİYISAL SİSTEMİNDE ATMOSFER / DENİZ / KARA ETKİLEŞİMLERİ: KAYNAKLAR, TAŞINIM, EKOSİSTEM VE UZUN SÜRELİ DEĞİŞİMLER

1979152

PROJE NO: YDABÇAG - 615/G

Prof. Emin Özsoy

1-169

140

Bos

Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu

Environment, Atmospheric, Earth and Marine
Sciences Research Grant Group

**KİLİKYA BASENİ KİYISAL SİSTEMİNDE
ATMOSFER / DENİZ / KARA ETKİLEŞİMLERİ:
KAYNAKLAR, TAŞINIM, EKOSİSTEM
VE UZUN SÜRELİ DEĞİŞİMLER
YDABÇAG – 615/G**

ÖZEL NOT

Bu projenin ilk önerisinde, toplam proje süresinin beş yıl olması ve çalışmanın birinci yılın deneyimlerinden de yararlanılarak daha sonraki yıllarda geliştirilerek sürdürülmesi hedeflenmiş, ancak proje bir yıllık süre ile desteklenmiştir. Çeşitli nedenlerle öneri yenilenmemiştir ve birinci yıldan sonraki dönemde proje sürdürülememiştir. Projenin desteklenen birinci yılının bitiminde proje yöneticisinin TÜBİTAK – Yer, Deniz, Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu (YDABÇAG, daha sonra YDABAG) üyesi olarak görev alması da bunda etkili olmuştur.

Aynı nedenlerle, ve ek olarak, tarafsızlık ilkeleri gereğince bu proje raporu daha önce sunulamamıştır. Projenin bitiminden hemen sonra bu raporun ilk şekli ODTÜ-DBE tarafından TÜBİTAK'a iletilen bir kaç projenin toplu raporu içinde de yer almıştır. Ancak daha sonra bazı eksik bilgiler tamamlanmış, aradan geçen zaman içinde elde edilen bazı veriler ve yapılan ek inceleme sonuçları da eklenerek rapor şimdiki haline kavuşturulmuştur.

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU	39.
TÜBİTAK	40.
Yağmur Sularında Ölçülen Dərmişimler Üzerine Hava Kütleyərinin Sektörel Katkıları-Örnək Sonuçları	41.
YDABÇAG - 615/G	42.
17 Nisan 1996	43.
KİLİKYA BASENİ KIYISAL SİSTEMİNDE ATMOSFER / DENİZ / KARA ETKİLEŞİMLERİ: KAYNAKLAR, TAŞINIM, EKOSİSTEM İLLE ÇÖKTƏN BEŞİN VE UZUN SÜRELİ DEĞİŞİMLER	44.
2.1 Sonuçların Sentezi	45.
2.2 İerbirtliği	46.
İÇİNDEKİLER	47.
AŞağıdakiler KİYISAL SİSTEMİ - FİZİKSEL İKLİM - İctisat - Bolgesel Meteoroloji	48.
ÖZEL NOT -Ölçekli Kontrol	49.
ÖZET	50.
ABSTRACT	51.
1. GİRİŞ	52.
1.1 KIYISAL SİSTEMLER	53.
1.2 KİLİKYA BASENİ KIYISAL SİSTEMİ	54.
<i>Kiyosal topografiya, kara ve deniz ekosistemleri</i>	55.
<i>Kimyasal yapı</i>	56.
<i>Petrol Kirlenmesi</i>	57.
<i>Kanalizasyon Deşarjları ve Kirlilik</i>	58.
1.3 SONUÇ RAPORU İÇERİĞİ	59.
2. ATMOSFERİK TAŞINIM	60.
2.1 Araştırma Programının Tanımı	61.
2.1.1 Araştırma Programının Gerekçesi ve Önemi	62.
2.1.2 Araştırma Programının Kapsamı ve Amacı	63.
2.2 Çalışma Programları	64.
2.2.1 Çalışma Alanları	65.
2.2.2 ölçülen Parametreler	66.
2.2.3 Modelleme	67.
2.2.4 Hava Kütleyelerinin 3-Günlük 3-Boyutlu Geri Yörüngeleri	68.
2.3 Bilimsel Bulgular	69.
2.3.1 Kılıkya Basenİ Ortalama Hava Akım İstatistiği	70.
2.3.2 Aerosollerde ölçülen Al Sonuçları ve Kaynak Bölgeleri	71.
2.3.4 Aerosollerde Gerçekleştirilen Sülfat ölçümüleri ve Sülfatın Kaynağı	72.
2.3.4.1 En Yüksek nss-Sülfat Derişimlerine Ait örnek Sonuçlar	73.
1-2-3 Haziran 1992	74.
8-9 Haziran 1992	75.
14-15-16 Haziran 1992	76.
25 Haziran 1992	77.
27-28-29-30 Temmuz 1992	78.
2.3.4.2 Aerosol örneklerinde ölçülen Metan Sulfonik Asit (MSA) Sonuçları	79.
2.3.5 Yağmur Sularının Asitliği	80.
2.3.5.1 Mineral Toz Taşıma Kapasitesine Sahip Hava Kütleyeleri	81.

2.3.5.2 Antropojenik Etki Altında Kalan Hava Kütleleri	39
2.3.5.3 Yağmur Sularında ölçülen Derişimler Üzerine Hava Kütlelerinin Sektörel Katkıları-örnek Sonuçlar	40
7 Nisan 1996	41
17 Nisan 1996	41
22 Mart 1997	43
5-6 Nisan 1997	45
2.3.6 Kilikya Basenine Atmosfer Yolu İle Çökelen Besin Tuzları	46
2.4 Sonuçların Sentezi	47
2.5 İşbirliği	49
3. KİLİKYA BASENİ KİYİSAL SİSTEMİ – FİZİKSEL İKLİM	52
3.1 GİRİŞ	52
3.2 BÖLGESEL METEOROLOJİ	52
3.3 BÜYÜK-ÖLÇEKLİ KONTROL	54
<i>Bölgesel Soğuma Olayları Arasında Benzerlikler</i>	55
<i>Doğu Akdeniz'de Değişimler</i>	57
<i>2001-2002 Sel Baskınları</i>	58
3.4 YÜZEY AKILARI	61
3.5 LEVANT BASENİ DOLAŞIMI VE KİYİSAL AKIMLAR	66
3.6 KİLİKYA BASENİ AKINTILARI VE GELGİT	68
3.7 HİDROGRAFİK GÖZLEMLER - ZAMAN SERİLERİ	72
3.8 KİLİKYA BASENİ KİYİSAL / KITA SAHANLIĞI DOLAŞIM MODELİ	90
4. KİLİKYA BASENI KİYİSAL EKOSİSTEMİ	94
4.4.8 PLANKTON ZAMAN SERİSİ ÇALIŞMASI	94
4.4.8.1 Sonuçlar	95
4.4.8.1.(i) Fitoplankton	95
I. Fitoplankton biyokütlesinde zamanla değişim	95
I.A. 1 no'lu açık istasyon:	95
I.B. 2 no'lu orta istasyon	101
I.C. 3 no'lu kıyı istasyonu	107
4.4.8.1.(ii). Pikooplankton bolluğuunda zamanla değişim	114
I.B. 1 no'lu açık istasyon	114
I.B. 2 no'lu orta istasyon	115
I.C. 3 no'lu kıyı istasyon	116
4.4.8.2. Zooplankton	116
4.4.8.3. Besin Tuzları	131
4.4.8.4. Seki Derinliği	135
4.5 Balıkçılık	138
4.5.1 Giriş	138
4.5.2 Materyal ve Metodlar	140
4.5.3 Sonuçlar	143
Aylık Trol Seferlerinin Değerlendirilmesi	149
4.5.4 Batı İçel dar kıtă sahanlığı çalışması sonuçları	
4.5.5 Tartışma	165
4.5.5.1 Lesepsiyen Türler	165
4.5.5.2 Stok Yönetimi	166
4.5.6. Sonuç	168
KAYNAKLAR	170
EK A Özsoy et al., JGR, 2001	187
Şekil ve Tablolar Listesi	209

KİLİKYA BASENİ KİYİSAL SİSTEMİNDE ONS ATMOSFER / DENİZ / KARA ETKİLEŞİMLERİ: KAYNAKLAR, TAŞINIM, EKOSİSTEM VE UZUN SÜRELİ DEĞİŞİMLER

YDABÇAG – 615/G

ÖZET

İnsanlarca yoğun biçimde kullanılan kıyısal sistemlerdeki fiziksel ve biyokimyasal etkileşimler, yerkürenin yaşamı destekleme kapasitesini ve değişimini de büyük ölçüde belirlemektedir. Öte yandan, çok yönlü ve karmaşık olan bu etkileşimler nedeniyle, kıyısal sistemlerin bilimsel kesinlikle ve yeterince anlaşılması büyük zorluk arzettmektedir. Bu nedenlerle, kıyısal araştırmalarda, incelenen özel bölgeyi etkileyen dış çevrenin ve girdilerin iyi tanımlanması elzemdir.

Türkiye kıyı denizleri arasında sınır koşulları ve dış çevresi oldukça iyi tanımlanmış, öte yandan sanayi, tarım, ulaşım ve nüfus yoğunluğu bakımından patlama yaşanan bir bölge olan kuzeydoğu Akdeniz'in Kilikya Baseni bu araştırmaya hedef alınmıştır. Kilikya Baseni, aslında Kıbrıs adası ile Anadolu arasında yer alan geniş kanalı, doğudan batıya doğru daralan kıta sahanlığı, dar boğazları ve sıç alanları ile bu yapıyı izleyen akıntıların belirlediği taşınım nedeniyle, tümüyle kıyısal bir sistem olarak algılanabilir.

Doğu Akdeniz'deki atmosferik taşınım mekanizmaları ve denize etkileri bu araştırmmanın kapsamındadır. Eser element atmosferik kirleticiler, sülfat ve nitrat gibi temelde antropojenik kaynaklı bileşenler, ve ağırlıklı olarak Büyük Sahra'dan kaynaklanan aerosollerin etkisi, günü güne elde edilen hava hareketleri, atmosferik dolaşım / taşınım model sonuçları, uydu verileri ve uzun süreli zaman serisi örneklemelerinin çözümlemeleri ile incelenmektedir.

Kilikya Baseni kıyısal akımlarının tanımlanması, bu akımların kıyı geometrisi, taban topografiyası, rüzgar gerilimi ve nehir suları gibi etkenlerle dinamiksel etkileşimlerinin, biyolojik özelliklerinin, ve açık basen ve atmosfer ile etkileşimlerinin incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Kıyı akımları ile ilgili bilgi tabanı oluşturulması ve modelleme için gerekli bilgilerin sağlanması bu araştırmayı hedefleri arasındadır.

Ayrıca Kilikya Baseni deniz ekosisteminin tanımlanabilmesi için birincil üretim, biyodiversite ve balık üretimi konularında da temel değişkenlerin ve varolan koşulların incelenmesi gerekmektedir.

ATMOSPHERE / SEA / LAND INTERACTIONS OF THE CILICIAN BASIN COASTAL SYSTEM: SOURCES, TRANSPORT, THE ECOSYSTEM AND LONG-TERM CHANGES

YDABCAG - 615/G

ABSTRACT

Physical and biochemical interactions in coastal systems largely determine the capacity of the earth to support life as such systems are put to intense use by man. On the other hand, the complexity of these interactions makes coastal systems difficult to be understood with sufficient scientific certainty. For these reasons, it is absolutely essential for any coastal investigation to carefully define the external environmental factors on the selected region.

The Cilician Basin, a coastal region of the northeastern Mediterranean, has been selected as a domain with well defined boundary conditions and external controls as well as being a foremost area of Turkish coastal seas affected by an explosion of population, industry, transport and agricultural exploitation. The Cilician Basin, with its wide channel located between Turkey and Cyprus, its narrowing continental shelf from east to west, narrow sills and the transport patterns determined by dynamic currents affected by these features, can be recognised as a coastal system in its entirety.

Regional atmospheric transport mechanisms and their effects on the sea have been within the scope of this research. Trace element pollutants, and anthropogenic originated components such as sulfate and nitrate, and especially aerosols originating from the Great Sahara desert have been investigated on a daily basis by monitoring of atmospheric motion, and analyzing data from atmospheric circulation / transport models, satellites and long term sampling.

An accurate description of the coastal currents in the Cilician Basin depends on investigations of topographic interactions of these currents, their dynamical response to wind stress and river discharges, as well as the biological and atmospheric interactions. The collection of information on coastal flows and their use in modelling are among the objectives of this research.

It is also aimed to collect data on primary variables and investigate existing conditions of the Cilician Basin to describe its ecosystem in terms of primary production, biodiversity and fisheries yield.

1. GİRİŞ

1.1 KİYISAL SİSTEMLER

Kıyısal sistemlerin özenle korunması gereği, canlı kaynakların ve insan faaliyetlerinin, her ikisinin de aynı anda, kıyısal bölgelerde yoğunlaşmasının bir sonucudur. Balıkçılık, taşımacılık, gibi endüstriyel ve toplumsal aktiviteler daha çok kıyısal bölgelerde gerçekleşmektedir. Kıyısal deniz'in artan askersel önemi (super-güçler arası çelişkilerin yerini bölgesel çelişkilere bırakması) de dünya ülkelerini kıyısal alanları konu alan stratejik araştırmalara zorlamaktadır.

Meteorolojik koşullar, dalga ve akıntıların hava ve deniz trafiğine etkileri, hava ve deniz kirliliğinin taşınımı, kazalar ve endüstriden kaynaklanan atık gaz, petrol ve diğer maddelerin yayılımı gibi uygulama etkenleri kıyısal bölgenin koşullarının ayrıntılı olarak incelenmesini ve ilerideki durumlarının tahmin edilebilmesini gerektirmektedir.

Kıyısal sistemlerdeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkileşimler, yerküresel sistemin yaşamı destekleme kapasitesini ve iklimsel değişimlerini büyük ölçüde belirlemektedir. Bunun bir nedeni kara, deniz ve atmosfer arasındaki etkileşimler (nehir ağızları ve haliçlerin davranışları, kıyısal akıntı sistemleri, deniz me temlerine bağlı dolaşımlar, besin kaynaklarına karasal katkılar ve kirlenme) ise de, diğer nedeni kıyısal bölgelerin endüstrileşmeyle orantılı olarak artan insanlarca kullanımıdır. Günümüzde insan etkilerinin en çok duyumsandığı kıyısal sistemler, küresel değişimin de en onde gelen etkenleri ve bu değişimin sonuçlarının en kolay algılanıldığı yerler arasında yer alırlar.

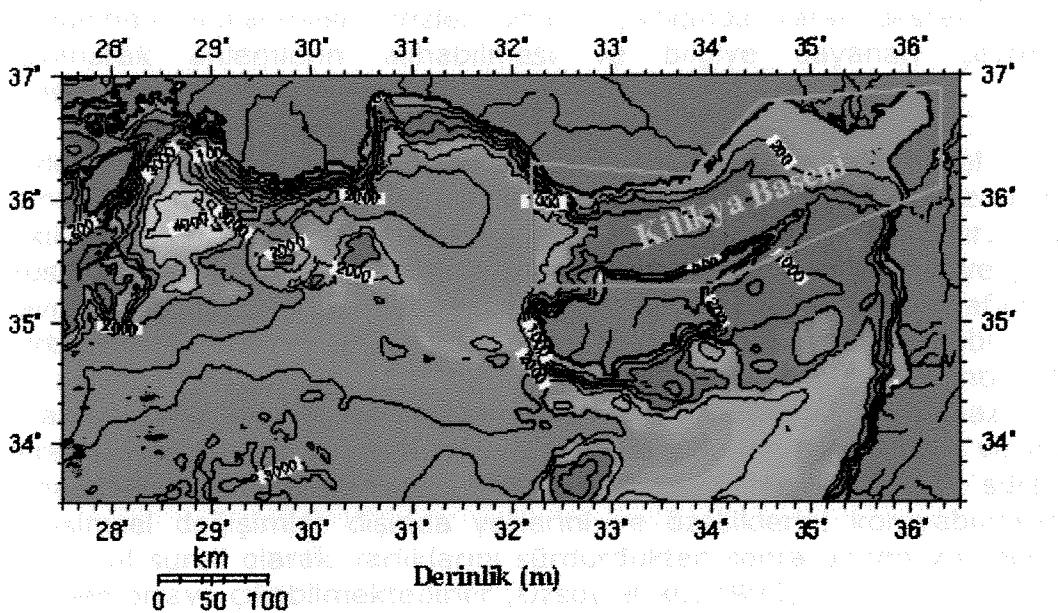
Birincil üretimin gerçekleşmesi, nehir girdileri, kirlenme, ekolojik ve su seviyesi değişimleri ve deniz-kara etkileşimleri nedenleriyle de kıyılar, 'küresel değişim' önemi olan duyarlı bölgelerdir. LOICZ (Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone) adıyla bir IGBP (International Geosphere-Biosphere Program) çekirdek projesi geliştirilmiştir.

Buna karşılık, kıyı bölgesinin disiplinlerarası problemleri ve kıyılarla açık deniz arası etkileşim tam anlamıyla anlaşılmış değildir; örneğin bu konudaki eksiklikler, Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) tarafından 1994 yılında 'Kıyısal Okyanus İleri Bilim ve Teknoloji Çalışması' adlı bir İşlik'in (Workshop) düzenlenmesiyle ortaya konmuştur.

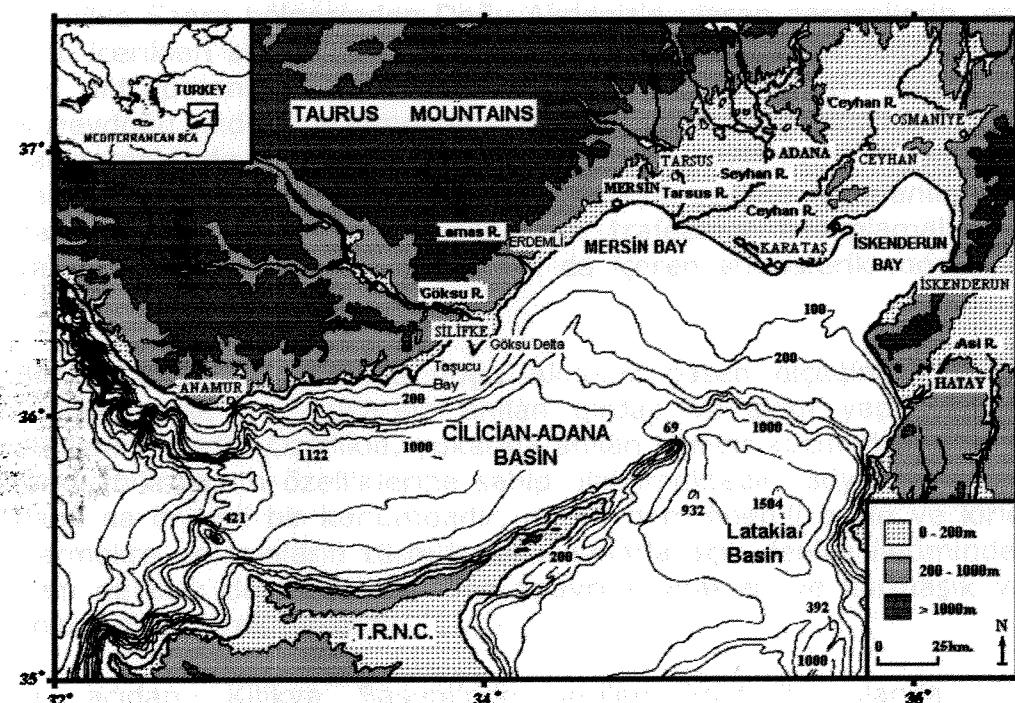
1.2 KİLİKYA BASENİ KİYISAL SİSTEMİ

Türkiye denizlerindeki özel koşullarda bu kapsamdaki çalışmalar, benzer öneme sahiptir. Ülkemizde kıyılar yoğun olarak kullanılmakla birlikte, kıtalar sahanlığı, kıtalar eğimi ve derin deniz kesimleri, balıkçılık, petrol aramaları, kablo ve boru hatları gibi konularda daha yoğun olarak kullanılmaya yeni başlamaktadır.

Türkiye'nin Doğu Akdeniz kıyıları boyunca İskenderun, Mersin, Taşucu, Ovacık, Aydıncık Körfezleri, komşu Çukurova Kıtalar sahanlığı ve Türkiye ile Kıbrıs kıyıları arasını kapsayan Kılıkya Baseni, endüstri ve nüfus artışı bakımından aşırı patlama yaşanan, insan aktivitelerinden olduğu kadar doğal değişimlerden de birinci derecede etkilenen, öncelikli ulusal kaynakları barındıran, stratejik öneme sahip kıyısal deniz alanlarıdır (Şekil 1.1 ve 1.2).



Şekil 1.1 Kiliçova Kitap Sahası bölgesinin sınırları ve taban topografyası



Şekil 1.2. Kiliçova Kitap Sahası - Iskenderun Körfezi kıyısal geometrisi ve deniz tabanı batimetrisi (Okyar ve Ediger, 1998).

Kıyısal alanda nüfus yoğunlaşması, artan endüstri, tarım ve turizm aktiviteleri, örneğin demir-çelik, gübre, soda ve cam, krom, kağıt, dokuma, motor, kimya üretim tesisleri, enerji üretimi, Mersin, İskenderun, Taşucu limanlarına bağlı deniz taşımacılığı, Deniz Kuvvetleri'ne bağlı askeri tesisler, özel ve resmi tersaneler, petrol dolum tesisleri, petrol boru hattı terminalleri, özellikle Bakü-Ceyhan petrol boru hattı nedeniyle kıyısal alan önemli bir baskıya maruzdur. Denizde yerel ve sınırlar ötesi kirlilik taşınımı, enerji ve su akartımı, lagünler ve doğal çevrenin korunması açısından, gelişimin hızlı olduğu bölgede doğal çevrenin günlük durumunun sayısal ve nedensel olarak izlenmesi, çevreye yönelik tehdit ve risklerin

zamanında algılanması, krizler ortaya çıktıığında karar destek mekanizmalarına dayanarak önlemlerini alınabilmesi ve bilgiye dayanan beçvre yönetimini geliştirilmesi elzemdir. *Üksektiller tabanından yüklenen uzanmaktadır.*

Akdeniz, küresel ölçekte yıllararası ve uzun dönemli iklimsel değişimlerin ve atmosfer / deniz / kara etkileşimlerinin çok belirgin olarak gözlendiği, ve bunların etkilerinin en çok duyumsandığı bir bölgede yer almaktadır. Bu özelliklerin oluşmasında, yarı kapalı basenin ısı ve madde akıları, atmosfer ve denizdeki kapalı devre dolaşımalar, orta enlemler atmosfer hareketlerinin topografya ile etkileşimi, küresel ölçekli atmosferik cephelerin Akdeniz'de buluşmaları, gibi önemli etkenler rol almaktadır (Özsoy, 1999). Jetler ve girdaplardan oluşan akıntı sistemleri deniz ortamında etkili taşınım mekanizmalarıdır. *Bu yapılarından bazıları olağanüstü derecede dengeli veya durağandır; kiş aylarında ise turbulanslı, ve göreceli olarak daha küçük girdaplar oluşur.* Bu yapılarından bazıları uzun sürelerde, küçük mevsimsel değişimler dışında yerlerini ve özelliklerini koruyabilmekte, bir kısmı birkaç yıl süreli olarak varlıklarını sürdürdükten sonra birden yok olabilmekte veya yeniden ortaya çıkabilmektedirler (Özsoy et al., 1993).

Projenin araştırma konularından biri, bölgedeki iklimsel etkilere ışık tutma amacıyla, özellikle Sahra bölgesinden Doğu Akdeniz'e ulaşan aerosollerin, eser elementler ve iyon içerikleri açısından incelenmesi ve bu bileşenlerin doğal (karasal ve denizsel) ve antropojenik kaynaklarının göreceli katkılarının araştırılmasıdır. Böylece Kuzeydoğu Akdeniz'e atmosfer yoluyla taşınan kirleticiler hakkında da ayrıntılı bilgi sağlanmaktadır. Proje döneminde, geçmişte yapılan tüm ölçümlere devam edilmesi sağlanmıştır. Uydu verilerinden de verimli bir şekilde yararlanılmış, hava kütelerinin hareketlerinin incelenmesi için back trajectory hesaplamaları ECMWF arşivleri yardımcı ile yapılmış, toz taşınımını da içeren atmosferik modelleme teknolojisinin Türkiye'de geliştirilmiştir.

Birincil üretim anlamında doğu Akdeniz basen ölçünginde bir 'mavi çöl' olarak algılanabilirse de, yukarıda anılan girdap ve akım yapılarından önemli ölçüde etkilenmektedir. Özellikle, yukarıda anılan her bir küçük ölçekli yapı diğerinden çok farklı mikrokozm özelliklerine sahip olabilmektedir. Böyle bir ortamda kıyı bölgesi daha da önemli bir konumdadır, çünkü hem önemli besin ve kirletici kaynaklarını içermekte ve bunların turbulanslı akımlarla açık denize iletiminde rol oynamakta, hem de açık deniz sisteminden apayı kaynakları ve karmaşık yapısıyla daha iyi anlaşılması gerekmektedir.

Bu açıdan, Kilikya Baseni'nde seçilen kontrollü alanda sürekli ölçümlerin gerçekleştirilmesi, uzun dönemli bir bulgu bazının oluşumu, ve ekosistemin işleyişine de etki eden kısa uzay ve zaman ölçekli fiziksel olaylar ile daha uzun ölçekli Akdeniz derin dolaşımı ve bir dizi karmaşık etkence belirlenen kıyısal dinamiğin model ve bulgu sentezi ile öngörülebilir hale gelinmesi amaçlanmıştır.

Kıyısal topografya, kara ve deniz ekosistemleri

Mersin ve İskenderun Körfezleri yaklaşık 14,000 km² lik bir kıta sahanlığı alanını kaplar. Bu kıta sahanlığı Türkiye kıyıları boyunca en geniş olanlardan biridir ve kıyasal batimetrinin oldukça dik olduğu Levant Baseni'nde ise en önemlidir. Kıta sahanlığı güneydoğu'da en derindir ve kuzeydoğu'da sıslaşır. Kıyının kayalık olduğu batı'da taban topografyası da kıyı ve 50m konturu arasında oldukça diktiro 50-200m konturları arasında ise biraz daha az eğimlidir. Kuzeydoğu'da Erdemli ve Mersin arasında daha yumuşak eğim vardır ve kıyı, alüvyal yığıntı ve kumsallardan

olmuşur. Taban profili tüm bölgede oldukça düzenle olmakla birlikte kıyı sahanlığı ortalarında bazı dğensizlikler bulunmaktadır. Mersin civarında bazı kıyısal alanlarda mercan kayalıkları ve yükseltiler tabandan yukarı uzanmaktadır.

Kilikya Baseni kuzey ve doğuda sırasıyla Toros ve Amanos sıra dağları ile çevrelenir. Seyhan ve Ceyhan nehir deltaları İskenderun Körfezi'nin kuzeybatısında yer alır. Güneydoğu'sunda ise dar nir kıyısal düzyük ve dik dağ yamaçları bulunur. Ceyhan deltası'nın Akyatan lagünü Kıyıdan yüksek ve geniş kumul tepeleriyle ayrılır. İskenderun Körfezi'ndeki Yumurtalık lagünü ise Ceyhan nehrinin kuzeydoğusuna düşer. İskenderun Körfezine girmesini ve yenilemeyeş sağlar. Yerel rüzgarlarla karışan suyun havalandırılmasını sağlar.

Göksu, Lamas, Tarsus, Seyhan, Ceyhan ve Asi ırmakları, ve daha küçük süreksiz akarsular, ana karadaki $80,000 \text{ km}^2$ lik bir havzadan, Kilikya basenine $870 \text{ m}^3/\text{s}$ ($27 \text{ km}^3/\text{yr}$) gibi oldukça büyük bir tatlı su debisi sağlarlar. Bu debinin $520 \text{ m}^3/\text{s}$ ($17 \text{ km}^3/\text{yr}$) lik bölümü, $50,000 \text{ km}^2$ lik bir havzadan sadece Seyhan, Ceyhan ve Asi nehirleri aracılığı ile İskenderun Körfezi'ne ulaşmaktadır. Türkiye'nin tüm Akdeniz kıyılarından kaynaklanan tatlı su girdisi, Akdeniz'in tümüne ulaşan tatlı su girdisinin % 7'si kadardır. Besince yoksul olan doğu Akdeniz için bu sular önemli bir bölgesel kaynak oluşturmaktadır.

Akyatan, Yumurtalık ve Akyayan Lagünleri ve Göksu deltası uluslararası önem sahip 'A' sınıfı sulak alanlardır. Lagün sistemi ticari olarak avlanan balıklar için ana yumurtlama alanı olarak davranışır. Akyatan lagünü de içeren ve deniz kaplumbağaları için barınak oluşturan kumullar 1987'de Orman Bakanlığı tarafından doğal koruma alanı ilan edilmiştir. Akyatan lagünü ve Göksu RAMSAR Anlaşması'nın hedef aldığı alanlar arasına eklenmiştir. Bölge batı paleartik kuşların önemli bir toplanma alanıdır; 250 kuş türüne ve kışın sayılan 200,000 kuşa ev sahipliği yapmaktadır.

Deniz fitoplanktonlarına diyatomlar hakimdir, ancak daha az miktarda dinoflaçelatlar ile kokolitoforlar ve küçük flacelatlar gibi daha küçük şekiller de bulunur. Kopepod ve ketognatlar bülgenin zooplankton topluluklarını oluştururlar.

Bölge Hint Okyanusu'ndan Süveyş Kanalı aracılığıyla göç eden türlerin baskısı altındadır. Nekton biyokütlesinin % 40-50% sini bugünkü Indo-Pasifik kaynaklı organizmalar oluşturmaktadır. Balık ve kustaseler (özellikle karides) ve molusklar (özellikle sefalopodlar) tabanda yaşayan nektonu oluşturur. Çeşitli yumuşak ve sert zemin makrobentik türü de bulunmaktadır. Deniz memelilerinden 9 tür (yunus, balina, fok vs.) ve çeşitli deniz kaplumbağası türleri bölgede bulunmaktadır. Pelajik populasyonlarda son onyilda ötrofikasyon ve balıkçılığa bağlı değişimler gözlenmektedir.

İskenderun, Mersin ve Taşucu Körfezleri küçüklü büyükü ırmaklardan tatlı su girdisi almaları nedeniyle en üretken balıkçılık alanlarıdır. İskenderun ve Mersin Körfezleri ile Göksu nehir deltasının sıç ve geniş kıyı sahanlığı alanları trol avcılığı için uygundur. Bölgedeki balık avı 7,000 - 10,000 ton civarındadır. Son onyillarda artan ticari bazı bülgeerde balık stoklarını neredeyse tümüyle bitirmiştir. Kıyısal kaynaklı kirlenme de balıkçılık problemlerine katkıda bulunmaktadır.

3.2.2.2. İklim ve Jeneratörler

Kimyasal yapı

Bölgemizin tatlı su kaynaklarının sınırlı olması deniz ekosistemi etkileyen en önemli etkendir. Bu nedenle yüzey sularında ortaya çıkan besin azlığı Akdeniz'in dünyadaki

en oligotrofik denizlerden biri olmasına neden olmaktadır. Bu oligotrofik yapıya sahip olan Akdeniz'de üretim fosfor sınırlaması tarafından kontrol edilmektedir. N/P oranı (nitrat+amonyum)/fosfat plankton üretimini sınırlayan N/P=25 değerinden yüksektir. una karşılık, kuzeydoğu kıyı sahanlığı'nda kıyısal besin kaynakları nedeniyle besin maddeleri ve birincil üretim yüksektir. Kıyıların kıyı boyunca eşit dağılmaması sonucunda birbirinden oldukça farklı özellikler gösteren nişler bulunur.

Kıta sahanlığı ve açık deniz arasındaki etkileşim, oksijence zengin Akdeniz açık sularının İskenderun Körfezine girmesini ve yenilenmeyi sağlar. Yerel rüzgarlarla türbülanslı karışım da su kolonunun havalandırılmasını sağlar.

Petrol Kirlenmesi

Gemi taşımacılığı, kıyılara açılan petrol boru hatları ve kıyılardaki petrol üreten ülkelere ait üretim ve depolama tesisleri nedeniyle, Akdeniz dünyanın petrol kirlenmesinden önemli ölçüde etkilenen bir bölgesidir. Sularındaki poliaromatic petrol hidrokarbon (PAHs) kirliliği bu etkinliklerden kaynaklanmaktadır.

Petrol kirliliği İskenderun Körfezinde diğer yörelere göre daha fazladır. Son yıllarda Irak'tan bölgeye ulaşan bazı boru hatlarının kullanılmaması ve gemilerin kirlenmeye karşı önlemlerinin artması ile kirlenme önce azalma eğilimine girmişse de Bakü-Tiflis-Ceyhan petrol boru hattının devreye girmesi ile İskenderun Körfezi'nin artan petrol kirliliği ve kaza yayımı risklerine maruz kalması beklenebilir.

1982'de yaşanan bir kazada boru hattından yayılan 8000 ton Kerkük (Irak) petrolünün Ceyhan nehri aracılığıyla İskenderun Körfezi'ne ulaşımı ile Körfez'de ve lagünlerde petrol kontrolsüz biçimde yayılmış ve Akyatan lagününde balıkların yarısına yakınınn ölümesine neden olmuştur.

Kanalizasyon Deşarjları ve Kirlilik

Kıyı boyunca Mersin, Adana, İskenderun ve Antalya gibi büyük şehirlerin bulunması ve Mersin ve İskenderun'da difüsörlerle kıyısal sulara deşarj edilen Adana ve Antalya'da ise sırasıyla Seyhan ve Asi nehirleri ile denize ulaşan atıklar yeterince arıtım bulunmaması veya doğal koşullar ile seyrelmenin yeterli olmaması sonucunda kıyı sularında sorun yaratılmaktadır. Özellikle 28°C ye ulaşan yaz sonu deniz sıcaklıkları, atıkların bırakıldığı kıyı sahanlığının geniş ve sık olması ve kıyısal meltem rüzgarları ile kıyıya doğru hareketler, yeterli seyrelmenin oluşmamasında etken olabilir.

Çeşitli kaplumbağaların (ör. Nil kaplumbağası *Trionyx triunguis*) üreme ve barınma gereksinimini karşılayan Kazanlı bölgesi kirlenmeye oldukça duyarlıdır. Mersin şehrinin atıkları için deniz deşarjinin bu bölgede yapılmaması, buna karşılık fiziksel ortam ve tasarımın yeterliliği konusunda hiç bir incelemenin yapılmamış olması, sorunları artırabilecek ve Akdeniz kıyısal bölgesindeki nüfusları hızla artan diğer şehir merkezleri işin kötü bir örnek oluşturabilecektir.

1.3 SONUÇ RAPORU İÇERİĞİ

Atmosferik taşınım ile ilgili çalışmalar daha önceki sonuçlardan da yararlanılarak Bölüm 2 de anlatılmaktadır. Kılıkya Baseni kıyısal sisteminin klimatolojik ve

oşinografik yapısı ile dolaşımı Bölüm 3 te verilmektedir. Ekosistem yapısı ile ilgili çalışmalar ise Bölüm 4 te anlatılmaktadır.

2. ATMOSFERİK TAŞINIM

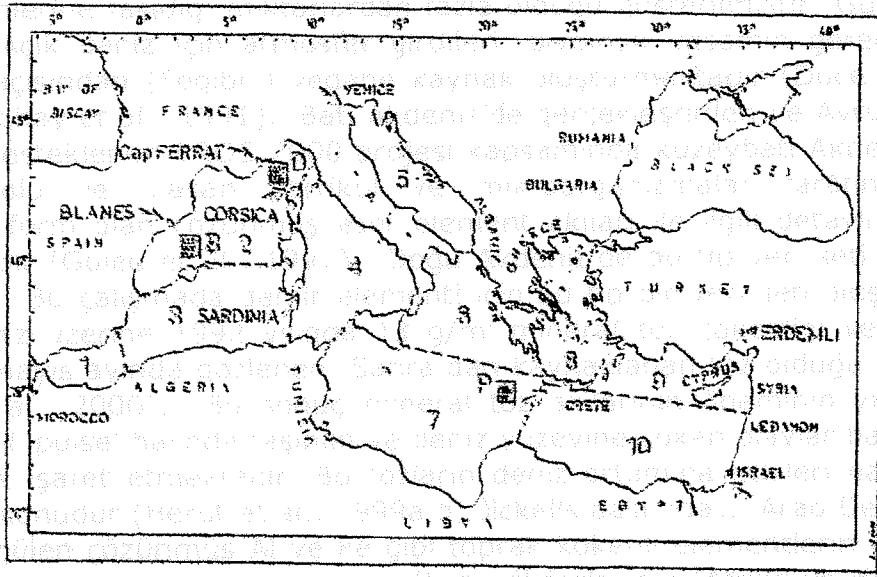
2.1 Araştırma Programının Tanımı

Atmosfer yolu ile karalardan denizlerin üzerine materyal taşınımının ve deniz yüzeyine çökelmesinin özellikle yarı kapalı deniz ortamındaki biyojeokimyasal döngüler üzerindeki öneminin anlaşılması ile ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün yürüttüğü TÜBİTAK destekli Ulusal Deniz ölçüm İzleme ve Araştırma Programı kapsamına 1990 yılı itibarı ile "Atmosferik Kirleticilerin Taşınımı ve Kaynaklarının Belirlenmesi" (DEBAG-114/G ile başlayan proje kod no'su daha sonra YDABCAG-462/G olmuştur) konu başlıklı araştırma projesi dahil edilmiş ve Enstitü'de bu alandaki çalışmalar halen sürdürülmektedir. TÜBİTAK desteği ile yürütülen bu araştırma çalışmalarının 1995 yılına kadar elde edilen sonuçlarının özet değerlendirmesi rapor olarak sunulmuştur (TÜBİTAK, 1997a). Enstitüde yürütülen atmosfer araştırmaları 1996 yılı içinde YDABCAG-462/G kod nolu proje çerçevesinde sürdürülülmüş (TÜBİTAK, 1997b) ve 1997 yılı içinde "Kilikya Baseni Kıyısal Sisteminde Atmosfer / Deniz / Kara Etkileşimleri: kaynaklar, taşınım, ekosistem dönüşümleri ve uzun süreli değişimler" (615/G) konu başlıklı disiplinler arası araştırma programının bünyesinde devam ettirilmiştir.

2.1.1 Araştırma Programının Gerekçesi ve Önemi

Eser elementlerin ve besin tuzlarının deniz ortamındaki bütçeleri hesaplanırken geleneksel olarak yalnızca nehirler vasıtası ile denizlere ulaşan miktarlar ile ilgilenilmiş ve atmosfer girdileri ihmali edilmiştir (Jickells, 1995). Son yirmi yıl içerisinde gerçekleştirilen araştırmaların sonuçları göstermiştir ki atmosferik girdilerin miktarı hem okyanuslar hem de Akdeniz gibi yarı kapalı denizler için ihmali edilemeyecek boyutlardadır (Duce et al., 1991; Guieu et al., 1991; Kubilay et al., 2000; Guerzoni et al., 1999a; Herut et al., 1999a,b). Ülkemizde son yıllarda gerçekleştirilen araştırmalar ile doğu Akdeniz aerosollerinin atmosferdeki derişimleri ve kaynak bölgeleri konusunda bir bilgi birikimi oluşmaya başlamıştır (Al-Momani et al., 1995; 1998; Güllü et al., 1996; 1998; Kubilay et al., 1994; 1997; 2000; Kubilay and Saydam, 1995; Özsoy and Saydam, *basında*). Anılan çalışmalarla, doğu Akdeniz aerosollerinin ve bu aerosollerleri içeren yağışların deniz tuzu, Sahra çölünden uzun menzilli taşınımı bölgeye ulaşan mineral tozu, lokal toprak ve lokal antropojenik komponentlerin karışımından ibaret olduğu belirlenmiştir. Ancak oluşan bilgi birikimi, iyi bir başlangıç olmakla birlikte henüz dünyada bu alanda yapılan araştırmaların seviyesine ulaşılamamıştır. Atmosfer vasıtası ile kıyısal denizlere ulaşan oligo elementler (Fe gibi) ve besin tuzlarının miktarlarının belirlenmesi önem arzettmektedir. Buna ek olarak, bu girdilerin denizlerdeki biyojeokimyasal döngüler üzerindeki olası etkilerinin anlaşılması da gelecekte denizsel kaynaklardan faydalananabilmesine yönelik yönetim çalışmaları için önemlidir. Atmosferik girdilerin doğu Akdeniz ekosistemi üzerindeki olası etkilerinin, bölgeye nehirler vasıtası ile girdilerin çok az olması dolayısı ile önemli olduğuna dikkat çekilmiştir ve bu yöndeki araştırmaların devam ettirilmesinin gereği vurgulanmıştır (Guerzoni et al., 1999a). Erdemli istasyonunda toplanan veriler, Akdeniz baseninde benzer diğer istasyonlarda toplanan veriler ile karşılaştırılmış ve doğu Akdeniz bölgesinin aerosollerini tanımlamak ve batı Akdeniz aerosollerleri ile karşılaşmak amacıyla literatüre geçmiştir (Chester et al., 1996; Guerzoni et al., 1999a). Şekil 2.1.1-1'de Akdeniz kıyısında, adalarında gerçekleştirilen ve Erdemli'de halen yürütülmekte olan atmosfer çalışmasının benzerinin yürütüldüğü diğer istasyonlar gösterilmiştir. Şekilde görüleceği üzere Akdeniz on ayrı basene

ayrlımıştir. Erdemli istasyonunda toplanan atmosfer verilerinin denizsel etki alanı dokuz (9) numara ile belirlenmiş olan "Kilikya Baseni" dir.



Şekil 2.1.1-1. Akdeniz bölgesindeki uzun dönemli atmosfer verilerinin toplandığı istasyonlar (oklar istasyon isimlerini göstermektedir). (Guerzoni et al., 1999a)

Bu istasyonlardan toplanan aerosol örneklerindeki metal derişimleri ve toprağa göre hesaplanmış zenginleşme faktörleri (EF_{crust}) karşılaştırımlı olarak Tablo 2.1.1-1'de verilmiştir. Erdemli'de toplanan örneklerin metal derişimlerinin batı Akdenizdeki benzer istasyonlarda toplanan örneklerdeki metal derişimlerinden toprak kökenli elementlerce (Al ve Fe gibi) daha zengin olmasına rağmen antropojenik emisyonlarla atmosfere atılan element (Pb ve Cd) derişimlerince daha düşük olduğu gösterilmiştir (Kubilay, 1996).

Tablo 2.1.1-1. Akdeniz bölgesindeki istasyonlarda (bkz. Şekil 2.1.1-1) toplanan aerosol örneklerindeki metal derişimleri (ng m^{-3}) ve toprağa göre zenginleşme katsayıları (EF_{crust}).

ELEMENT	İspanya ¹		Korsika ²		Sardunya ³		Erdemli ⁴		Cap Ferrat ⁵	
	Der.	EF_{crust}	Der.	EF_{crust}	Der.	EF_{crust}	Der.	EF_{crust}	Der.	EF_{crust}
Al	398	1	168	1	480	1	680	1	370	1
Fe	316	1.3	144	1.25	278	0.85	685	1.5	320	1.3
Mn	10	2.2	4.3	2.7	7.4	1.3	12.6	1.6	11	262
Cr	1.8	3.4	-	-	0.51	0.89	10.8	13	2.5	5.6
Cu	7.9	29	2.1	18	-	-	-	-	6.2	24
Zn	50	148	19	133	21	52	19	33	41	130
Pb	50	837	16	635	14	194	30	294	58	1045
Cd	0.60	628	0.66	1633	0.30	260	0.19	116	0.60	676

⁽¹⁾Chester et al. (1993); ⁽²⁾ Bergametti et al. (1989); ⁽³⁾ Keyse (1995), Guerzoni et al. (1996); ⁽⁴⁾ Kubilay and Saydam (1995); ⁽⁵⁾ Chester et al. (1990).

Batı Akdeniz'in yüzey sularına atmosferden çökelen mineral toz akısı yılda $3-12 \text{ g/m}^2$ olarak verilirken bu değerin doğu Akdeniz için çok daha yüksek olduğu bulunmuştur ($20-50 \text{ g/m}^2$). Herne kadar bu akıların hesaplanmasında önemli

belirsizlikler olsada deniz ortamına çöken bu tozların kısmi çözünmesi ile ortama eklenen element miktarlarının (Al, Pb, Mn ve Fe gibi) Rhone ve Po nehirlerinin kuzey-batı Akdeniz (Şekil 2.1.1-1 2'nci bölge) ve Adriyatik (Şekil 2.1.1-1 5'nci bölge) basenlerine taşıdığı miktarlardan fazla olduğu gösterilmiştir (Guerzon et al., 1999a,b). Açık deniz için atmosfer girdileri, biyolojik yaşamın gereği olan oligo elementler açısından (Fe gibi) yegane kaynak oluşturmaktadır (Duce and Tindale, 1991; Donaghay et al., 1991). Batı Akdeniz'de gerçekleştirilen ve Avrupa topluluğu tarafından desteklenen EROS 2000 projesi kapsamında kuzeybatı Akdeniz basenine atmosfer yolu ile ulaşan partikül ve mikroorganizmalar tarafından asimile edilebilecek form olan çözünmüş eser element akıları ile ilgili detaylı bir veri seti bulunmaktadır (Guieu et al., 1997). Doğu Akdeniz'de bu tip veri seti yok denecek kadar azdır. Bu çalışmada demir elementi için bu tip bir veri seti oluşturulmuştur. Doğu Akdeniz üzerinde 1992 yılında 13 g/m^2 mineral toz çökeldiği ve bu miktarın %30'unun Mayıs ayında gözlenen Sahra dan kaynaklanan toz olduğu gösterilmiştir (Kubilay et al., 2000). Bu sonuç mineral toz akılarının önemini yıllık ortalama bazında değil 'pulse' halinde taşınan ve deniz yüzeyine çöken olaylar bazında önemli olabileceği işaret etmektedir. Bu tozların deniz ortamına etkileri halen üzerinde çalışılan bir konudur (Herut et al., 1999a,b; Jickells basımda). Arap Denizinin yüzey sularında ölçülen çözünmüş Al ve Fe gibi toprak kökenli elementlerin derişimlerinin atmosferle taşınan ve deniz yüzeyine çöken çöl tozlarının (Afrika ve Hindistan'daki çöl bölgelerinden) deniz suyunda kısmi çözülmesi ile arttığı gösterilmiştir. Bugüne kadar denizsel ortamdaki mikroorganizmaların üremesinin Fe ile sınırlanması yalnızca karalardan uzak okyanuslar için bahis konusu iken Arap Denizi gibi oksijenli (demir elementinin termodinamik olarak oksijenli sularda çözünürlüğünün çok düşük olması dolayısı ile) ve karaya yakın sularda nitrat ve fosfat gibi besin tuzlarının yanısıra Fe elementi ile de sınırlı olabileceği belirtilmiştir (Measures and Vink, 1999).

Doğal ya da antropojenik yerel kaynaklardan atmosfere atılan kirleticiler atmosferik yollarla kaynak bölgelerinin dışına taşınarak bölgesel, hatta küresel ölçekte problemler yaratabilmektedir. Çernobil'de 1986 yılında meydana gelen nükleer kazada atmosfere yayılan radyoaktif serpenti çok geniş bir alanı etkisi altına almıştır. Arktik Bölgenin özellikle bahar ve kış aylarında Avrupa-Asya kitasından kaynaklanan atmosferik kirleticilerin etkisi altında olduğu bildirilmektedir (Heintzenberg et al., 1991). Uzun menzilli atmosferik taşınıma verilebilecek bir diğer örnek asit yağmurlarıdır. İngiltere ve Almanya gibi sanayileşmiş ülkelerden yükselen SO_2 plumbaları sınırları aşarak İskandinav ülkelerine ulaşmış ve asit yağmurları şeklinde çökelerek bu ülkelerdeki ormanların tahrip olmasına yol açmıştır. Uzun menzilli atmosferik taşınımla bölgeye ulaşan çöl tozu (mineral toz), yüksek CaCO_3 içeriği (%5-30) nedeni ile asit yağmurlarını nötrleştirici bir etkiye sahip olması dolayısı ile Akdeniz bölgesinde asit yağmurları oluşmamaktadır (Loeve-Pilot et al., 1986; Mamane et al., 1987; Losno et al., 1991). Erdemli istasyonunda gerçekleştirilen bu çalışmanın hedeflerinden biriside yağmur sularının asitliği ve Sahra tozlarının yağmur sularının asitliğine ($\text{pH}'sına etkisi) etkisi, çözünmüş demir ve besin tuzlarının tayini ve deniz ortamına akılarının hesaplanması amacını gütmektedir.$

Doğal ya da antropojenik emisyonlarla atmosfere atılan ve mikrondan daha küçük boyutlardaki ($0.1\text{-}1.0 \mu\text{m}$) sülfat aerosollerleri, güneş ışınlarını saçma özelliği ile iklim üzerinde doğrudan bir soğutma etkisi yaratırken aynı zamanda bulut yoğunlaşan çekirdeği (CCN) gibi davranışarak bulut albedosunu değiştirmekte ve dolaylı yoldan ek bir soğutma etkisi yaratmaktadır (Charlson et al., 1987; 1990; 1991; 1992). Bu soğutma etkisinin, CO_2 ve diğer sera gazlarının atmosferdeki derişimlerinin yükselmesinden kaynaklanan global ısınmayı dengeleyecek büyülüklükte olduğu ileri

sürülmektedir (Schwartz, 1996). Sulfat aerosoller, genel olarak SO_2 'nin sulfürik asite oksitlenmesi ve daha sonra amonyak tarafından çeşitli derecelerde nötralizasyona uğraması sonucunda meydana gelir. Bunun dışında atmosferik sulfatın küçük bir kesimi, sulfürik asit üretiminden ve gypsum (CaSO_4) gibi sulfat minerallerini hammadde olarak kullanan endüstrilerden birencil kirletici şeklinde de kaynaklanabilmektedir. En iyi bilinen antropojenik SO_x kaynakları; enerji üretimi ve endüstriyel üretim süreçleri (cevher işleme, sulfürik asit, gübre, plastik, boyalar, çila, vs. üretimi) sırasında yakılan fosil yakıtlar ile, motorlu taşıt araçlarından kaynaklanan emisyonlardır. Doğal sulfür kaynakları arasında ise okyanuslardan ve karalardan (sulak alanlardan, toprak ve bitkilerden) kaynaklanan biyojenik sulfür gazları, deniz-tuzu partikülleri, volkanik emisyonlar, biyomass yakımı ile toprak erozyonu sonucunda atmosfere taşınan mineral toz partikülleri sayılabilir. İklimsel etkisi nedeni ile atmosferdeki derişimleri önem kazanan sulfat aerosoller ve bu aerosollerin kaynaklarının belirlenmesi de bu araştırma programının kapsamına alınmıştır.

2.1.2 Araştırma Programının Kapsamı ve Amacı

Burada sonuçları sunulan araştırma programının amacıyla yönelik olarak 1996, 1997 ve 1998 yıllarında aerosol ve yağmur örnekleri toplanmıştır. Daha önce Enstitü'de yürütülen araştırma sonuçları göstermiştir ki Doğu Akdeniz bölgесine uzun menzilli taşınım için en önemli potensiyel bölge Sahra çölü ve taşınan materal ise mineral tozdur. Dolayısı ile bu taşınımın detaylı bir şekilde incelenmesi ve taşınım tahmini yapabilecek bir numerik modelin gerçek zamanlı işletilmesi ve bulgu model karşılaştırması yaparak modelin güvenirliliğinin test edilmesi amaçlanmıştır. Deniz ortamındaki biyolojik aktivite için sınırlayıcı rol oynayan besin tuzları ve demir elementinin atmosferden denize ulaşan akılarının hesaplanması amacı ile yağmur sularında fosfat, nitrat ve çözünmüş demir ölçümleri kapsama dahil edilmiştir. Yine daha önceki çalışmaların sonucunda gösterilen yüksek sulfat derişimlerine biyojenik emisyonların katkısını görmek amacıyla denizsel biyojenik organik sulfatın önsürücüsü olan methan sulfonik asit (MSA) ölçümleri gerçekleştirılmıştır. Yağmur sularının asitlik değişimi ve Sahra çölünden taşınan karbonatça zengin mineral tozun yağmur sularının asiditesine etkisi araştırılmıştır.

2.2 Çalışma Programları

1990 yılında Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde TÜBİTAK desteği ile başlatılmış olan atmosfer çalışmalarının bu rapor kapsamı içerisindeki çalışma programı kısaca şu şekilde özetlenebilir. Enstitütü tarafından yürütülmüş olan projenin önceki saflarlarında elde edilen sonuçları işliğinde (Kubilay and Saydam, 1995; Kubilay et al., 1994; 1997; Kubilay et al., 2000) eksik kalan kısımların giderilmesi ve elde edilen sonuçların işaret ettiği yeni konuların araştırmasına yönelik çalışma programı hedeflenmiştir. Bu amaçla yağmur ve aerosol örneklerinin toplanması ve yağmur örneklerinde pH, çözünmüş ve partikül demir ve alimunyum, nitrat ve fosfat analizlerinin gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Toplanan aerosol örneklerinde mineral tozun işaretleyici elementi olan Al analizlerinin gerçekleştirilmesi ve bu sonuçların meteoroloji verileri işliğinde incelenerek bölgeye Sahra çölünden toz taşınmasının detaylı olarak gösterilmesi hedeflenmiştir. Bu hedefin gerçekleştirilmesi amacıyla Enstitü'de Sahra çölünden Akdeniz bölgесine mineral toz taşınımını simule edecek bir numerik model çalıştırılması ve sonuçların arşivlenerek bulgu-model karşılaştırması da çalışma programının içerisinde dahil edilmiştir. Ayrıca atmosfer çalışmalarında bölgeye potensiyel kaynakların belirlenmesi için kullanılan hava kütlelerinin geri yörüngelerinin hesaplanabilmesi amacıyla İngiltere'de bulunan European Center

Medium Range Weather Forecast (ECMWF) merkezinin veri seti ve modeline ulaşabilmek için Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile irtibata geçip hava yörüngelerinin internet aracılığı ile Erdemli'den temin edilmesi sağlanacaktır. Yine Enstitü'de gerçekleştirilen daha önceki çalışmaların sonucunda Erdemli istasyonunda toplanan aerosol örneklerindeki sülfat değerlerinin çok yüksek olduğu gösterilmiştir. Doğu Akdeniz atmosferindeki yüksek sülfat derişimlerinin doğal yoksa antropojenik emisyonlardan mı kaynaklandığı açıklanamamıştır. Atmosferdeki doğal sülfat emisyonlarının önsürucusu olan methan sulfonik asit (MSA) ölçümü gerçekleştirilecek bu konuya daha detaylı araştırmak burada sonuçları verilen araştırmanın çalışma programına dahil edilmiştir.

2.2.1 Çalışma Alanları

örnekleme istasyonu, Türkiye'nin güneydoğu Akdeniz kıyısındadır ($36^{\circ}33'54''$ N- $34^{\circ}15'18''$ E). En yakın şehir merkezleri, istasyonun sırası ile 7 ve 45km doğusunda yer alan Erdemli kasabası ile endüstrileşmiş Mersin kentidir. İstasyon, herhangi bir yerel nokta veya alansal kirletici kaynağın doğrudan etkisi altında olmaması bakımından uzun mesafeli atmosferik taşınınım değerlendirilebilmesi için standartlara uygun örneklemenin yapılabileceği ideal bir noktada yer almaktadır. İstasyona en yakın çevrede tarımsal ve turistik faaliyetler söz konusudur. Petrol rafinerisi, krom sanayii, termal elektrik santrali ile gübre fabrikası, örnekleme istasyonunun 60 km doğusunda faaliyetlerini sürdürürken, yaklaşık 40 km kadar batıda SEKA'ya ait bir fabrika ambalaj kağıdı ile kağıt hamuru üretmektedir. Erdemli istasyonundan elde edilen atmofer akılarının Şekil 2.1.1-1. 'de gösterilen 9 no'lu bölgeyi (Kilikya Basenini) etkilediği varsayılmaktadır.

Aerosol Filtre örnekleri, ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü Limanının mendireğine 1990 yılında inşa edilen 22 m yüksekliğindeki kuleden toplanmıştır. Kulede aerosol örnekleri için bir adet standart yüksek emiş güçlü hava pompası ile bir adet yaş/kuru çökelme örnekleyicisi bulunmaktadır. Şubat 1996-Haziran 1997 tarihleri arasında yağan yağmur suları, ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün mendireğinde bulunan Yaş/Kuru Çökelme örnekleyicisi ile toplanmıştır. Ayrıca bu rapor kapsamında sonuçları tartışılanacak olan 400 e yakın aerosol örnekleri 1996, 1997 ve 1998 yılları içinde toplanmıştır. Aerosol örneklerinin günlük olarak toplanması planlanmış fakat kötü hava koşulları, örnekleme cihazındaki teknik problemler veya örneklemeyi yapacak teknik personel eksikliği dolayısı ile günlük örnekleme gerçekleştirilememiş olmakla birlikte üretilen veri seti mevsimsel değişimi gösterecek niteliktedir.

2.2.2 Ölçülen Parametreler

Şubat 1996 - Haziran 1997 döneminde ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü Erdemli yerleşkesinden toplanan yağmur suyu örneklerinde pH, iletkenlik, spektrofotometrik çözünmüş demir [Fe(II) ile Fe(III)], AAS ile Toplam çözünmüş demir [AAS.Fe_{Ts}] ve partikül demir [Fe_{par}] analizlerine ek olarak partikül alüminyum [Al_{par}] ölçümleri yapılmış, toplam 87 adet yağmur suyu örneğine ait aritmetik ortalamalar, geometrik ortalamalar, hacim ağırlıklı ortalama derişimler ile minimum ve maksimum değerler Tablo .1.2.2-1'de sunulmuştur.

Örneklerin toplanması ve analizleri ile ilgili detaylı bilgiler Özsoy (1999) da verilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda yağış şiddeti ile derişimler arasında ters ilişki olduğu, yağışın başlangıç devresinde derişimlerin azaldığı, son devresinde ise arttığı ortaya konmuştur (Özsoy, 1999). Bu nedenlerle ve elde edilen sonuçları diğer çalışmalarдан elde edilen sonuçlarla kıyaslayabilmek için ölçülen

parametrelerin hacim ağırlıklı ortalamaları da (VWM) hesaplanarak Tablo 2.2.2-1'e dahil edilmiştir.

Tablo 2.2.2-1.. Şubat 1996-Haziran 1997 döneminde Erdemli istasyonundan toplanan yağmur suyu örneklerinde ölçülen parametrelere ait Aritmetik, Geometrik, ve hacim ağırlıklı ortalamalar (VWM) ile ölçülen minimum ve maksimum derişimler. örnek sayısı parantez içinde verilmiştir ve tüm derişimler nmol/L cinsindendir.

Parametre	Arit. Ort.	Geo. ort.	VWM	Min.-Max.
pH (87)	5.6±0.9	5.5	4.95	3.5-7.6
İletkenlik, μS (41)	74.6±79.6	51.4		12.9-391.0
Fe(II) (83)	110.2±108.6	62.1	53.8	10.0-422.0
Fe(III) (83)	28.3±78.9	8.0	14.3	0.0-664.0
Fe(II+III) (84)	141.4±150.4	84.2	68.8	10.0-994.0
AAS.Fe _{Ts} (77)	1469±3650	350.5	1029	28-26609
Fe _{par} (83)	22600±68610	2497	16315	72-533995
Toplam Fe (80)	24313±69830	3989	17334	120-534000
Al _{par} (84)	88766±247520	15277	56308	370-184303
				2

Tablodan görüleceği gibi, ölçülen tüm parametrelerin standart sapmaları çok yüksektir. Min. ve Max. değerlerin oluşturduğu geniş değişim aralığı, meteorolojik koşullarda, atmosferdeki fiziksel ve kimyasal dönüşüm süreçlerinde, hava kütelerinin taşınım modellerinde ve kaynak emisyonlarında meydana gelen büyük değişkenliğin bir ölçüde göstergesi olarak kabul edilebilir.

Yağmur örneklerinde metallerin yanı sıra besin tuzu (fosfat ve nitrat) analizleri gerçekleştirılmıştır. Aerosol örneklerinde Al elementi analizleri yapılmış ayrıca 1996 yılına ait aerosol örneklerinde methan sulfonik asit (MSA) ölçülmüştür.

2.2.3 Modelleme

Bu çalışmada, Nickovic (1996) tarafından geliştirilen sınırlı alan toz taşınım modeli kullanılmıştır. Bu model, temel olarak orta-ölçek hava olaylarını simüle ve/veya tahmin etmek amacıyla geliştirilen ETA step-mountain atmosferik modelin (Mesinger et al., 1988) biraz daha gelişmiş şeklidir. Toz taşınımının simülasyonu amaçlandığı için orijinal ETA modeline toz derişim eşitliği ilave edilmiştir. Model atmosferik toz taşınımının temel tüm özelliklerini simüle eder. Model integrasyonu sırasında toz, model atmosferi ile çeşitli mekanizmalar eşliğinde etkileşimde bulunur. Mineral tozun yerden havalandması, çöl toprağının durumu ve çöl yüzeyinin hemen üzerindeki turbulent koşullar dikkate alınarak parametreleştirilir. Çöl yüzeyinden kalkarak atmosfere karışan toz, ETA modelinin turbulent karışım ve dikey advection mekanizmaları ile atmosferin daha üst tabakalarına aktarılır ve modelin yatay advection düzeni içinde çok uzun mesafelere kadar taşınır. Toz, atmosferde izlediği yol boyunca temel olarak iki farklı mekanizma ile yeryüzeyine çökelebilir. Bu mekanizmalar:

1. Yerçekiminin etkisi ile olan kuru çökelme
2. Yaş çökelme

mekanizmalarıdır. Yağ çökelme süreci ile tozun atmosferden uzaklaştırılması esnasında, toz derişimini, model ile simüle edilen yağış miktarı kontrol eder. Toz simülasyonunun çoğu bileşeni, Akdeniz bölgesinde sıklıkla gözlenen orta-ölçek siklonik geçişler, firtinalar ve konvektif firtinalar gibi daha küçük ölçekte gerçekleşen atmosferik süreçlere kuvvetle bağlıdır. Atmosferik toz çevrimini doğru bir şekilde simüle edebilmek için çalışan bölge yaklaşık 60 km^2 lik kutulara bölünmüştür, dikey yönde ise 17 model seviyesi kullanılmıştır. Toz kaynak noktaları ise çöllerin coğrafik dağılımına göre belirlenmiştir (Wilson and Henderson-Sellers, 1984). ETA modeli her 24 saatte bir ECMWF'den elde edilen meteorolojik verilerle initialize edilmekte, 3-boyutlu derişim alanı için, birinci gün model run'ından elde edilen değerler, bir sonraki günün model integrasyonunda initial koşul olarak kullanılmaktadır.

Model sonuçları batı ve doğu Akdeniz'de gerçekleştirilen ölçüm değerleri ve uydu gözlemleri ile karşılaştırılmış ve modelin gerçek durumu oldukça iyi simül ettiği gösterilmiştir (Nickovic and Dobricic, 1996; Kubilay et al., 2000).

2.2.4 Hava Kütlelerinin 3-Günlük 3-Boyutlu Geri Yörüngeleri

Atmosferik ölçümleri yorumlayabilmek için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri, hava kütlelerinin belirli bir dönem içindeki geri yörüngelerini modellemektir. Yer seviyesinde örneklenen aerosollerin içerdeki kimyasal bileşenlerin uzun-dönemli taşınımını değerlendirebilmek ve o bölgeye has ortalama hava akım yönünü karakterize edebilmek için hava kütlelerinin üç günlük geri yörüngeleri (Back Trajectory) 3 boyutlu (3-D) olarak hesaplanır (Katsoulis and Whelpdale; 1993; Dayan, 1986; Martin et al., 1987; 1990a; Kubilay and Saydam, 1995; Kubilay et al., 2000). örnekleminin yapıldığı noktaya 900-, 850- 700- ve 500- hPa barometrik basınç seviyelerinde ulaşan hava kütlelerinin üç boyutlu ve üç günlük geri yörüngeleri, her örnekleme günü için 12 UT'de sona ermek üzere hesaplanmıştır. Bunun için İngiltere, Reading'de bulunan ECMWF'in kullanıcıya açık, Global Weather Experiment Analysis arşivlerinden elde edilen rüzgar alanlarını kullanan bir model çalıştırılmıştır. Trajectory modelinin bilgisayar kodu, Mc Grath (1989) tarafından tanımlanmış olup modelin bazı yönleri, Fransa'da Martin et al., (1987; 1990a) tarafından bağımsız olarak geliştirilen metoda benzemektedir.

Elde edilen ölçüm sonuçları, örnekleme istasyonuna ulaşan hava kütlelerinin geri yörüngeleri ile karşılaştırıldığında, Kuzey Afrika ve Orta Doğu'daki çöllerden kaynaklanan mineral toz partiküllerinin, bölgeye, daha ziyade geçiş mevsimlerinde taşıdığını ortaya koymaktadır. Hava kütlelerinin dikey yöndeki hareketi ise üç boyutlu geri yörünge hesaplamlarına sinoptik dikey rüzgar bileşeninin katılması ile elde edilmiştir. Dikey yöndeki taşınım, cephesel taşınım olarak tanımlanmakta ve birbirinden farklı barometrik seviyeler için dikey yöndeki hareketlerin karşılaştırılması ile belirlenmektedir.

2.3 Bilimsel Bulgular

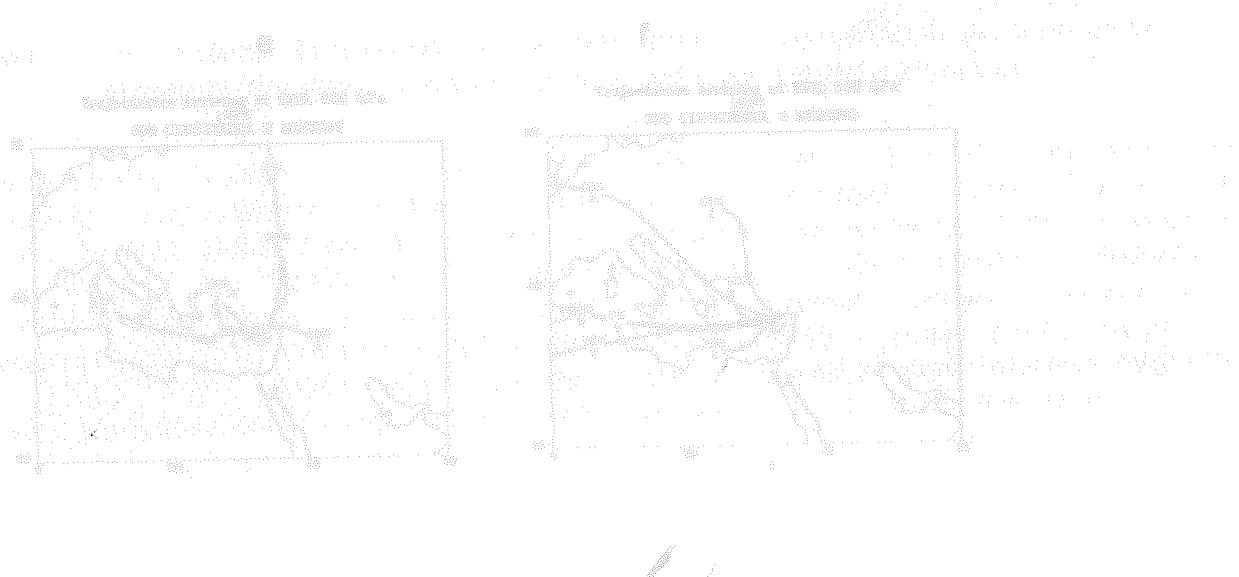
2.3.1 Kılıkya Basen Ortalama Hava Akım İstatistiği

Erdemli örnekleme istasyonuna 1996, 1997 ve 1998 yılları arasında 900 (990 m), 850 (1460 m), 700 (3000 m) ve 500 (5560 m) hPa basınç seviyelerinde ulaşan hava kütlelerinin 3 günlük geri yörüngeleri Bölüm 2.2.4'te verildiği şekilde hesaplanmıştır. Kubilay (1996) tarafından Ağustos 1991-Aralık 1992 arasında toplam 513 adet günlük hava kütleleri geri yörüngeleri hesaplanmış ve dört farklı

barometrik seviye için hava kütleslerinin sektörel frekansları bulunmuştur. Hava kütlesi son üç günlük taşınımı sırasında zamanının en büyük bölümünü daha önce tanımlanan sektörlerden hangisinde geçirmişse o sektörle dahil edilmiş ve o sektörün frekansı toplam 513 yörüğenin yüzdesi şeklinde ifade edilmiştir. Bu yöntem her güne ait hava kütlesi yörüğesinin tek tek incelenerek bir gruba dahil edilmesini gerektirdiği için oldukça zaman alıcı ve subjektif bir yöntemdir. Aşağıda daha objektif bir metod olan 'cluster analysis' metodu ile hesaplanmış hava akım istatistiğinin sonuçları verilmiştir.

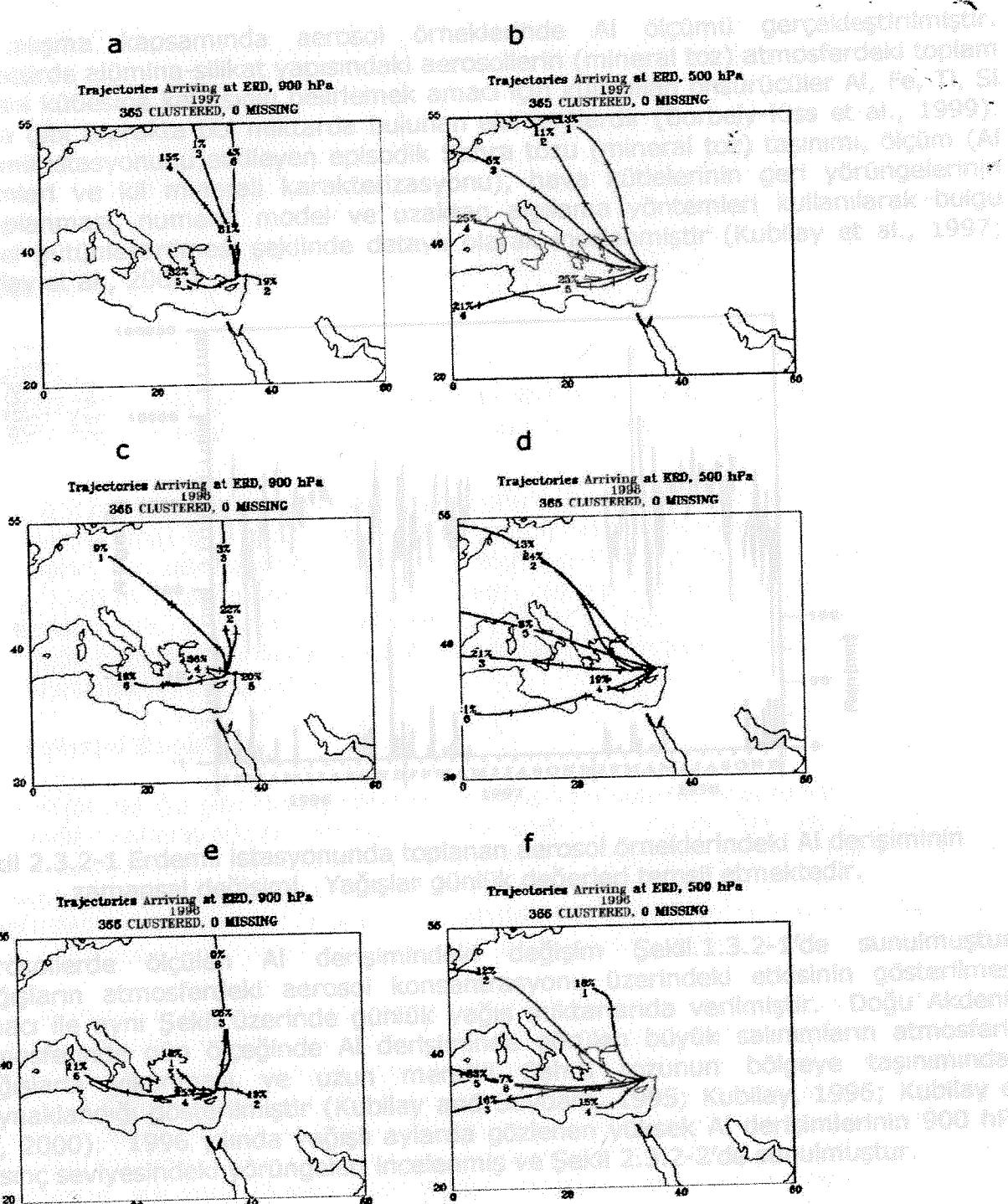
Atmosferin dört ayrı seviyesi için hesaplanmış olan geri yörüngelerin istatistiksel analizi için sadece 900 hPa (sınır tabakası "boundary layer") ve 500 hPa (serbest troposfer) seviyeleri kullanılmıştır. Belirli bir bölgeyi etkisi altına alan hava kütleslerinin kaynaklarını belirlemek amacıyla geri yörüngelerin istatistiksel yöntemle (cluster analysis) veya görsel olarak yörüngelerin sınıflandırılması yapılmaktır ve hava akım yönlerinin sektörel frekansları bulunabilmektedir (Dayan, 1986; Miller, 1981a,b; Miller and Harris, 1985; Katsoulis and Whelpdale, 1993; Harris and Kahl, 1990; 1994; Harris, 1992; Sancho et al., 1992). Cluster analizi birbirine benzeyen hava akım yörüngelerini bir grupta toplamakta ve o gruba ait ortalama hava akım yönünü göstermektedir. Bu analizde bölgenin hava akım yönleri genel olarak altı ayrı gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar ve grupların yıl bazında sikliği yüzde biçiminde Şekil 2.3.1-1.'de sunulmuştur.

Erdemli istasyonuna uzun menzilli materyal taşıma kapasitesine sahip hava kütlesleri atmosferin üst seviyesinde (500 hPa) hareket etmektedirler. Bunlar kuzeybatı ve güney-güneybatı yönleridir. Atmosferin sınır tabakasında (900 hPa) hava kütleslerinin kaynak olup yıllar arası değişim çok azdır.



Şekil 2.3.1-1 Erdemli İstasyonuna ulaşan hava akımlarının yıl bazında dağılımı
aşağıda: 1986 (a,b); 1987 (c,d); 1988 (e,f)

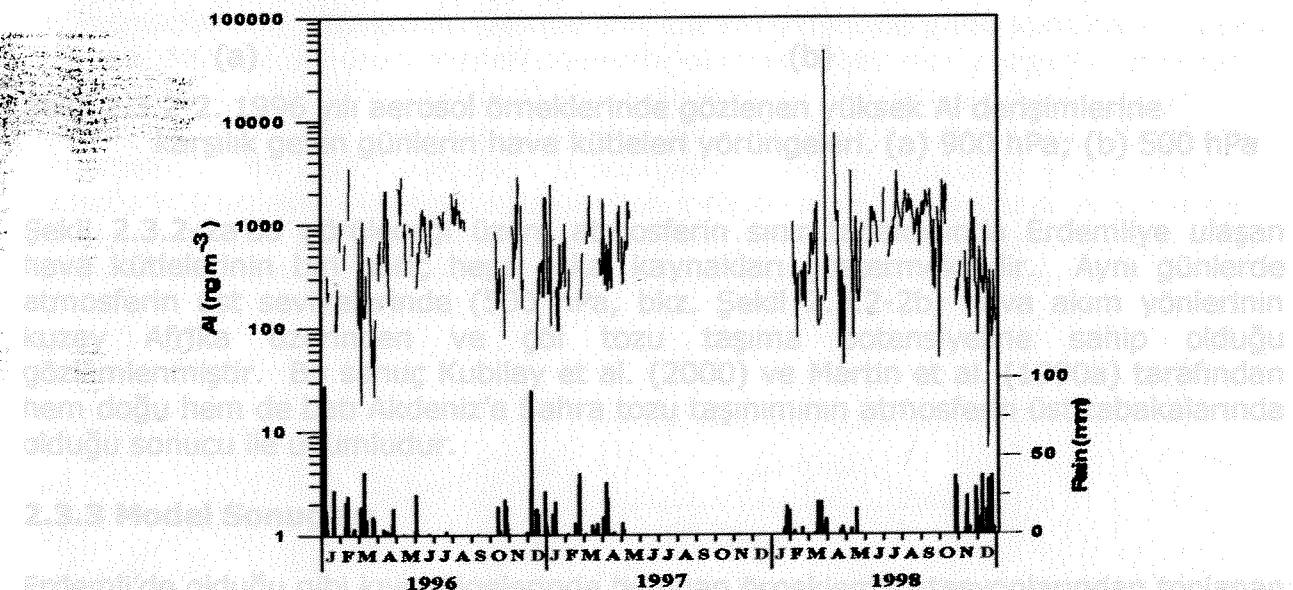
2.3.1.1 Aeraumda Hava Kütleleri Atışının ve Kışın Hava Kütleleri



Şekil 2.3.1-1 Erdemli istasyonuna ulaşan hava kütlelerinin yıl bazında sektörel dağılımı. 1996 (a,b); 1997 (c,d); 1998 (e,f)

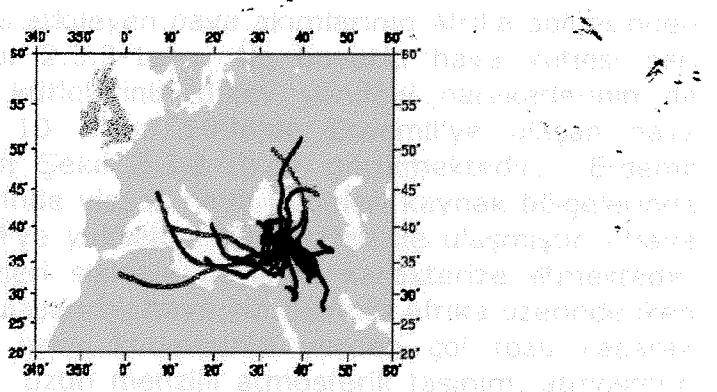
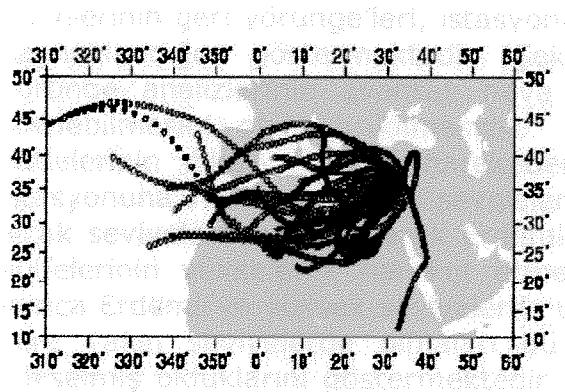
2.3.2 Aerosollerde ölçülen Al Sonuçları ve Kaynak Bölgeleri

Bu çalışma kapsamında aerosol örneklerinde Al ölçümü gerçekleştirilmiştir. Literatürde alümina-silikat yapısındaki aerosollerin (mineral toz) atmosferdeki toplam aerosol kütlesine katkısının belirlemek amacıyla kullanılan önsürüler Al, Fe, Ti, Si ve Ca gibi toprakta bol miktarda bulunan elementlerdir (Borbely-Kiss et al., 1999). Erdemli istasyonunu etkileyen episodik Sahra tozu (mineral toz) taşınımı, ölçüm (Al ölçümü ve kil minerali karakterizasyonu), hava kütlelerinin geri yörüngelerinin hesaplanması, numerik model ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak bulgu model bütünlendirilmesi şeklinde detaylı olarak incelenmiştir (Kubilay et al., 1997; Kubilay et al., 2000).



Şekil 2.3.2-1 Erdemli istasyonunda toplanan aerosol örneklerindeki Al derişiminin zamansal değişimi. Yağışlar günlük değerleri temsil etmektedir.

Aerosollerde ölçülen Al derişimindeki değişim Şekil 1.3.2-1'de sunulmuştur. Yağışların atmosferdeki aerosol konsantrasyonu üzerindeki etkisinin gösterilmesi amacı ile aynı şekilde yağış miktarlarında verilmiştir. Doğu Akdeniz atmosferinde gün ölçüünde Al derişiminde görülen büyük salınımların atmosferin yağışlarla yılanması ve uzun menzilli Sahra tozunun bölgeye taşınımından kaynaklandığı gösterilmiştir (Kubilay and Saydam, 1995; Kubilay, 1996; Kubilay et al., 2000). 1996 yılında yağışlı aylarda gözlenen yüksek Al derişimlerinin 900 hPa basınç seviyesindeki yörüngeleri incelenmiş ve Şekil 2.3.2-2'de sunulmuştur.



Şekil 2.3.2-2. 1996 yılı aerosol örneklerinde gözlenen yüksek Al derişimlerine
karşılık gelen günlerin hava kütlesi yörüngeleri. (a) 900 hPa; (b) 500 hPa

Şekil 2.3.2-2a'da görüleceği üzere atmosferin sınır tabakasında Erdemliye ulaşan hava kütlelerinin biri hariç hepsi lokal kaynakları göstermektedir. Aynı günlerde atmosferin üst seviyelerinde (500 hPa, bkz. Şekil 2.3.2-2b) hava akım yönlerinin kuzey Afrika üzerinden ve göl tozu taşıma potensiyeline sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuç Kubilay et al. (2000) ve Martin et al. (1990a) tarafından hem doğu hem de batı Akdeniz'e Sahra tozu taşınımının atmosferin üst tabakalarında olduğu sonucu ile uyumludur.

2.3.3 Model Sonuçları

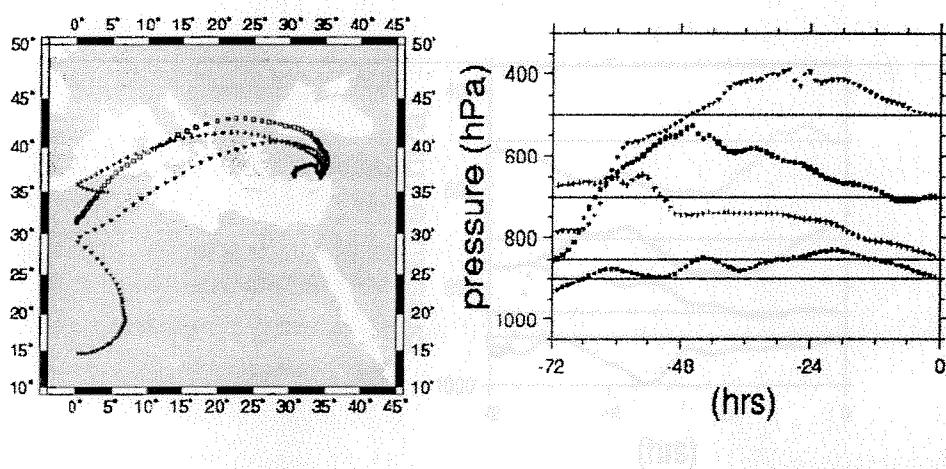
Erdemli'de olduğu gibi kıyı bölgelerinde bulunan örnekleme istasyonlarından toplanan numuneler sadece tek bir noktayı temsil ettiği için sonuçların tüm basen ölçüğine yayılması hatalıdır. Bu nedenle atmosfer yolu ile denizler üzerine taşınan ve deniz yüzeyine çöken materyalin (uzun menzilli taşınan çöl tozu veya atmosferik kirleticilerin) bölgesel etki alanlarının belirlenmesi amacı ile numerik modelleme ve uydú gözlemleri kullanılmaktadır (Nickovic and Dobricic, 1996; Kubilay et al., 2000).

Kilikya basenine sinoptik ölçekli atmosfer hareketleri ile taşınan Sahra çölü tozlarının denizsel etkilerini araştırmak amacı kapsamında, bu taşınimının modelleme ve uydú gözlemleri ile gerçek zamanlı izlenmesi ve model yardımcı ile çöl tozu taşınimının tahmin edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla "NMC step mountain ETA coordinate model" kullanılarak her iki günde bir elde edilen atmosferik koşullar ve toz taşınimı hesaplanmaktadır. Bu sonuçlarla toz taşınimına yol açan atmosferik koşulların karekterize edilmesi (kavramsal model oluşturulması) ve gözlemler sonuçlarla karşılaştırılması sağlanacak ve bu yolla modelin geliştirilmesi ve bölgeye uyarlanması da gerçekleşmiş olacaktır. Bu sayısal atmosferik modelde, gerekli parametrizasyon ve toprak kaynaklarında dikkate alınarak, Sahra'dan tozun kalkması ve atmosferik taşınim tahminleride elde edilmektedir. Model için gereken atmosferik başlangıç koşullarının bir kısmı internet aracılığı ile Amerika'daki Ulusal Meteoroloji Merkezinden (NMC, National Meteorological Center) global analiz ve model sonuçlarından elde edilmektedir.

Nisan 1998'de Akdeniz bölgесine atmosferik taşınımla Sahra Çölünden toz ulaştı, örnek olarak detaylı bir biçimde incelenmiş ve burada sunulmuştur. 10 Nisan 1998 tarihinde Erdemli istasyonuna 900, 850, 700 ve 500 hPa seviyelerinde ulaşan hava

kütlelerinin geri yörünge'leri, istasyonu etkileyen hava akımlarının Afrika bölgelerinden kaynaklandığını göstermektedir (Şekil 2.3.3-1a). Üç boyutlu hava kütlesi geri yörünge analizlerinin avantajı hava kütlelerinin dikey yöndeki hareketlerinin izlenebilmesini olanaklı kılmasıdır. 10 Nisan 1998'de Erdemli'ye ulaşan hava kütlelerinin dikey yöndeki hareketleri Şekil 2.3.3-1b'de görülmektedir. Erdemli istasyonuna 700 ve 500 hPa seviyelerinde ulaşan hava kütleleri kaynak bölgelerinde alçak seviyelerden başlayarak Erdemli'ye yükselme hareketleri ile ulaşmıştır. Hava kütlelerinin yükselerek hareket etmeleri siklonik geçişleri karakterize etmektedir. Ayrıca Erdemli'ye yüksek seviyelerde ulaşan bu hava kütlelerinin Afrika üzerinde iken yere yakın seviyelerde olmaları bu hava kütlelerinin yerden çöl tozu kaparak yükselenmiş olduğunu göstermektedir. Uzun menzilli atmosferik taşınım, atmosferin üst katmanlarında olmaktadır. Atmosferin üst seviyelerinde yerin sürtünme etkisinin azalması dolayısı ile uzun menzilli taşınımı olanaklı kılan hızlı rüzgarlar mevcuttur. Ayrıca Şekil 2.3.3-1b'de görüldüğü üzere Erdemli'ye 850 hPa seviyede ulaşan hava kütlesi ise alçalarak hareket etmekte ve antisiklonik bir yapıyı karakterize etmektedir. Bu tip hareketler atmosferde frontal oluşumu göstermektedir. Atmosferik frontların bulunduğu bölgelerde yağışların ve dikey yöndeki hareketlerin artması beklenir. Bu da atmosferin üst tabakalarında taşınan tozların yağış ve kuru çökelme mekanizmaları ile yer yüzeyine çökelmesine neden olmaktadır.

ve ikbahar metininde (doğu Akdeniz'den geçen toz akıntıları ("Shara Cyclones")) beraberinde toz taşıdıkları için önemlidir.



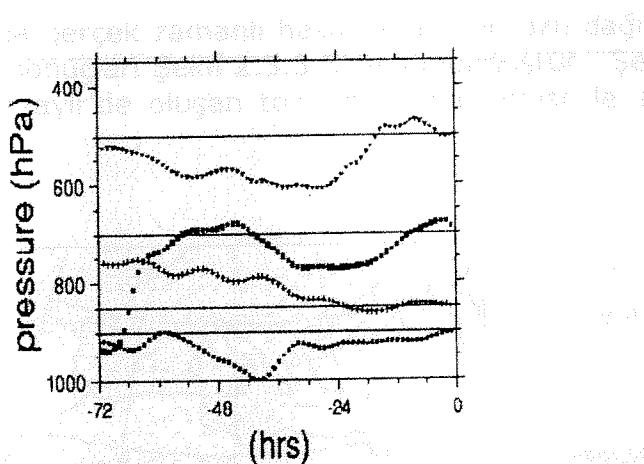
Şekil 2.3.3.1. 10 Nisan 1998 saat 12:00 da Erdemli istasyonuna 900, 850, 700 ve 500 hPa seviyelerinde ulaşan hava kütlelerinin üç günlük geriye dönük 12:00 yörüngeleri.

- (a) Hava kütlelerinin düşey yöndeki hareketleri.
- (b) Hava kütlelerinin dikey yöndeki hareketleri.

ETA modeli, saat 0.00 için NMC den alınan meteorolojik bulguları başlangıç koşulları olarak kabul edip 12 saatlik aralıklarla iki günlük tahmin yapmak üzere çalıştırılmaktadır. Tüm Akdeniz, Karadeniz, Kuzey Afrika kıtası ve Türkiye'yi içine alan bölgede günlük hesaplanan deniz seviyesi ve atmosferin üst katmanlarındaki meteorolojik parametreler (basınç, rüzgar, yağmur ve kar dağılımları) ve tüm atmosfer kolonundaki çöl tozu miktarı dağılımı arşivlenmektedir. Model ile hesaplanan Sahra çölünden Akdeniz bölgelerine atmosfer yolu ile taşınan toz dağılımı

sonuçlarının doğruluğunu onaylamak amacıyla gerçek zamanlı uydu verilerinin kullanılması amaçlanmıştır. Uyduдан alınan verilerde çöl tozunun dağılımını gözmek ancak denizlerin üzerinde pratik bir yöntemdir. Güneş ışınlarının görünür (visible) dalga boyundaki kısmı deniz yüzeyinde tamamen absorblandiği için normal koşullarda uyduların görünür kanallarından alınan görüntülerde denizlerin siyah gözükmesi beklenir. Ancak bazı özel durumlarda (örn. deniz seviyesi ile uydunun bulunduğu atmosfer seviyesi arasında bu ışınların saçılmasına neden olacak aerosollerin yoğun olarak bulunması veya ışınların su bulutları tarafından yeryüzüne ulaşamadan atmosfere geri yansıtılmaları), bunlar genel olarak atmosferik etkiler olarak tanımlanırlar, deniz yüzeyi görünür kanalda gri ve beyaz renklerde görülebilir. Nisan 1998'de çöl tozunun Akdeniz üzerine taşıdığını gösteren model sonuçlarının onaylanması amacıyla ODTÜ-DBE'de bulunan HRPT alıcısı ile NOAA uydularından gerçek zamanlı alınan bulgular kullanılmıştır.

Şekil 2.3.3-1'de gösterildiği üzere 10 Nisan 1998'de Kuzey Afrika üzerinde oluşan siklonik yapılar Akdeniz üzerinden gereklilik istasyonuna ulaşmıştır. Bu tip meteorolojik geçişler daha sonra devam etmiştir. Model simulasyonu ile 14 Nisan 1998 saat 12.00 için deniz seviyesindeki basınç dağılımı Afrika üzerinde alçak basınç merkezinin varlığı görülmüştür (bkz. Şekil 2.3.3-2). Afrika üzerinde oluşan ve ilkbahar aylarında doğu Akdeniz üzerinden geçen bu tip siklonlar ("Sharav Cyclones") beraberlerinde toz taşıdıkları için önemlidir.



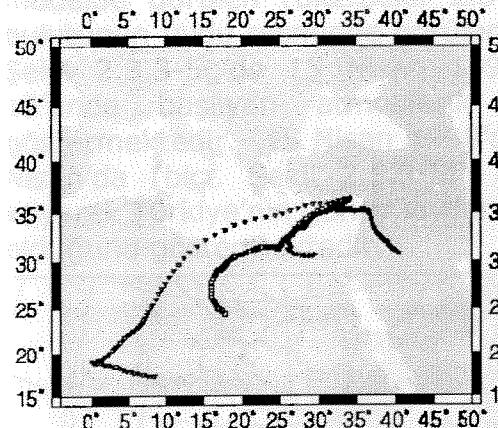
Şekil 2.3.3.2 14 Nisan 1998 saat 12.00 için tahmin edilen deniz seviyesindeki basınç dağılımı.

Model tahmin sonuçlarının doğruluğunu test etmek amacıyla 14 Nisan 1998 saat 12.00 da Erdemli istasyonuna ulaşan hava kütlelerinin üç günlük geri yörüngeleri incelenmiştir (bkz. Şekil 2.3.3-3). Yatay yöndeki hava hareketleri Erdemli istasyonuna Afrika orjinli hava kütlesi taşımımı olduğunu gösterirken (Şekil 2.3.3-3a), Erdemli'ye 700 ve 500 hPa atmosfer seviyelerinde ulaşan hava kütlelerinin yükselerek hareket etmeleri Afrika üzerinde siklonik bir meteorolojik yapıının olduğunu göstergesidir (Şekil 2.3.3-3b). Ayrıca 14 Nisan 1998'de batı Afrika üzerindeki rüzgarların orta Akdeniz üzerinden gereklilik Karadeniz'e doğru estiği ve atmosfer yolu ile adı geçen denizler üzerine çöl tozu taşımaya elverişli bir meteorolojik yapı gösterdiği model tahmin sonuçlarında görülmüştür (bkz. Şekil 2.3.3-4).

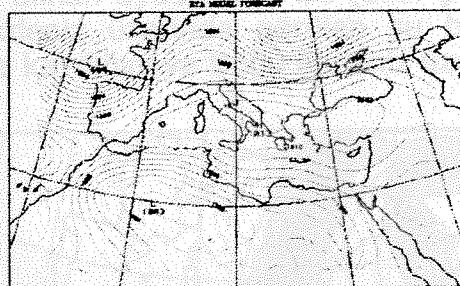
Şekil 2.3.3-3. 14 Nisan 1998 saat 12:00 da Libya ile İtalya arasındaki toz akışının gösterildiği 700 hPa seviyesindeki toz bulutunun etkili olduğu tarih tahmin edilmektedir.

(a) Libya ile Doğu Akdeniz arasındaki toz bulutunun etkili olduğu tarih tahmin edilmektedir.

(b) Hava kütlelerinin üç günlük geri yörüngeleri. Bu sonuçların 14 Nisan 1998 saat 12:00 da Libya ile Doğu Akdeniz arasındaki toz bulutunun etkili olduğu tarih tahmin edilmektedir.



(a)

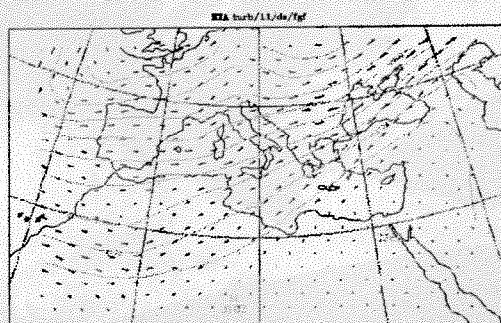


(b)

Şekil 2.3.3-3. 14 Nisan 1998 saat 12:00 da Erdemli istasyonuna 900, 850, 700 ve 500 hPa seviyelerinde ulaşan hava kütlelerinin üç günlük geri yörüngeleri.

- (a) Hava kütlelerinin düşey yöndeki hareketleri.
- (b) Hava kütlelerinin dikey yöndeki hareketleri.

13 Nisan 1998 saat 0.00 da gerçek zamanlı hesaplanan çöl tozu dağılımı ile her 12 saat te bir yapılan tahmin sonuçları Şekil 2.3.3.5'de sunulmuştur. Şekil 2.3.3.5a ve b'de 13 Nisan 1998'de Cezayir'de oluşan toz fırtinasının etkisi ile atmosfere neş edilen tozun

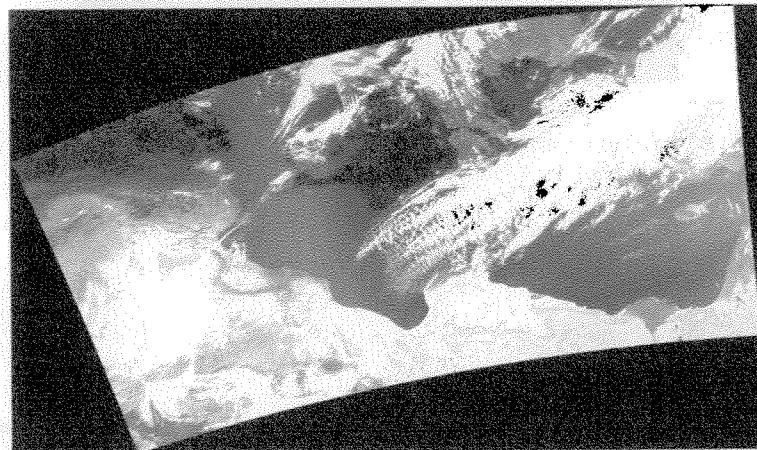
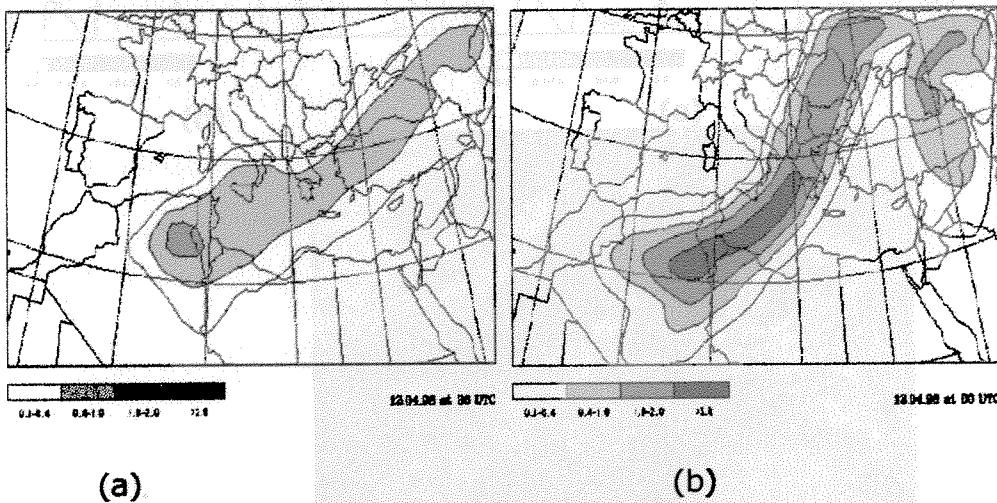


700 hPa Isosurface . 13.04.98. at 00 UTC + 36 h
Height

Şekil 2.3.3-4. 14 Nisan 1998 saat 12.00 için tahmin edilen 700 hPa atmosfer seviyesindeki rüzgarlar ve basınç dağılımı.

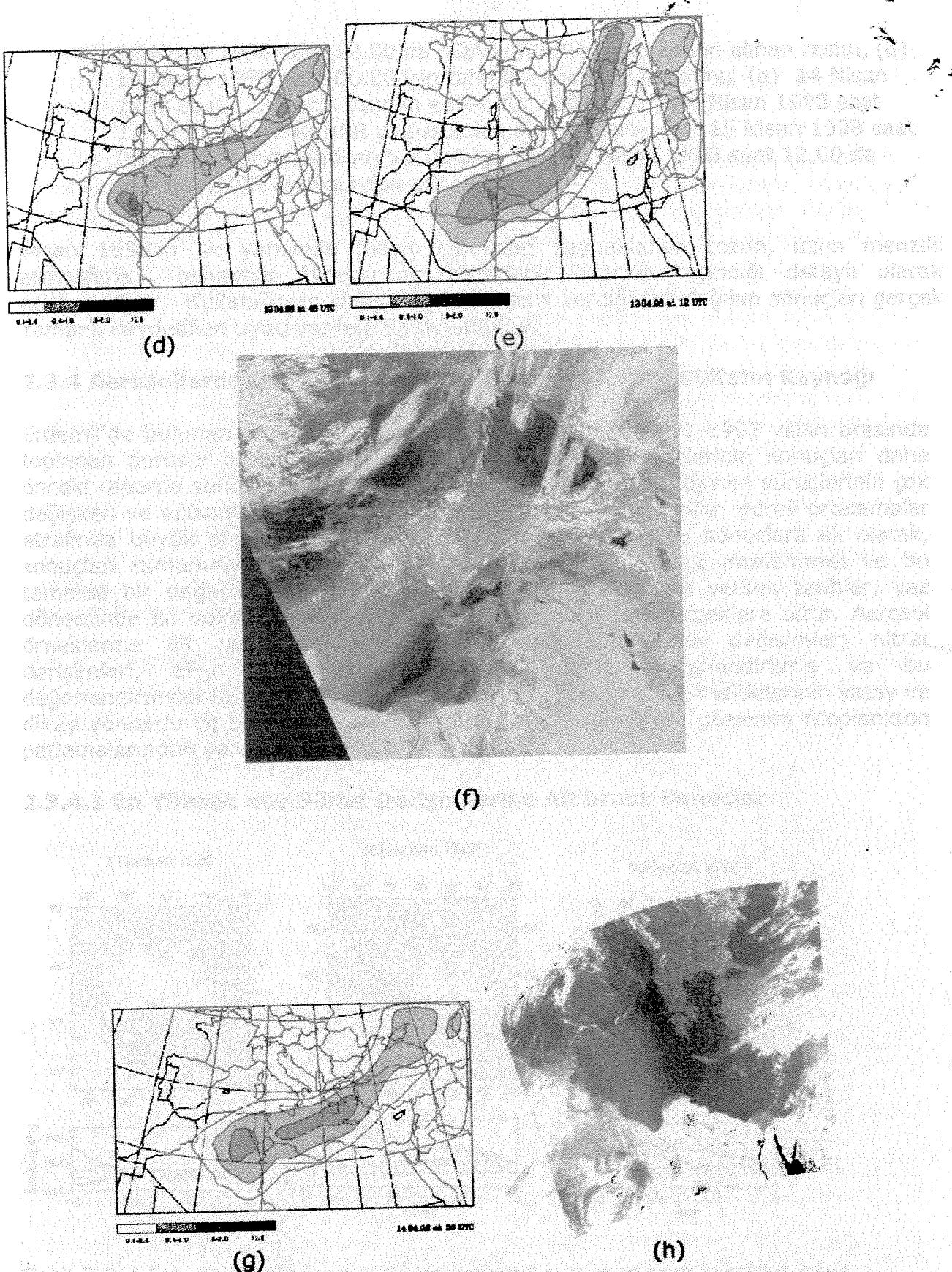
uzun menzilli taşınımı elverişli meteorolojik yapının etkisi ile Orta Akdeniz üzerinden Karadeniz ve doğu Akdeniz üzerine taşıdığı görülmektedir. 13 Nisan 1998 saat 12.00'da NOAA AVHRR uydusunun görünür kanalından kaydedilen resim (Şekil 2.3.3-5c) Akdeniz ve orta Karadeniz üzerinde toz olduğunu göstermektedir. Deniz üzerinde bulunan çöl tozu, su bulutuna benzer olarak gri veya beyaz görülür. Aralarındaki fark şudur; su bulutu heterojen bir yapı gösterirken toz bulutu daha homojen bir yapı sergilemektedir. Şekil 2.3.3-5d ve e'de 14 Nisan saat 0.00 ve 12.00 için model ile tahmin edilen toz dağılımı gösterilmiştir. Şekil 2.3.3-5f'de aynı

tarih için verilen uydular resminde Libya ile İtalya arasında toz açıkça görülmüşken modelde görülen (bkz. Şekil 2.3.3-5d,e) Libya ile Doğu Akdeniz arasındaki toz bulutunun uydular resminde görülen su bulutunun altında kaldığı tahmin edilmektedir. Şekil 2.3.3-5g'de 15 Nisan 1998 saat 0.00 için verilen tahmin sonuçları ayın 13'ünde başlayan atmosferik toz taşınımının aynı yapı ile süregeldiğini göstermektedir. 15 Nisan 1998'de alınan uydular resmi ise (bkz. Şekil 2.3.3-5h), 14 Nisan'da (bkz. Şekil 2.3.3-5f) Akdeniz üzerinde görülen su bulutunun doğuya kayarak Türkiye'nin güney kıyılarına kaydığını ve Doğu Akdeniz üzerinde toz bulutu olduğunu göstermektedir.



(c)

Şekil 2.3.3-5 ETA modeli ile simüle edilen tüm atmosfer katmanındaki çöpluk toz miktarı (g m^{-3}). (a) 13 Nisan 1998 saat 00:00 da gerçek zamanlı (çöpluk toz) dağılımı, (b) 13 Nisan 1998 saat 12:00 da radyanın edilen toz dağılımı, (c) 13 Nisan 1998 saat 12:00 da gerçek zamanlı (çöpluk toz) dağılımı.



Şekil 2.3.3-5 ETA modeli ile simule edilen tüm atmosfer kolonundaki çöl tozunun miktarı (g m^{-2}). (a) 13 Nisan 1998 saat 00.00 da gerçek zamanlı çöl tozu dağılımı, (b) 13 Nisan 1998 saat 12.00 için tahmin edilen toz dağılımı, (c)

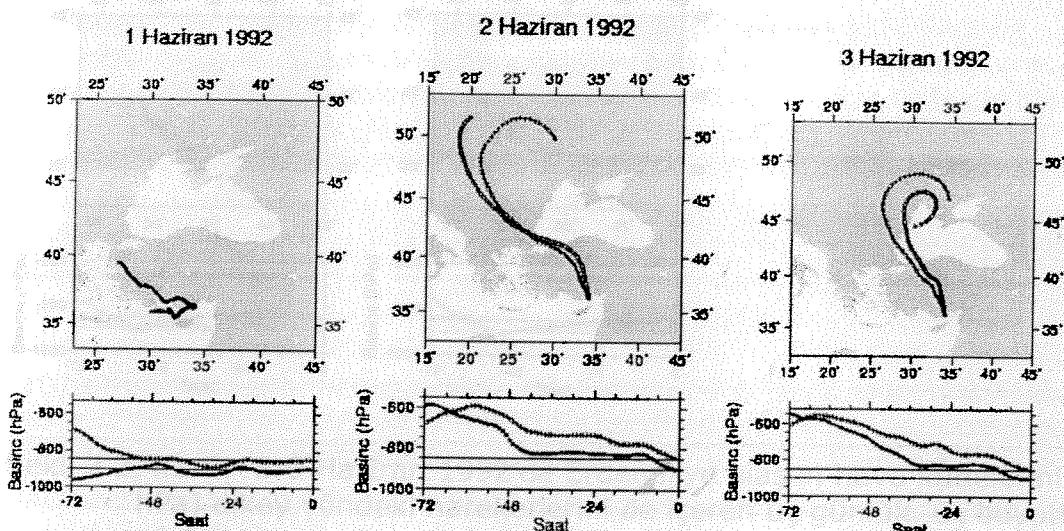
1992'de 13 Nisan 1998 saat 12.00 da NOAA-AVHRR uydularından alınan resim, (d) 14 Nisan 1998 saat 00.00 için tahmin edilen toz dağılımı, (e) 14 Nisan 1998 saat 12.00 için tahmin edilen toz dağılımı, (f) 14 Nisan 1998 saat 12.00 da NOAA-AVHRR uydularından alınan resim, (g) 15 Nisan 1998 saat 00.00 için tahmin edilen toz dağılımı, (h) 15 Nisan 1998 saat 12.00 da NOAA-AVHRR uydularından alınan resim. *yağmur yağınması, kütleyelerin
hava atmosferde birleşmesine neden olmuş ve nss-sülfat derişimleri, Mayıs 1992*

Nisan 1998'in ilk yarısında Sahra çölünden kaynaklanan tozun, uzun menzilli atmosferik taşınımı Akdeniz ve Karadeniz üzerine taşıdığı detaylı olarak gösterilmiştir. Kullanılan modelin bölgesel bazda verdiği toz dağılım sonuçları gerçek zamanlı kaydedilen uydu verileri ile uyumludur.

2.3.4 Aerosollerde Gerçekleştirilen Sülfat Ölçümleri ve Sülfatın Kaynağı

Erdemli'de bulunan atmosferik örnekleme istasyonunda 1991-1992 yılları arasında toplanan aerosol örneklerinde gerçekleştirilen sülfat analizlerinin sonuçları daha önceki raporda sunulmuştur (TÜBİTAK, 1997a). Atmosferik taşınım süreçlerinin çok değişken ve episodik karakterine bağlı olarak atmosferik veriler, görelî ortalamalar etrafında büyük saçılma gösterirler. Bu nedenle istatistiksel sonuçlara ek olarak, sonuçları tamamlayıcı örnek (case) durumların ele alınarak incelenmesi ve bu temelde bir değerlendirilmeye gidilmesi önemlidir. Aşağıda verilen tarihler, yaz döneminde en yüksek nss-sülfat derişimlerinin olduğu örnekler aittir. Aerosol örneklerine ait nss-sülfat derişimlerinde meydana gelen değişimler; nitrat derişimleri, EF_{Cd} ile EF_{Pb} oranları ile birlikte değerlendirilmiş ve bu değerlendirmelerde aerosol örneklerini Erdemli'ye taşıyan hava kütleyelerinin yatay ve dikey yönlerde üç boyutlu izledikleri yol ile çevre denizlerde gözlenen fitoplankton patlamalarından yararlanılmıştır.

2.3.4.1 En Yüksek nss-Sülfat Derişimlerine Ait örnek Sonuçlar



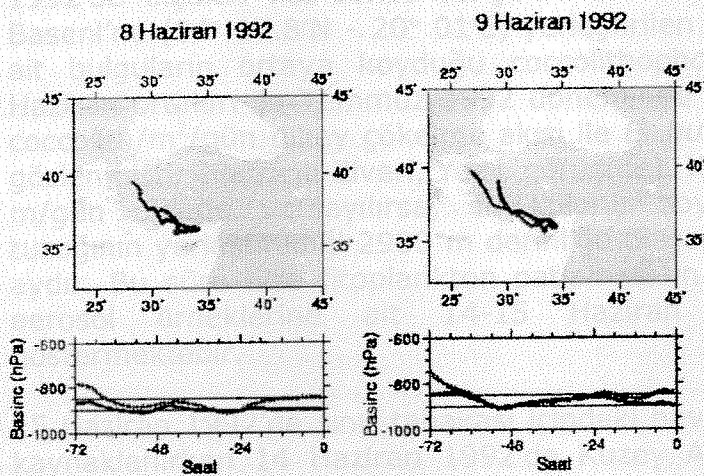
Şekil 2.3.4.1-1. 1-2-3 Haziran 1992'de Erdemli'ye ulaşan sınır tabakası hava kütleyelerinin (900, 850 hPa) dikey yönde hareketlerini de içeren üç günlük, üç boyutlu geri yörüngeleri.

1-2-3 Haziran 1992. Hava kütleyelerinin bu tarihlerde izledikleri yol, düşey yönde hareketleri ile birlikte sırası ile Şekil 2.3.4.1-1'de verilmiştir. Erdemli'ye 1 Haziran

1992'de 900 hPa basınç seviyesinde ulaşan hava kütlesi yerel deniz üzerinde izobarik bir hareketle sınır tabakası içine hapsolmuş ve oldukça kısa bir yol izlemiştir.

Sınır tabakası hava kütelerinin üç gün boyunca oldukça kısa bir yörunge çizmesi ve örnekleme istasyonuna daha önceden uzun süre yağmur yağmaması, kırleticilerin lokal atmosferde birikmesine neden olmuş ve nss-sülfat derişimleri, Mayıs 1992 ayının ortalama derişimi olan $11.6 \pm 3.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üç katına ulaşmıştır. Birbirini izleyen üç gün boyunca sırası ile $28.68 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $33.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $35.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (veri setinin maksimum değeri) nss-sülfat derişimleri ölçülmüştür. 2 Haziran ve 3 Haziran'da (Şekil 2.3.4.1-1), 900 ve 850 hPa'da Erdemli'ye ulaşan hava küteleri atmosfer kolonu içinde alçalarak hareket etmiştir ve nss-sülfata ek olarak aerosol nitrat derişimlerinde de üç gün boyunca görülen dereceli artış, ($3.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $4.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $6.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$) üst seviyelerdeki hava kütelerinin sınır tabakasındaki hava kütelerini bastırması sonucudur. Tüm bu etkiler sonucunda temel anyonlar lokal atmosferde birikime uğramıştır. Bu örneklerde ait zenginleşme faktörleri (EF_{Cd} ve EF_{Pb}) ile ortalama nitrat derişiminin ($4.52 \pm 1.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), yaz dönemine ait geometrik ortalamalardan daha düşük oluşu, 1-2-3 Haziran 1992 örneklerinde antropojenik etkinin düşük olduğunu göstermektedir. Birincil üretimin ve dolayısı ile DMS üretiminin kıyısal kita sahanlıklarında yüksek olduğu göz önüne alınırsa bu tarihlere ait en yüksek nss-sülfat derişimlerinin, lokal denizden, biyojenik emisyonlardan kaynaklandığı sonucuna varılabilir.

8-9 Haziran 1992. Şekil 2.3.4.1-2'de görüldüğü gibi, sınır tabakası içinde kalan hava küteleri, Batı Anadolu'nun iç kısımları ile kıyısal bölgede oldukça kısa bir yol izlemiştir.

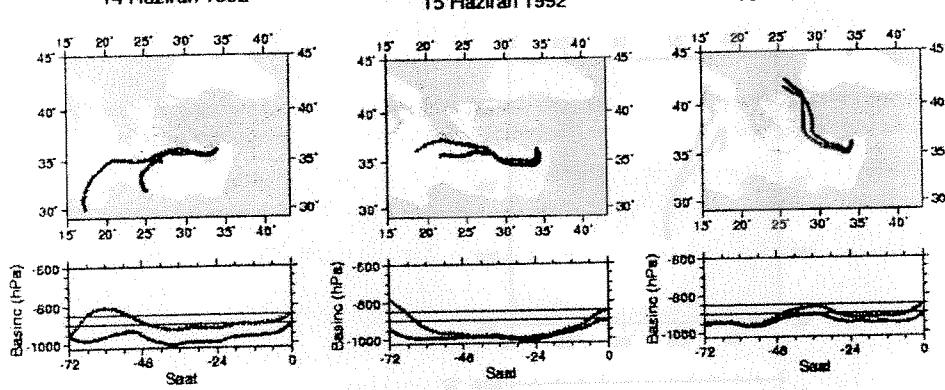


Şekil 2.3.4.1-2. 8-9 Haziran 1992'de Erdemli'ye ulaşan hava kütelerinin (900, 850 hPa) dikey yöndeki hareketlerini içeren üç günlük, üç boyutlu geri yörüngeleri.

8 ve 9 Haziran'da ölçülen nss-sülfat derişimleri sırası ile $31.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $26.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dır, buna karşılık Pb ve Cd gibi antropojenik elementlerin topraga göre zenginleşme faktörlerinin ve antropojenik elementlerden Pb'nin derişiminin ($19 \text{ ng}/\text{m}^3$) düşük oluşu, nss-sülfat için biyojenik kaynakların baskın etkisini hala sürdürdüğü izlenimini vermektedir.

13 Haziran 1992. Şekil 2.3.4.1-4'de sınır tabakası içinde kalan hava kütlesinin, 14-15-16 Haziran 1992. 900 ve 850 hPa seviyelerdeki hava kütleleri Doğu Akdeniz'i süpürürken deniz sınır tabakası içinde, deniz yüzeyine çok yakın bir seviyede hareket etmişlerdir. ve izobarik bir hareketle Erdemli'ye ulaşmıştır.

göstermektedir.



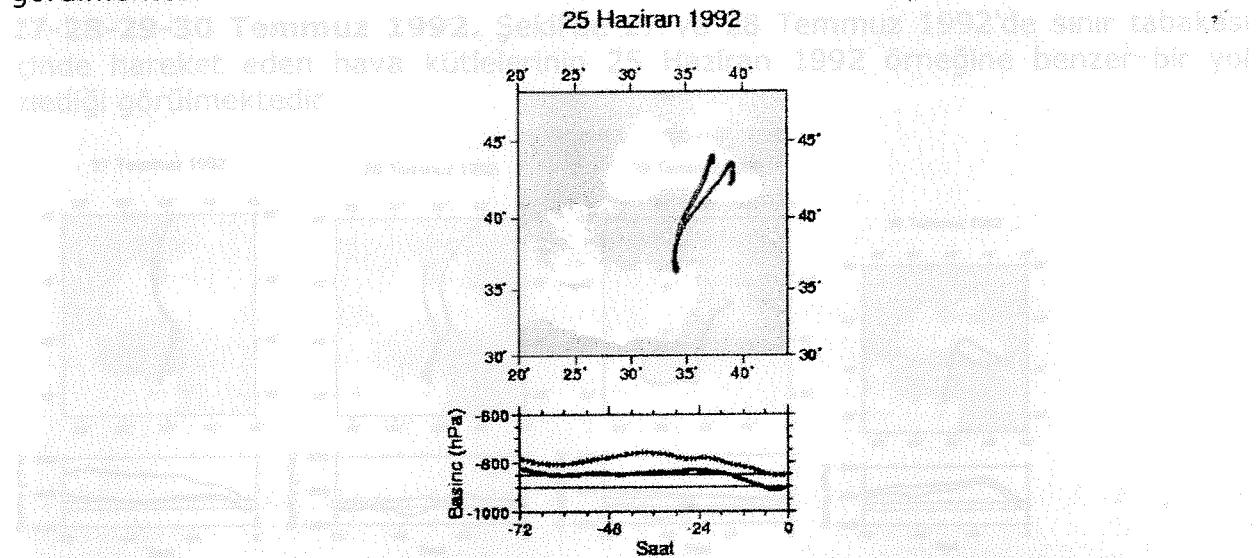
Şekil 2.3.4.1-3. 14-15-16 Haziran 1992'de Erdemli'ye ulaşan hava kütlelerinin (900, 850 hPa), dikey yönde hareketlerini içeren üç günlük, üç boyutlu geri yörüngeleri.

Şekil 2.3.4.1-3. 14-15-16 Haziran 1992'de Erdemli'ye ulaşan hava kütlelerinin (900, 850 hPa), dikey yönde hareketlerini içeren üç günlük, üç boyutlu geri yörüngeleri. 14-15 Haziran 1992 örneklerine ait düşük ortalama nitrat derisi ($3.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ile düşük EF_{Cd} ve EF_{Pb} değerleri, hava kütlelerinin karakteristik deniz havası özelliklerini taşıdığını göstermektedir. 14 Haziran ($14.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve 15 Haziran ($16.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 1992'de ölçülen nss-sülfat derişimlerinin kaynağı, büyük bir olasılıkla, Bannock Baseni'ne ($34^\circ 17.8'N - 20^\circ 01'E$) yerleştirilen sediman tuzaklarına (sediment trap) ait bulguların ortaya koyduğu coccolithophorid türü *E. huxleyi* patlamalarıdır. Haziran ortaları ile Temmuz 1992 döneminde sediman tuzaklarında yaklaşık 1×10^8 coccolith/ $\text{m}^2/\text{gün}$ dikey çökelme akısı ile *E. huxleyi*'ye ait kabuk (coccolith) birikimi gözlenmiştir (Patricia Ziveri, Yazılı görüşme). Kabuklar için tipik çökelme hızının 100 m/gün olduğu varsayırsa, su kolonu boyunca çökelen maddenin, sediman tuzaklarının yerleştirildiği 2900 m derinliğe ulaşabilmesi için gereken süre yaklaşık bir aydır. Bu süre bize fitoplankton patlamasının da yaklaşık bir ay kadar önce yanı aerosol örneklerine ait 14-15 Haziran 1992 tarihlerinde gerçekleştiğini göstermektedir.

15 Haziran 1992'de sınır tabakası içindeki hava kütleleri Bannock Baseni üzerinden kaynaklanırken 14 Haziran 1992'de Kuzey Afrika'dan kaynaklanmış, aynı basenin süpürerek biyojenik kaynaklı sülfat aerosollerini, örmekleme istasyonuna taşımıştır (Şekil 2.3.4.1-3).

16 Haziran'da ise her iki seviyedeki hava kütleleri yön değiştirerek NW'e yönelmiş, Ege Denizi ile Batı Anadolu'nun kıyısal bölgelerini süpürmüştür. Hava kütlelerinin bu tarihte biyojenik sülfat kaynağından uzaklaşması sonucunda nss-sülfat derisi iki misli azalmış ($8.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$), fakat bu arada nitrat derisi ($4.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ile EF_{Cd} ve EF_{Pb} değerleri fazla değişmemiştir.

25 Haziran 1992. Şekil 2.3.4.1-4'de sınır tabakası içinde kalan hava kütlelerinin, Vladimirov et al. (1997) tarafından Temmuz 1992, CoMSBlack-92 seferinde çok yoğun bir coccolithophore, *Emiliania huxleyi* patlamasının gözleendiği Doğu Karadeniz'den kaynaklandığı ve izobarik bir hareketle Erdemli istasyonuna ulaştığı görülmektedir.

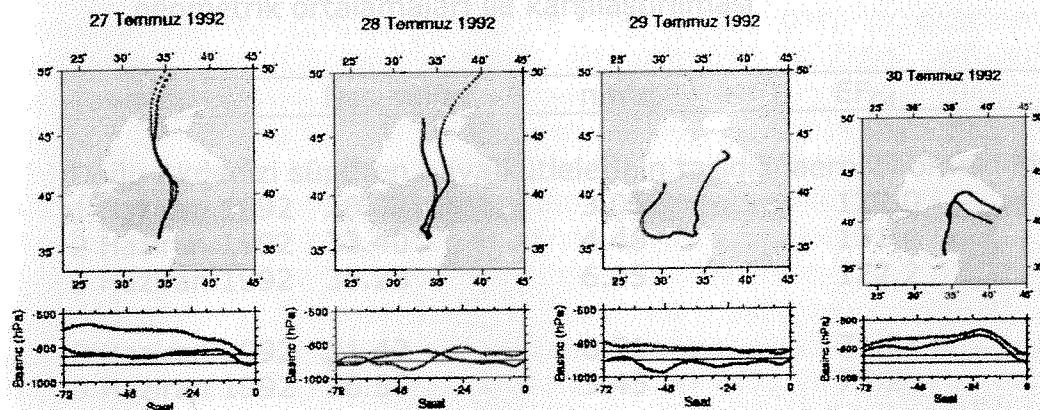


Şekil 2.3.1.4. 25 Haziran 1992'de Erdemli'ye ulaşan hava kütlelerinin (900, 850 hPa), dikey yöndeki hareketlerini de içeren üç günlük, üç boyutlu geri yörüngeleri.

Rapor edilen coccolithophorid patlaması, 1923 yılından beri gözlenen en yoğun patlamadır ve periferik bölgenin aksine (Sur et al., 1994) Karadeniz'in en derin, orta bölgesinde meydana gelmiştir. Fitoplankton patlaması esnasında ölçülen secchi disk derinliği, minimum 6.2 m'dir. Aynı dönemde Karadeniz'in kuzeyinde gerçekleştirilen fitoplankton tür tayini çalışmasında coccolithophorid türü organizma yüzdesinin, 1987-1992 dönemine ait verilerin maksimumu olan %91.4'e ulaştığı ortaya konmuştur (Mankovsky et al., 1996). Deniz suyuna sütlü turkuaz rengini veren aynı yoğun patlama, bağımsız bir gözlemle; R/V Bilim'in 3-26 Temmuz 1992 tarihleri arasındaki seferi sırasında bilimsel personel tarafından da doğrulanmıştır (U. Niermann, Sözlü görüşme). Aşağıdaki paragraflarda tartışılabileceği gibi, Erdemli istasyonundan 25 Haziran-3 Ağustos tarihleri arasında toplanan örnekler içinde, hava kütleleri Karadeniz'den kaynaklanan ya da daha Kuzeyden kaynaklanarak Karadeniz'i süpuren yörüngelere sahip aerosollerin alışılmadık derecede yüksek nss-sülfat derişimlerine sahip oluşu dikkat çekicidir. Coccolithophorid patlamasının tüm Karadeniz'de 7 Temmuz-2 Ağustos tarihleri arasında gerçekleştiği bildirilmesine (Vladimirov te al., 1995) rağmen bizim sonuçlarımız, patlamanın yaklaşık iki hafta önce başlığını ve 25 Haziran-3 Ağustos tarihleri arasında biyojenik sülfat kaynağı oluşturduğunu göstermektedir. Karadeniz'de gerçekleşen yoğun fitoplankton patlamasının, yine Karadeniz üzerinden kaynaklanan ve çok yüksek nss-sülfat derişimlerine sahip aerosol örneklerinin tarihi ile çakışması ilgi çekicidir. 25 Haziran 1992'de ölçülen nss-sülfat derişimi ($24.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$), daha önce birbirini izleyen üç günde (16-17-18 Haziran 1992) toplanan aerosol örneklerine ait ortalama derişimden ($8.27 \pm 1.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) üç misli daha yüksektir. Bu üç gün boyunca hava kütleleri NW yönünde birbirine benzer yörüngeler izlemiştir. 17 Haziran'da (0.2 mm) ve 18 Haziran'da (22.9 mm) lokal atmosferde yağan yağmur nedeni ile 25

Haziran'a ait aerosol nitrat derisi ($6.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 16-17-18 Haziran'a ait ortalama derisimden ($4.33 \pm 1.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$) biraz yüksek bulunmuştur. 25 Haziran 1992 örneği için hesaplanan EF_{Cd} ve EF_{Pb} değerleri ile Pb derisi ($29.0 \text{ ng}/\text{m}^3$) düşük olduğundan antropojenik etkinin belirgin olmadığı ve Karadeniz'deki biyojenik emisyonların, nss-sülfat için daha baskın bir kaynak teşkil ettiği söylenebilir.

27-28-29-30 Temmuz 1992. Şekil'de 27 ve 28 Temmuz 1992'de sınır tabakası içinde hareket eden hava kütelerinin 25 Haziran 1992 örneğine benzer bir yol izlediği görülmektedir.



Şekil 2.3-4.1-5. 27-28-29-30 Temmuz 1992'de Erdemli'ye ulaşan hava kütelerinin (900, 850 hPa), dikey yöndeki hareketlerini de içeren üç günlük, üç boyutlu geri yörüngeleri.

Bu tarihlerde, Kuzeyden kaynaklanarak Karadeniz'i süpüren hava kütelerinin Kilikya Baseni'ne taşıdığı ve yüksek derişimlerde nss-sülfat içeren örnekler ait analiz sonuçları, karşılaştırma amacıyla hava küteleri birbirini izleyen günlerde Doğu Akdeniz'i süpüren örneklerle birlikte Tablo 2.3.4.1-1'de sunulmuştur. 27, 28 Temmuz örneklerine ait nss-sülfat derişimleri sırası ile $29.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $31.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dır. Bir sonraki gün, yani 29 Temmuz 1992'da 900 hPa hava kütlesinin yön değiştirerek Batı Anadolu ile SW Anadolu kıyılarını süpürmesi sonucunda nss-sülfat derisi önceki iki güne kıyasla yaklaşık 7 misli azalmıştır (Tablo 2.3.4.1-1). 850 hPa seviyesindeki hava kütlesi geri yörüngesi Doğu Karadeniz'den kaynaklanması rağmen atmosfer kolonu içinde alçalarak hareket etmesi nedeni ile kirletici taşıma kapasitesi minimum seviyededir.

Birbirini izleyen dört gün (27, 28, 29, 30 Temmuz 1992) zenginleşme faktörleri ile aerosol nitrat derişimleri, yaz dönemi için verilen geometrik ortalamaların üzerindedir ve bu durum, sınır tabakası içinde hareket eden ve örnekleme istasyonuna ulaşmadan önceki üç günlük yolculuklarının büyük bir bölümünü kara üzerinde geçiren hava kütelerinin antropojenik kaynaklardan önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Antropojenik etkinin bu denli belirgin olması, ve Pb ile Cd için hesaplanan zenginleşme faktörleri değerlerinin dört gün boyunca tutarlılığını sürdürmesi nedeni ile 29 Temmuz 1992'de diğer örnekler yakınından yüksek bir nss-sülfat derişiminin ölçülmesi gerektiği düşünülebilir. Oysa bu tarihte, 900 hPa seviyesindeki hava kütlesinin farklı bir yörunge izlemesi sonucunda nss-sülfat derişiminde 7 misli azalma meydana gelmiştir. Aynı tarihlerde kuvvetli bir biyojenik sülfat kaynağı olan Karadeniz, hava kütlesi geri yörüngesinin geçici olarak yön değiştirmesi neticesinde bu örneğin nss-sülfat derişimine katkıda bulunamamıştır. Bir sonraki gün, 30 Temmuz 1992'de 900 hPa seviyesindeki hava kütlesinin yeniden

Karadeniz'den kaynaklanması sonucunda nss-sülfat derişiminde 5 misli bir artış meydana gelmiştir. Bu artışın nedeni, bir önceki paragrafta ayrıntıları ile açıklanan Karadeniz'deki *E. Huxleyi* patlamasıdır. Fitoplankton patlamasının ölçeceği ve belkide şiddetinin azalmasına bağlı olarak 30 Temmuz 1992'deki nss-sülfat derişimi, 27 ve 28 Temmuz örneklerine oranla biraz daha düşüktür.

Tablo 2.3.4.1-1. Kilikya Baseni'nde birbirini izleyen günlerde örneklenen ve en yüksek nss-sülfat derişimlerine sahip aerosol örneklerinin nitrat ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) derişimleri ile EF_{Cd} ve EF_{Pb} değerleri, aynı parametrelerin yaz dönemi geometrik ortalamaları ile karşılaştırılması

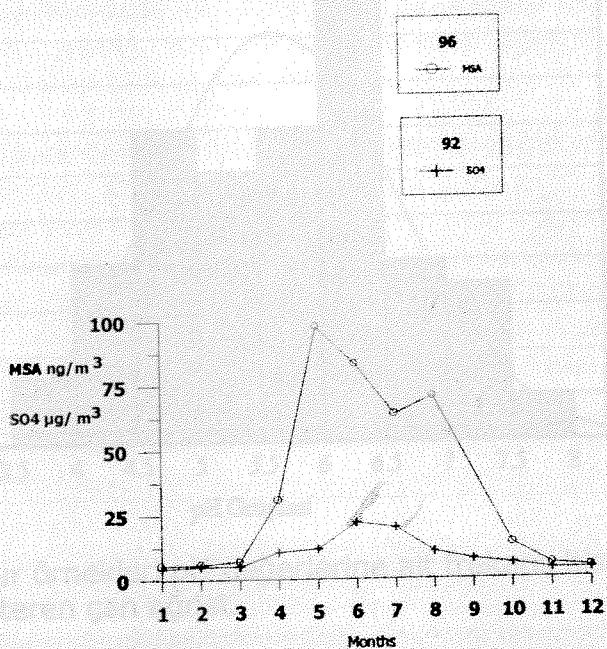
Tarih	Nss-sülfat	nitrat	EF_{Cd}	(Kettie et al., 1996)	EF_{Pb}
Doğu Akdenizi süpuren hava kütlelerinin taşıdığı aerosol örnekleri					
1 Haziran 1992	28.68	3.05	122.0	Nguyen et al., 1996	70.6
2 Haziran 1992	33.40	4.46	131.4	Iğlumlu et al., 1996	76.8
3 Haziran 1992	35.28	6.05	122.2	İlgün et al., 1996	161.7
8 Haziran 1992	31.42	6.71	71.0	Jenne et al., 1996	54.4
9 Haziran 1992	26.50	5.45	75.2	İlgün et al., 1996	58.6
14 Haziran 1992	14.67	3.15	84.2	clarak et al., 1996	48.7
15 Haziran 1992	16.30	3.59	76.7	İlgün et al., 1996	76.7
16 Haziran 1992	8.67	4.15	73.1	İlgün et al., 1996	628.2
Yaz. Geo.	12.57	4.06	142.4		193.4
Ort.					

Karadeniz ve Anadolu yarımadasını süpuren hava kütlelerinin taşıdığı aerosol örnekleri				
27 Temmuz 1992	29.29	9.34	233.4	104.8
28 Temmuz 1992	31.44	8.99	247.2	334.7
29 Temmuz 1992	4.24	8.29	541.6	135.0
30 Temmuz 1992	21.79	6.06	174.2	101.0

Basit ve kaba bir hesapla, sadece bu dört ardıl aerosol örneği dikkate alınarak 29 Temmuz 1992'de ölçülen $4.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nss-sülfat derişimi, background antropojenik derişim olarak kabul edilirse ve 27-28-30 Temmuz 1992 örneklerine ait ortalama nss-sülfat derişiminin ($27.51 \pm 5.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$) antropojenik+biyojenik kaynaklı olduğu varsayılsa Karadeniz'deki biyojenik kaynakların, Kilikya Baseni atmosferik nss-sülfat derişimlerine yaklaşık %85 oranında bir katkıda bulunduğuunu söylemek olasıdır.

2.3.4.2 Aerosol örneklerinde ölçülen Metan Sulfonik Asit (MSA) Sonuçları

Atmosferik aerosollerde ölçülen metan sulfonik asit (MSA), dimethyl sulfidin (DMS) parçalanması sonucu ortaya çıkan ara ürünüdür. Uçucu bir organik sülfür bileşeni olan DMS genel olarak deniz ortamındaki mikroskopik canlıların aktiviteleri sonucunda açığa çıkmaktadır. Deniz ortamında oluşan DMS daha sonra atmosfere geçip orada MSA veya SO_2 'ye dönüşüp daha sonra sulfata oksitlenmektedir. Genel olarak atmosferdeki sulfatın kaynağının antropojenik emisyonlar ile atmosfere atılan SO_2 gazının sulfata dönüşmesi kabul edilmiştir. Ancak, Charlson et al. (1987) atmosferdeki non-sea-salt sulfatın en önemli kaynağının denizsel ortamındaki biyolojik aktivite sonucu atmosfere neşr edilen DMS'in oksitlenmesi olduğunu göstermesi ile bilimsel camida atmosferdeki sulfatın ne kadarının doğal emisyonlardan geldiğinin araştırılması önemli yer tutmuştur (Kettle et al., 1999). Ayrıca laboratuvara gerçekleştirilen deney sonucunda mikroskopik canlıların (fitoplanktonlar) en fazla DMS üretikleri dönemin patlama zamanı değilde yaşlanarak parçalanma dönemlerinde olduğu gösterilmiştir (Nguyen et al., 1988) Bölüm 2.3.4.1'de 1992 yılında toplanan aerosol örneklerinde ölçümü gerçekleştirilen yüksek sulfat değerlerinin denizsel emisyondan kaynaklanmış olabileceği tartışılmıştır. Atmosferdeki sulfatın ne kadarının denizsel emisyonlardan kaynaklandığını göstermek için kullanılan yöntem DMS'in oksitlenme ara ürünü olan MSA ölçümüdür. 1992 yılında toplanan örneklerde MSA ölçümü mümkün olmadığı için sonuçta varılan yargı (toplam sulfata denizsel biyolojik aktivite ile açığa çıkan DMS emisyonlarının katkısının büyük olduğuna dair) hipotez olarak kalmıştır. Bu hipotezin araştırılması amacı ile toplanan aerosol örneklerinde MSA ölçümünün gereğinin farkına varılması ile 1996 yılında toplanan aerosol örnekleri, Girit Üniversitesi'nden Dr. Nikos Mihalopoulos ile işbirliğine gidilerek Girit'deki laboratuvara bulunan iyon kromatografisi cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. 1996 yılında toplanan örneklerdeki sulfat analizleri henüz tamamlanmadığı için Şekil 2.3.4.2-1'de 1992 yılının aylık ortalama sulfat değerleri ile 1996 yılının aylık ortalama MSA değerleri birlikte sunulmuştur.

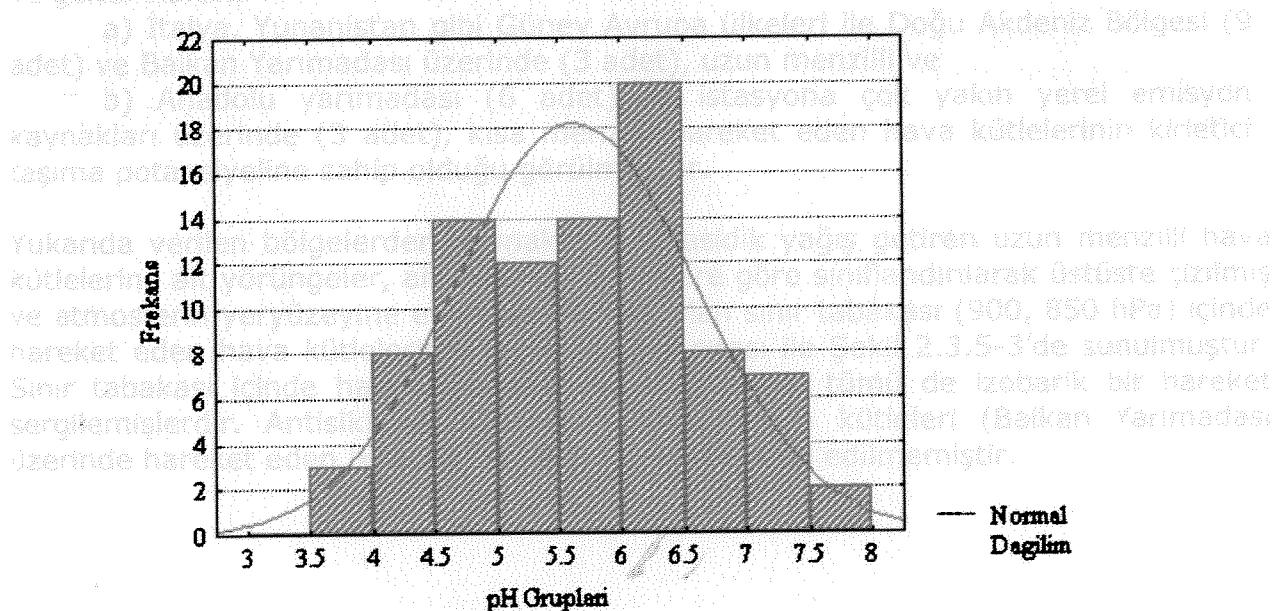


Şekil 2.3.4.2-1. 1992 yılında toplanan aerosol örneklerindeki nss- SO_4^{2-} ile 1996 yılında toplanan aerosol örneklerindeki MSA derişimlerinin zamansal değişimi.

Şekil'den görüleceği üzere atmosferdeki sülfat ve MSA derişimleri (farklı yıllara ait örneklerin sonucu olmasına rağmen) zaman içerisinde birbirleri ile uyumlu değişim göstermektedirler. Bu da doğu Akdeniz atmosferindeki (Kilikya Basen) sülfat derişimlerine yalnızca antropojenik emisyonların değil denizsel doğal emisyonların katkısında önemli olduğu üzerine varılmış yargıyı kuvvetlendirmektedir.

2.3.5 Yağmur Sularının Asitliği

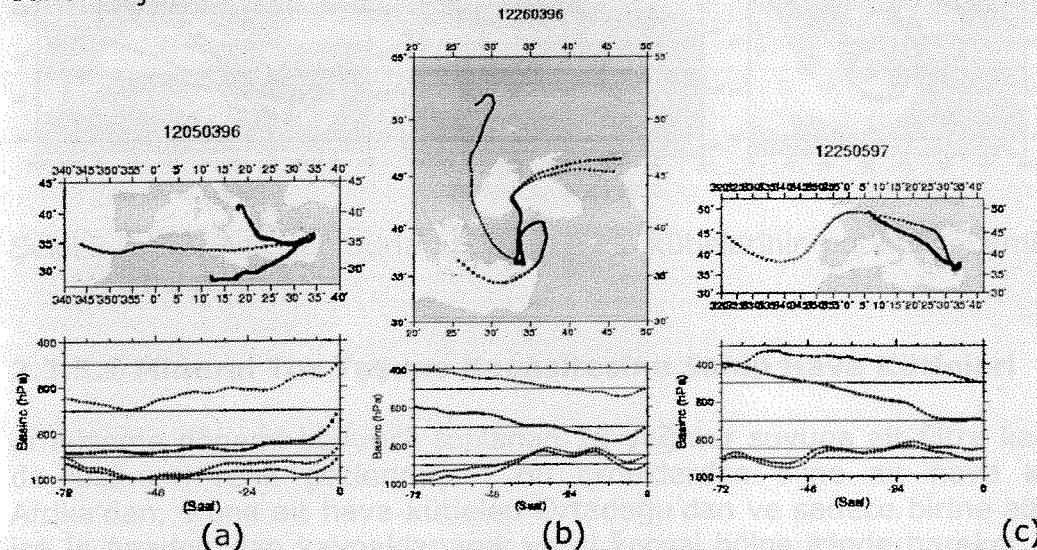
Atmosferde bulunan asidik ve bazik bileşenlerle yağmur suyu arasında gerçekleşen asit-baz tepkimeleri yağmur suyunun pH'sını belirler. Havadaki HNO_3 ve H_2SO_4 bileşenleri ile bunların gaz fazındaki önsürücülerini (NO_x ve SO_x) yağmur suyunda çözünerek ortama H^+ iyonları sağlar (Likens et al., 1979), dolayısı ile pH düşer. Asidik bileşenler NO_3^- ve SO_4^{2-} iyonlarına dönüşür. Asit yağmurlarına neden olan kirletici bileşenlerin bulunmadığı temiz atmosferde bile yağıtan yağmur hafif asidiktir ($\text{pH}=5.6$). Bunun nedeni ise atmosferik CO_2 'nin yağmur suyu ile verdiği denge tepkimeleridir (Galloway et al. 1982; Pszenny et al. 1982). Yağmur sularının asitliğini etkileyen diğer bileşenler ise organik asit ve bazlardır fakat çoğu zaman bu bileşenlerin asitliği önemli ölçüde değiştirmemiş ileri sürülmüştür (Keene ve Galloway, 1984). Batı Akdeniz'de yağmur suları ile yapılan çalışmada da organik asitlerin katkısının ömensiz bir seviyede olduğu fakat Güney Atlantik Okyanusundan toplanan yağmur sularında ise bu katığının ihmali edilemeyecek boyutlarda olduğu bildirilmiştir (Losno et al. 1991). Güney Amerika ekvatoral ormanlarından gelen hava kütlelerinin taşıdığı yağmur sularında hesaplanan H^+ derişimleri, ölçülen değerlerden düşüktür. Tüm bu bileşenlerin atmosferik derişimleri yer ve zaman açısından büyük değişkenlik gösterdiği için yağmur sularının pH değerleri de yerel ve zamansal olarak geniş bir aralıktaki değişim sergiler. Örnekleme dönemi boyunca ölçülen tüm pH değerlerine ait frekans dağılımı Şekil 2.3.5-1'de sunulmuştur.



Şekil 2.3.5.1 . Yağmur örnekleri pH değerlerine ait frekans histogramı ve normal dağılımı gösteren çan eğrisi.

Şekil 2.3.5-1'den de görüleceği gibi yağmur örneklerinin %3'ünün pH'sı 4.0'ın altındadır. Asidik olarak tanımlayabileceğimiz ($\text{pH} \leq 5$) örneklerin oranı ise %28 dir. Yağmur örneklerinin yarısından fazlasının (%58) pH'sı 5.5 değerinin üzerindedir.

5 Mart 1996, 26 Mart 1996 ve 25 Mayıs 1997 tarihlerinde örnekleşen yağmur sularının pH'sı ise 4.0'ın de altındadır. Bu örneklere ait, dört farklı barometrik basınç seviyesinde hareket eden hava kütlelerinin örnekleme istasyonuna ulaşmadan önce 3 gün boyunca izledikleri yol ile düşey yönde hareketleri Şekil 2.3.5-2'de sunulmuştur.



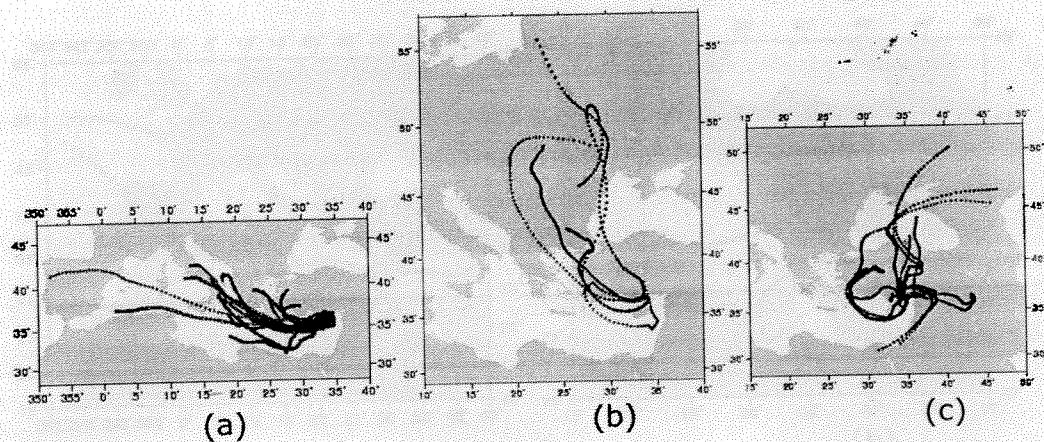
Şekil 2.3.5-2. En düşük pH değerlerinin, (a) pH=3.6 (b) pH=3.5 (c) pH=3.9 ölçüldüğü yağmur sularının yıkadığı hava kütlelerine ait geri yörüngeler.

Atmosferik kirleticilerden asidik bileşenleri içeren bu yağmurlara ait hava kütlelerinin kaynak bölgelerini belirleyebilmek amacıyla pH'ı ≤ 5.0 olan yağmur sularının örneklendiği günlere ait hava kütleleri geri yörüngeleri tek tek incelenmiş ve genel olarak:

- a) İtalya, Yunanistan gibi Güney Avrupa ülkeleri ile Doğu Akdeniz Bölgesi (9 adet) ve Balkan Yarımadası üzerinde (3 adet), uzun menzilli ve
- b) Anadolu yarımadası (6 adet) ile istasyona çok yakın yerel emisyon kaynakları üzerinde (3 adet), kısa menzilli hareket eden hava kütlelerinin kirletici taşıma potansiyeline sahip olduğu görülmüştür.

Yukarıda verilen bölgelerden kaynaklanarak asidik yağış getiren uzun menzilli hava kütlelerine ait yörüngeler, ait oldukları bölgelere göre sınıflandırılarak üstüste çizilmiş ve atmosferin yeryüzeyine en yakın bölümü olan sınır tabakası (900, 850 hPa) içinde hareket eden hava kütlelerinin izledikleri yol sırası ile Şekil 2.3.5-3'de sunulmuştur. Sınır tabakası içinde hareket eden hava kütlelerinin tümü de izobarik bir hareket sergilemiştir. Antisiklonik hareket gösteren hava kütleleri (Balkan Yarımadası üzerinde hareket eden iki adet) Şekil 2.3.5-3b'ye dahil edilmemiştir.

Şekil 2.3.5-3. Kuzey Atlantik Ozeanının Üst Atmosferde (850 hPa) Hareket Eden Hava Kütlelerinin Varyasyon Kapasiteleri ve Uzun Hava Uyutları.



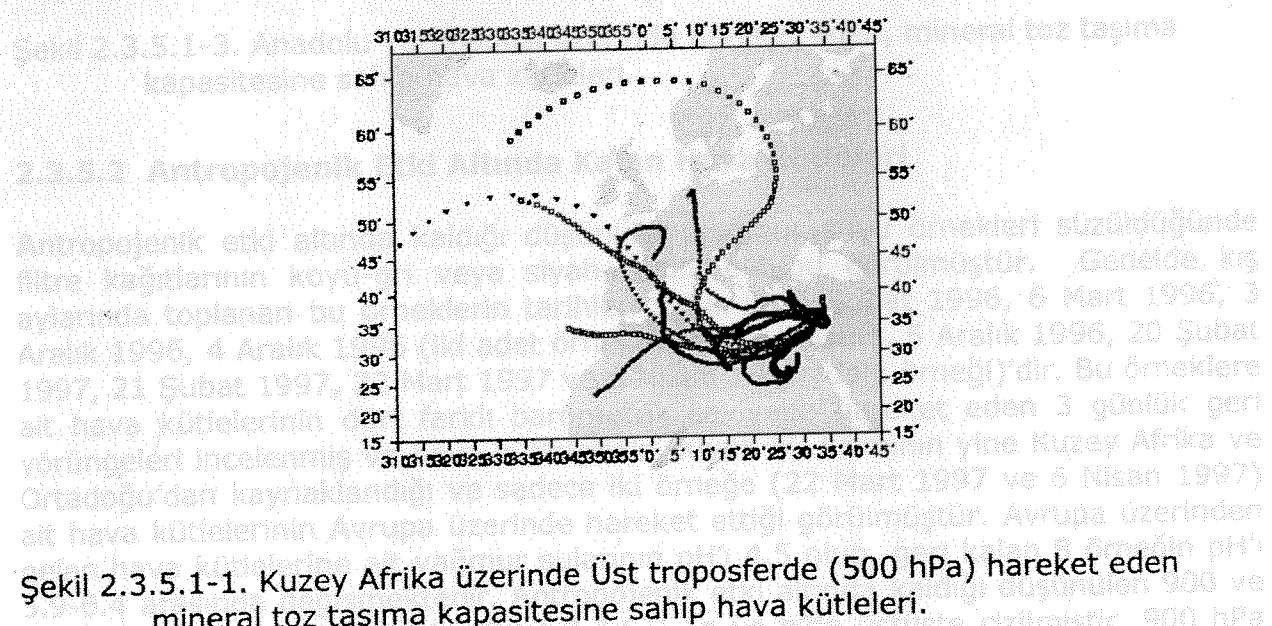
Şekil 2.3.5.3. Asit yağmurları taşıyan hava kütlelerinin potansiyel emisyon kaynak bölgeleri.

2.3.5.1 Mineral Toz Taşıma Kapasitesine Sahip Hava Kütleleri

örnekleme dönemi boyunca toplanan 18 yağmur suyuna ait filtre kağıdında sarı ya da kızıl-sarı renk gözlenmiştir. Bu örneklerden 8'ine ait hava kütleleri Kuzey Afrika'dan, 9'una ait hava kütleleri Ortadoğu'dan ve sadece birine ait hava kütleleri ise İç Anadolu'dan kaynaklanarak yerel kıyısal bölge içinde hareket etmektedir. Bu yağmurların tümünde yüksek pH değerleri ölçülmüştür ve partikül Al derişimleri 133-49725 ng/mL aralığında değişmektedir. Kurak ya da yarı-kurak bölgelerden mineral toz taşıma kapasitesine sahip hava kütleleri kaynak bölgelerine göre:

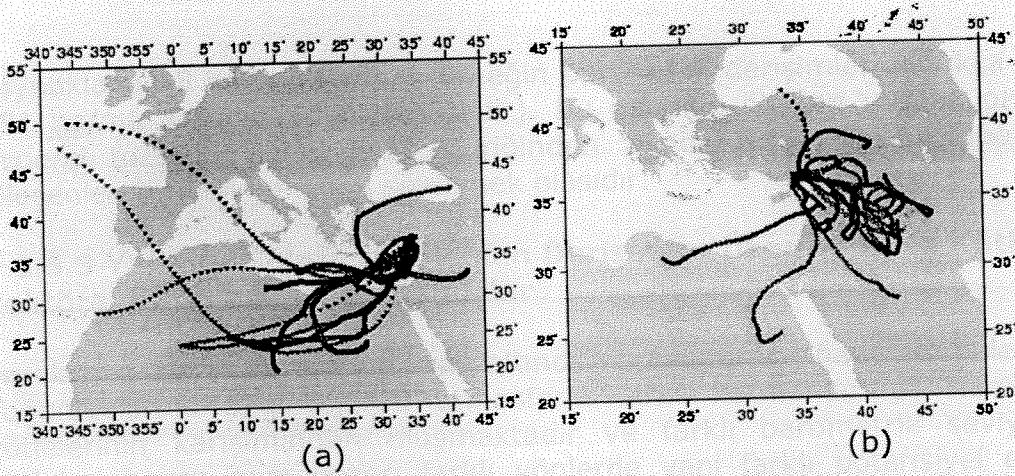
- 1-Kuzey Afrika, 500 hPa (Şekil 2.3.5.1-1),
- 2-Ortadoğu -Arap Y. Adası, 500 hPa ve 900 hPa (Şekil 2.3.5.1-2a,b),
- 3-Anadolu Yarımadası, tek örnek tüm seviyeler (Şekil 2.3.5.1-3),

Şeklinde üç ana grupta toplanarak bu gruplara ait hava kütleleri yörüngeleri üstüste çizilmiştir. Şekillere dahil edilen ve üst troposferde hareket eden hava kütlelerinin tümü de siklonik bir hareket sergilemektedir.

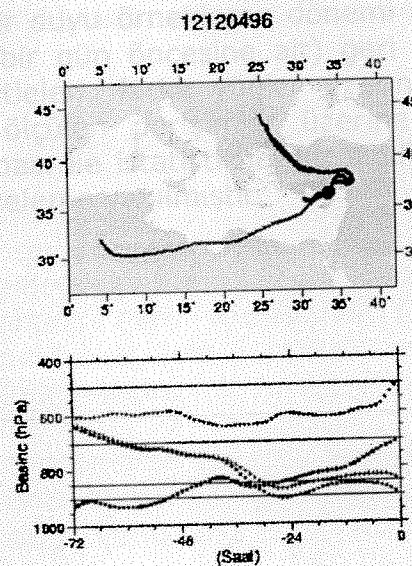


Şekil 2.3.5.1-1. Kuzey Afrika üzerinde Üst troposferde (500 hPa) hareket eden mineral toz taşıma kapasitesine sahip hava kütleleri.

Şekil 2.3.5.1-1'de görüldüğü gibi, 500 hPa ve 900 hPa seviyelerinde toplam 9 adet hava kütleinden 6'sının Ortadoğu'dan kırıltıcı taşıma potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. 500 hPa seviyesinde ise Kuzey Afrika'dan



Şekil 2.3.5.1-2. (a) Üst troposferde (500 hPa) Kuzey Afrika üzerinde (b) Sınır tabakasında (900hPa), Ortadoğu Ülkeleri üzerinde hareket eden, mineral toz taşıma kapasitesine sahip hava kütleleri.



Şekil 2.3.5.1-3. Anadolu Yarımadası üzerinde hareket eden, mineral toz taşıma kapasitesine sahip hava kütleleri.

2.3.5.2 Antropojenik Etki Altında Kalan Hava Kütleleri

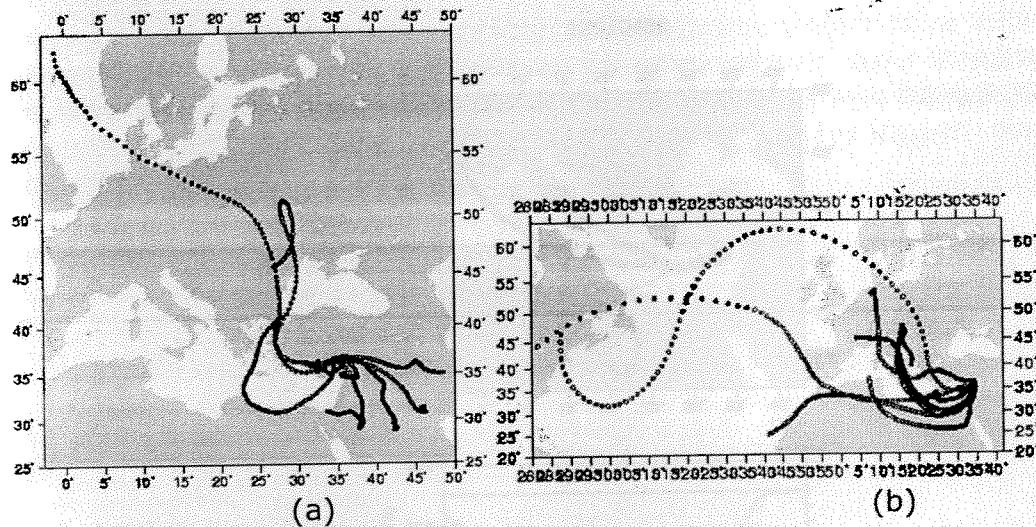
Antropojenik etki altında kaldığı düşünülen yağmur suyu örnekleri süzüldüğünde filtre kağıtlarının koyu-gri veya siyah renkli olduğu görülmüştür. Genelde kiş aylarında toplanan bu örneklerin tarihleri sırası ile 6 Şubat 1996, 6 Mart 1996, 3 Aralık 1996, 4 Aralık 1996 (iki adet örnekleme yapılmıştır), 5 Aralık 1996, 20 Şubat 1997, 21 Şubat 1997, 22 Mart 1997 ve 6 Nisan 1997 (dolu örneği)'dir. Bu örneklerde ait hava kütlelerinin dört farklı barometrik seviyede hareket eden 3 günlük gerek hava kütlelerinin incelenmiş ve hava kütlelerinin büyük bir kısmının yine Kuzey Afrika ve yörüngeleri incelenmiş ve hava kütlelerinin büyük bir kısmının yine Kuzey Afrika ve Ortadoğu'dan kaynaklandığı ve sadece iki örneğe (22 Mart 1997 ve 6 Nisan 1997) ait hava kütlelerinin Avrupa üzerinde hareket ettiği görülmüştür. Avrupa üzerinden gelen hava kütlelerine ait yağmur sularının pH'ı 4.5 olup, geri kalan 8 örneğin pH'ı 5.9-6.4 arasında değişmektedir. Antropojenik etki altında kaldığı düşünülen 900 ve 500 hPa yörüngeleri sırası ile Şekil 2.3.5.2-1a ve b'de üstüste çizilmiştir. 900 hPa seviyesinde toplam 9 adet hava kütlesinden 6'sının Ortadoğu'dan kirletici taşıma potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. 500 hPa seviyesinde ise Kuzey Afrika'dan

kaynaklanan 8 koyu gri renkli örneğin partikül Al derişimleri oldukça düşüktür (24-481 ng/mL arasında değişmektedir). Bu nedenle ölçülen yüksek pH değerlerinin, mineral tozun yüksek kalsit içeriğinden ziyade NH_4^+ gibi antropojenik kaynaklı bileşenlerden ileri geldiğini söylemek olasıdır.

2.3.5.3 Yağmur Sularında ölçülen Derişimler Üzerine Hava Kütlelerinin Sektörel Katkıları-örnek Sonuçlar

örnekleme istasyonunu etkisi altında bulunduran hava kütleleri, sıcaklık ve yoğunluklarına bağlı olarak atmosferin farklı katmanlarında hareket eden hava kütlelerinin karışımından oluşmaktadır ve farklı barometrik seviyelere ait hava kütleleri bazen aynı bazen farklı yönlerde yani farklı potansiyel emisyon kaynak bölgeleri üzerinde hareket etmektedir. Bu durumda örneklemme istasyonundan toplanan atmosferik örneklerin (aerosol veya yağmur suyu), farklı potansiyel emisyon kaynaklarının karışımını temsil eden bir bileşime sahip olduğu söylenebilir.

Erdemli istasyonunda yağmur suyu örnekleme dönemi için hesaplanan toplam 126 adet (yağmurlu günlere ve bir gün öncesine ait) geri yörüngenin 92'sinde (%73) farklı seviyelerdeki hava kütleleri, farklı yönler üzerinde hareket etmektedir. Bu nedenle yağmur sularında ölçülen derişimler üzerine hava kütlelerinin sektörel katkılarını belirleyebilmek amacı ile istatistiksel bir sınıflamaya gitmek yerine örnek (case) sonuçlar temelinde inceleme yapılmıştır.



Şekil 2.3.5.2-1. Antropojenik etki altında kaldığı düşünülen hava kütlelerinin (a) 900 hPa ve (b) 500 hPa barometrik basınç seviyelerinde izledikleri yol.

Bölüm 2.3.5'de asit yağmurları taşıyan uzun menzilli hava kütlelerinin genel olarak Güney Avrupa ve Balkan Yarımadası ülkeleri ile Doğu Akdeniz üzerinden, kısa menzilli hava kütlelerinin ise Anadolu Yarımadası ile yerel bölge üzerinden kaynaklandığı açıklanmış, Bölüm 2.3.5.1'de ise Kuzey Afrika ya da Ortadoğu ülkelerinden episodik mineral toz taşınımına bağlı olarak yağmur sularının pH değerlerinde bir yükselme olduğu görülmüştür. Bu bölümde ise bu sonuçlar ışığında kabaca örnekleme istasyonuna göre Kuzey ve Güneyden kaynaklanan hava kütlelerinin karışımı sonucunda ölçülen parametrelerde meydana gelen değişim aşağıda verilen örneklerle ele alınmıştır.

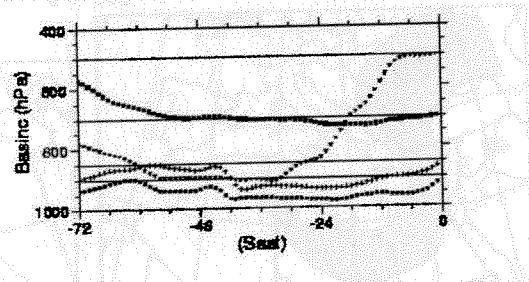
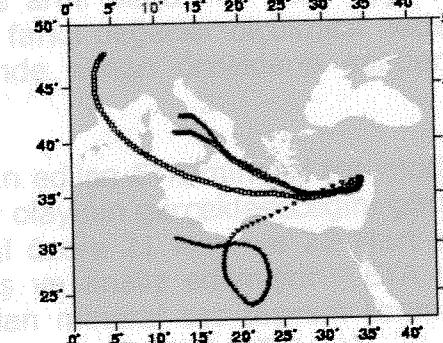
7 Nisan 1996. Şekil 2.3.5.3-1'de sınır tabakası hava kütlelerinin (900 ve 850 hPa) İtalya'dan kaynaklanarak Yunanistan ve Doğu Akdeniz üzerinde hareket ettiği, üst troposfere ait hava kütlesinin (500 hPa) ise Kuzey Afrika'dan kaynaklandığı görülmektedir.

Bu örneğin pH'ı 4.7, partikül Al derişimi 1864 ng/mL, Fe(II) derişimi ise oldukça yüksektir (371 nmol/L, 20.72 ng/mL). Partikül Al derişimi ile 500 hPa seviyesindeki hava kütlesinin düşey yöndeği hareketi (siklonik), Kuzey Afrika'dan mineral toz taşınımının gerçekleştiğini ve mineral toz içindeki demirin, sınır tabakası içinde hareket eden hava kütleleri tarafından taşınan asidik bileşenler vasıtasi ile çözüldüğünü göstermektedir.

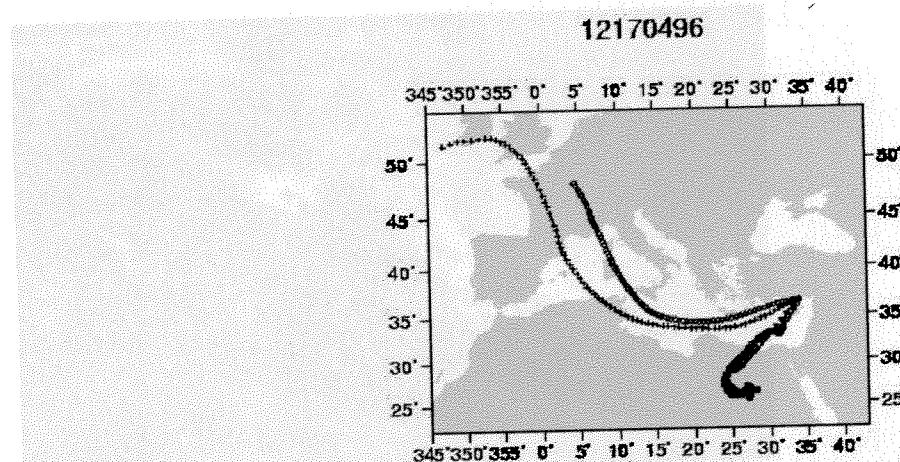
17 Nisan 1996. Şekil 2.3.5.3.2'de 700 ve 500 hPa seviyesindeki hava kütlelerinin siklonik hareketlerle Kuzey Afrika'dan mineral toz taşıdığı (Partikül Al:14185 ng/mL) ve bu kütlelerin Güney Avrupa ülkelerinden kaynaklanan ve kirletici taşıma potansiyeline sahip sınır tabakası hava kütleleri ile karıştığı görülmektedir. Bu karışım sonucunda pH 5.3'e düşmüş ve bu örnekte de nispeten yüksek Fe(II) derişimi ölçülmüştür (188 nmol/L, 10.50 ng/mL).

Şekil 2.3.5.3.2, 17 Nisan 1996, 12 UYOR Brüksel İstasyonuna dört ayrı barometrik basınç seviyesinde ulaşan hava kütleleri gari yörtingeleri.

12 Mart 1997: Bu tarihe kadar meteorlerin hava kütlesini geni yörüngeledi birbirinden farklılıkla, saat 12'de (12 UT) Orta Amerika'ya uygun hava kütlesi ile. 12070496
22 Mart 1997 günde kütle 12070496 ile birlikte 12070497 adlı bir kütleyi birlikte birbirinden farklı farklı hava kütlesi ile uygun olarak yerinden yörüngeledi, aynı gün kütleyi 12070496'ya geri döndürdü.



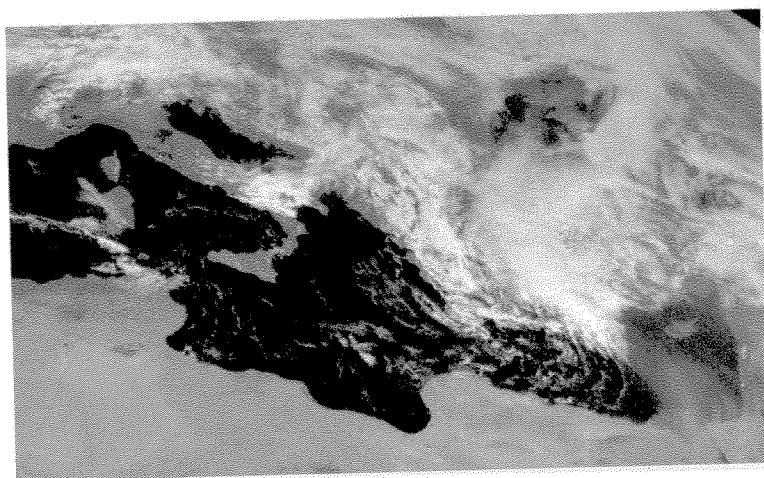
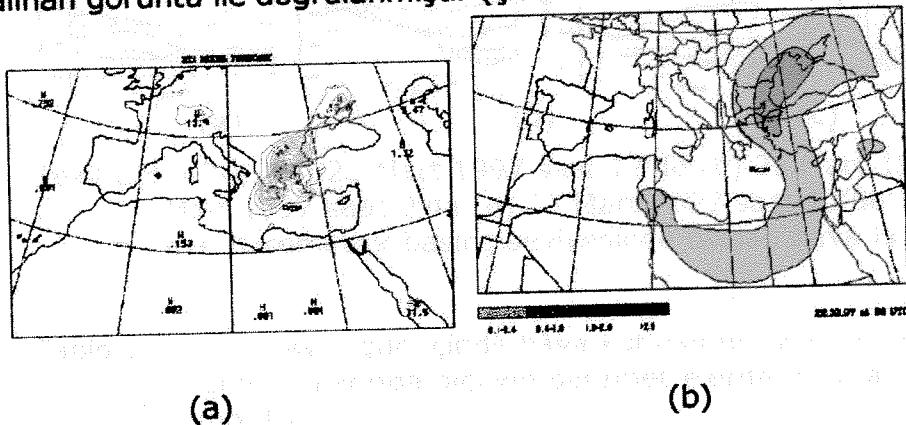
Şekil 2.3.5.3-1. 7 Nisan 1996, 12 UT'de Erdemli istasyonuna dört ayrı barometrik basınç seviyesinde ulaşan hava kütleleri geri yörüngeleri.



Şekil 2.3.5.3-2. 17 Nisan 1996, 12 UT'de Erdemli istasyonuna dört ayrı barometrik basınç seviyesinde ulaşan hava kütleleri geri yörüngeleri.

22 Mart 1997: Bu tarihe kadar hesaplanan hava küteleri geri yörüngeleri belirtilen tarihlerde, saat 12'de (12 UT) örnekleme istasyonuna ulaşan hava kütelerine aittir. 22 Mart 1997 günü içinde ardıl olarak iki adet yağmur suyu örneklenmiş ve bu örneklerde birbirinden çok farklı değerler ölçülmesi nedeniyle hava kütelerinin geri yörüngeleri, aynı gün içinde alınan örneklerin saatlerine uygun olarak yeniden hesaplanmıştır.

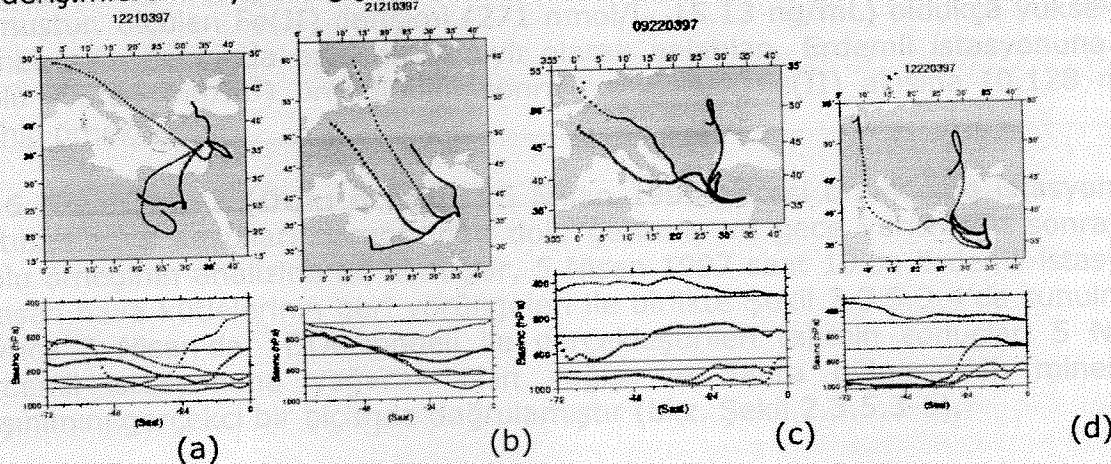
21 Mart 1997 tarihi için run edilen ETA mineral toz modeli, Kuzey Afrika'dan mineral tozun kalktığını ve yağmur olayının gerçekleşeceğini göstermiştir (bkz. Şekil 2.3.5.3-3a,b). Yukarıda belirtildiği üzere 21 Mart ve 22 Mart tarihlerinde Erdemli'ye yağan yağmur suları örneklenmiş ve analiz edilmiştir. ETA modelinin Sahra bölgesinden doğu Akdeniz basenine olan mineral toz taşınım tahmini, METEOSAT uydusundan alınan görüntü ile doğrulanmıştır (Şekil 2.3.5.3-3c).



Şekil 2.3.5.3-3. 21 Mart 1997 saat 00'da yapılan 24 saatlik tahmin sonuçları. (a) 24 saatlik yağış miktarı; (b) 24 saat sonrası (22 Mart 00) için mineral toz taşınımı; (c) 21 Mart 11:30 da METEOSAT uydusunun vis kanalından alınan görüntü.

Gün boyunca fırtınalı hava koşullarının hakim olduğu gözlenmiş ve beklenen yağmur gece saat 21 sularında yağmaya başlamıştır. Gece boyunca toplanan örneklerin analizi, 22 Mart 1997 sabahı saat 7'de gerçekleştirilmiştir (örnek A). 21 ve 22 Mart 1997 tarihlerinde farklı saatlerde Erdemli istasyonuna ulaşan hava kütelerine ait geri yörüngeler zaman sırası içerisinde Şekil 2.3.5.3-4'de sunulmuştur. 22 Mart 1997 günü sabah saat 7 ile gece saat 23 arasında gün boyu aralıklarla yağan yağmurun analizi ise aynı gün saat 23'de gerçekleştirilmiştir (örnek B). A ve B

Şeklinde kodlanan örneklerle ait sonuçlar aşağıda Tablo 2.3.5.3-1'de sunulmuştur. Bu case sonuçlar bize hava kütelerinin 12 saatten de kısa zaman aralıklarında (9 hatta 3 saat içinde) yön değiştirdiğini ve bu değişime paralel olarak ölçülen derişimlerde büyük değişimler meydana gelebileceğini göstermektedir.



Şekil 2.3.5.3-4. (a) 21 Mart 1997 saat 12'de (b) 21 Mart 1997 saat 21'de (c) 22 Mart 1997 saat 9'da (d) 22 Mart 1997 saat 12'de Erdemli istasyonuna dört ayrı barometrik basınç seviyesinde ulaşan hava küteleri geri yörüngeleri.

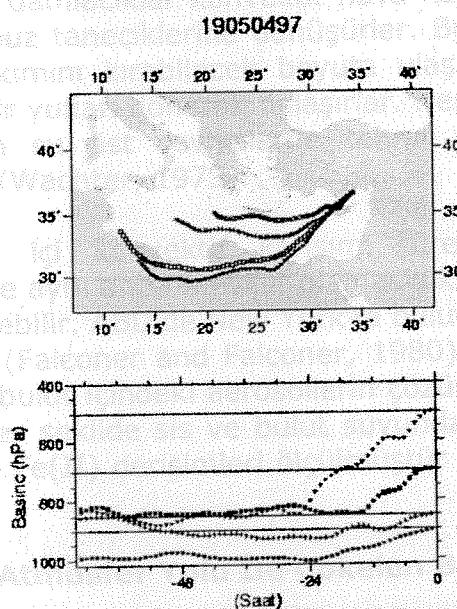
Tablo 2.3.5.3-1. Aynı gün içinde hava kütelerinin yön değiştirmesine bağlı olarak yağmur sularında ölçülen parametrelerde meydana gelen değişimler (nmol/L).

örnek:	A	B
Renk	Sarı	Gri
Yağış (mm)	6.21	8.48
pH	7.6	4.5
İletkenlik (μS)	311.0	66.3
Fe(II)	21	271
Fe(III)	61	30
Fe (II+III)	82	301
AAS.Fe _{Ts}	177	332
Fe _{par}	128942	519
Toplam Fe	129119	850
Al _{par}	343625	1780

Şekil 2.3.5.3-4a'da 21 Mart 1997 saat 12'de 700 ve 500 hPa seviyelerindeki hava kütelerinin Kuzey Afrika'dan, 900 hPa seviyesindeki hava kütlesinin ise İç Anadolu ve Suriye'den mineral toz taşıdığı ve Şekil 2.3.5.3-4b'de ise aynı gün saat 21'de istasyona ulaşan hava kütelerinin yön değiştirerek antisiklonik bir hareketle Avrupa üzerinde hareket ettiği görülmektedir. Antisiklonik hava hareketine bağlı olarak istasyon üzerinde gece geç saatlerde meydana gelen durgunluk neticesinde aerosol yükünün daha da yoğunlaşığı söylenebilir. Nitekim aynı saatlerde yağmaya başlayan yağmurörneğinde (örnek A) çok yüksek partikül Fe ve Al derişimleri ölçülmüştür, pH değeri çok yüksektir. Filtre kağıdının rengi koyu sarı olup iletkenlik değeri de gözlenen en yüksek değerlerden biridir. Oysa Fe(II) değeri bunun tam aksine Börneğinde ölçülen değerden yaklaşık 10 misli daha düşüktür. Şekil 2.3.5.3-4c ve d'de Erdemli'ye sırası ile sabah saat 9 ve 12'de ulaşan ve örnek B tarafından yıkanan hava kütelerine ait geri yörüngeler görülmektedir. Anılan saatlerde hava

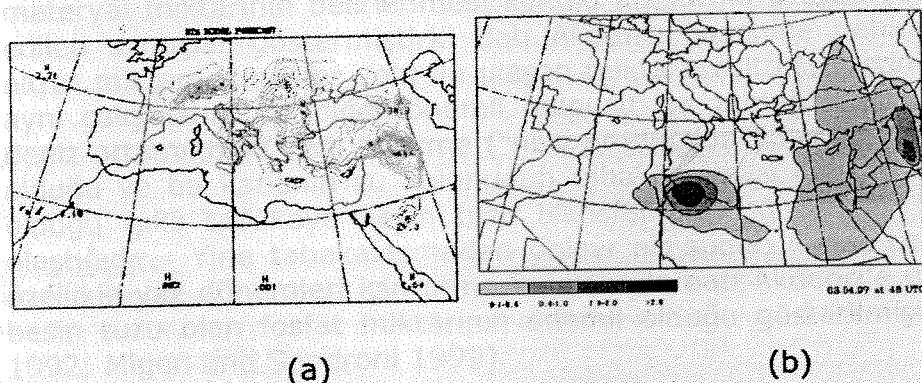
kütlelerinin kirletici taşıma potansiyeline sahip bölgeler üzerinde hareket etmesi sonucunda pH değeri düşmüş ve daha önce sunulan örneklerde (7 ve 17 Nisan 1996) olduğu gibi asidik bileşenler, atmosferik demirin çözünmesine neden olmuştur. ölçülen Fe(II) derişimi (271 nmol/L , 15.13 ng/mL) oldukça yüksektir. Bu örnek aynı zamanda aşağıda detaylı olarak anlatılan, Erdemli istasyonuna düşen dolu (0.234 mg/m^2) örneğinden sonra en yüksek Fe(II) akısına (0.128 mg/m^2) sahip örnektir.

5-6 Nisan 1997 (Dolu örneği). 5 Nisan 1997 gecesi örneklem istasyonundaki fırtınalı hava koşulları beraberinde dolu getirmīş ve gece yarısından sonra yağan dolu örneğinin analizine ait sonuçlar, 5 Nisan 1997 saat 19'da Erdemli istasyonuna ulaşan hava kütlelerinin geri yörüngeleri ile birlikte Şekil 2.3.5.3-4'de sunulmuştur. Ayrıca 3 Nisan'da ETA modeli ile gerçekleştirilen tahmin sonuçları 5 Nisan'da Erdemli istasyonuna yağacak olan yağışı ve Sahra bölgesinden mineral toz taşımımını gerçekci bir biçimde doğrulamıştır (bkz. Şekil 2.3.5.3-5). İle pek çok küçük



Yağış: 25.4 mm, pH: 4.5, İletkenlik: 39.6 μ S, Fe(II): 188 nmol/L, Fe(III): 28 nmol/L, Fe(II+III): 216 nmol/L, AAS.Fe_{Ts}: 8968 nmol/L; Fe_{par}: 2113 nmol/L, Toplam Fe: 11080 nmol/L, Al_{par}: 9229 nmol/L AAS.Fe_{Ts}/Toplam Fe: 0.81

Şekil 2.3.5.3-4. 5 Nisan 1997 19 UT'de Erdemli istasyonuna dört ayrı barometrik basınc sevivesinde ulaşan hava kütleleri geri yörüngeleri.



Şekil 2.3.5.3-5. 3 Nisan 1996 00'da 48 saat sonrası (5 Nisan 00) için ETA modeli ile gerçekleştirilen tahmin sonuçları. (a) Yağış; (b) Atmosfer kolumnündeki mineral toz miktarı (g/m^2).

Dolu örneği, yağmur örnekleri içinde en yüksek çözünmüş demir, Fe(II) ve AAS.Fe_{Ts} akısına sahip öрнектir.

Bir yağmur bulutu 0.1 mm'den daha küçük çaplı binlerce su damlacığından oluşur. Bu su damlacıkları bulutla birlikte yükseldiğinde donma noktasının altındaki sıcaklıklarda donmamış fakat aşırı soğuk damlacıklara dönüşürler. Bulut içinde aynı anda mevcut olan buz kristalleri, bu aşırı soğuk su damlacıklarını kendilerine doğru çekerek daha iri buz partiküllerini (kar) oluştururlar. Hava, bu büyümüş ve ağırlaşmış buz ya da kar tanelerini artık taşıyamaz duruma gelince tanecikler yere düşmeye başlar ve bu düşüş sırasında uğradıkları nem ve sıcaklık koşulları bu taneciklerin yere ulaşıkları formu belirler, örneğin yere inerken erirlerse yağmur, erimezlerse kar oluştururlar.

Kümülonimbus gibi aktif fırtına bulutlarında ise ağırlaşarak düşmeye başlayan yağmur damlları, bulut içinde yukarı yönelmiş şiddetli bir akım ile pek çok küçük damlacıklara ayrılır ve bu damlacıklar konvektif hava hareketi ile tekrar bulutun üst tarafına taşınarak orada buz taneciklerine dönüşürler. Bu buz parçacıkları ise yukarı yönelmiş şiddetli hava akımını kırabilecek boyuta ulaşınca kadar bulut içindeki nemli ortamda bir aşağı bir yukarı dönerek dolaşırlar. Nem sayesinde üzerlerine daha fazla su yapışır, yapışan su üst seviyelerde tekrar donar ve dereceli büyümeye neticesinde "Dolu" oluşur (Wachter, 1973).

Dolu oluşumunda bulut içi konvektif karışım süreçlerinin çok etkin olduğu görülmektedir. Bulut içinde aynı anda mevcut olan asidik bileşenler bulut suyunu aşırı derecede asidik hale getirebilir. ABD'de New York'ta bulut suyunda 2.2 gibi çok düşük pH değerleri ölçülmüştür (Falconer and Falconer, 1980). Konvektif karışım süreçleri ile birlikte asidik koşullar bulut içindeki aerosollerin çözünürlüğünün artmasına neden olur. Dolu örneğine benzer şekilde sis ve bulut suyunda yağmur suyuna oranla çok daha yüksek derişimlerde Fe(II) derişimleri ölçülmüştür (Behra and Sigg; 1990; Erel et al., 1993).

2.3.6 Kilikya Basenine Atmosfer Yolu İle Çökelen Besin Tuzları

Şubat 1996-Şubat 1997 tarihleri arasında Erdemli'ye yağan 65 adet yağmur olayının tümü öрнекlendi. Bu yağmur olaylarının 16'sında yağış miktarı ≤ 1.5 mm olduğundan fosfat ve nitrat analizi için yeterli örnek miktarı toplanamamıştır.

Batı Akdeniz baseninde gerçekleştirilen nehir ve atmosfer vasıtasi ile denize ulaşan materyal miktarının belirlenmesi konulu araştırma projesi (EROS 2000) nden elde edilen sonuçlar göstermiştirki Batı Akdeniz basenine nehirler vasıtasi ile ulaşan nitrat miktarı atmosfer yolu ile ulaşan miktara eşittir (Martin et al., 1989). Ayrıca aynı çalışmanın bir diğer önemli bulgusu ise atmosfer ile denize ulaşan nitratin deniz ortamındaki yeni üretime ("new production") katkısının ortalama olarak 10% olduğu ve bu katığının su kolonunun tabakalaşması dolayısı ile alt sudan üretimin olduğu ışıklı tabakaya besin tuzu transferinin engellendiği dönemlerde 50 % ye ulaştığıdır. Yine tabakalaşmadan dolayı alt sudan fosfat transferinin engellendiği özellikle yaz dönemleri için atmosfer yolu ile batı Akdeniz'e ulaşan bir diğer önemli besin tuzu olan fosfat miktarının olduğu gösterilmiştir (Bergametti et al., 1992; Migon and Sandroni 1999).

Tablo 2.3.6-1'de Erdemli'de toplanan örneklerde ölçülen besin tuzu sonuçları kullanılarak hesaplanmış besin tuzu akıları karşılaştırılmış olarak sunulmuştur. Doğu Akdeniz'e ulaşan nehirsel girdilerin yok denecek kadar az olduğu ve batı Akdeniz'e

nehirler ve atmosfer yolu ile ulaşan besin tuzu miktarlarının eşit olduğu (Martin et al., 1989) gerçeği göz önünde tutulursa, atmosfer ile Doğu Akdeniz'e ulaşan besin tuzlarının önemi açıkça ortaya çıkmaktadır.

Tablo 2.3.6.1 Atmosfer yolu ile denize ulaşan besin tuzu akılarının dünyadan çeşitli istasyonlarından elde edilen değerlerle karşılaştırılması. Aksi belirtilmediği takdirde akılar sadece yağmurla yıkanan (yaş) miktarı, fosfat PO_4^{3-} -P ve nitrat NO_3^- -N temsil etmektedir.

İstasyon	Fosfat ($\mu\text{mol} / \text{m}^2 \text{ yr}$)	Nitrat ($\text{mmol} / \text{m}^2 \text{ yr}$)
Erdemli (Kilikya Baseni) ¹	560	42.4
Güneydoğu Akdeniz (İsrail) ²	290.6	7.21-20.49
Batı Akdeniz (Cap Ferrat) ³	95	Veri yok
Batı Akdeniz (Corsica) ⁴	424-825	Veri yok
Batı Akdeniz (Corsica) ⁵	Veri yok	46.0-54.8 (NO_3^- -N + NH_4^+ -N)
Fransa (Atlantik kıyısı) ⁶	Veri yok	22.6
Kuzeybatı Pasifik (Sarı Deniz) ⁷	465.6	16.48
Çek Cumhuriyeti (Kara istasyonu) ⁸	484.3-775.0	25.0-35.0

¹Bu çalışma; ²Herut et al., (1999b); ³Migon and Sandroni, (1999); ⁴Bergametti et al., (1992); ⁵Loye-Pilot et al., (1990); ⁶Rimmelin et al., (1999); ⁷Zhang and Liu, (1994); ⁸Kopacek et al., (1997).

2.4 Sonuçların Sentezi

• 1996, 1997 ve 1998 dönemine ait aerosol örnekleri kimyasal bileşimi ile Şubat 1996-Haziran 1997 döneminde örneklenen yağmur suları analiz sonuçlarının yorumlanabilmesi, ECMWF Atmosfer modeli ile veri tabanı kullanılarak Erdemli istasyonuna 900, 850, 700 ve 500 hPa barometrik basınç seviyelerinde ulaşan hava kütlelerinin üç günlük, üç boyutlu geri yörüngelerinin hesaplanması ile mümkün olmuştur. Hesaplanan yörüngeler, örnekleme istasyonuna taşınan atmosferik kirleticilerin potansiyel emisyon kaynak bögelerinin belirlenmesine ve Kilikya Baseni için ortalama hava akım istatistiğinin çıkarılmasına olanak sağlamıştır.

• En yüksek nss-sülfat derişimlerine sahip aerosol örneklerinin, nitrat derişimleri ile Pb ve Cd gibi antropojenik elementlerin toprağa göre zenginleşme faktörleri nispeten düşüktür. Bu örnekleri Kilikya Baseni'ne taşıyan hava kütlelerinin üç günlük geri yörüngeleri Levant Basen'i süpürmektedir ve örneklerde ölçülen düşük antropojenik eser element derişimleri hava kütlelerinin karakteristik deniz havası özelliklerini taşıdığını göstergesidir. Bu sonuçlar, atmosferik nss-sülfat derişimlerine antropojenik kaynaklardan ziyade Doğu Akdeniz'in Levant Basen'i'ndeki biyojenik kaynakların daha fazla katkıda bulunduğu göstermektedir. Temmuz 1992'de yüksek nss-sülfat içeren aerosol örneklerini Kilikya Baseni'ne taşıyan hava kütlelerinin üç günlük üç boyutlu geri yörüngeleri Karadeniz'den kaynaklanmaktadır ve bu örneklerin tarihleri Karadeniz genelinde gözlenen yaygın coccolithophorid patlamasının gerçekleştiği dönemde çakışmaktadır. Levant Basen'i'nden sonra Karadeniz de atmosferik nss-sülfat derişimlerine katkıda bulunan

öneMLİ bir biyojenik kaynak olarak değerlendirilebilir. Ayrıca denizsel biyojenik sülfür emisyonunun önsürücüsü olan MSA ve nss-sülfat derişimlerinin zaman içerisinde benzer dağılımı göstermiş olması doğu Akdeniz atmosferindeki partikül sülfata denizsel emisyonların katkısının gözardı edilmemesi gereğini belirginleştirmiştir.

• Birincil üretimde sınırlayıcı besin tuzu olarak kritik bir rol oynayan demirin Levant Basenİ yüzey sularına atmosferik yollarla taşınan miktarı ve çözünürlüğü konusunda çevresel deneysel verileri sağlayabilmek amacıyla Şubat 1996-Haziran 1997 tarihleri arasında Erdemli istasyonundan toplanan yağmur suyu örnekleri özellikle demir tür ve içerikleri açısından incelenmiş, ek olarak aynı örneklerde pH, iletkenlik ve partikül alüminyum analizleri gerçekleştirılmıştır. Elde edilen sonuçların yorumlanabilmesi için yağmurlu günlerde Erdemli istasyonuna dört ayrı barometrik basınç seviyesinde ulaşan hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri, ECMWF atmosfer modeli aracılığı ile hesaplanmıştır

• örnekleme dönemi boyunca Erdemli istasyonuna düşen yağmurların %28'i asidiktir. Asit yağmurlarını Kilikya Basenİ'ne taşıyan hava kütlelerinin yarısı İtalya, Yunanistan gibi Güney Avrupa ülkeleri ile Doğu Akdeniz ve Balkan Yarımadasından diğer yarısı ise Anadolu Yarımadası gibi yerel bölgelerden kaynaklanmaktadır. Yağmur sularının %58'inde ise Sahra ve Ortadoğu ülkelerinden taşınan mineral tozun kalsit içeriğine bağlı olarak yüksek pH değerleri ölçülmüştür.

• Yağmur suyu örnekleme dönemi için hesaplanan 126 adet geri yörüngenin %73'ünde farklı seviyelerdeki hava kütleleri farklı coğrafik sektörler üzerinde hareket etmektedir. Bu nedenle yağmur sularında ölçülen demir derişimleri üzerine hava kütlelerinin sektörel katkılarını belirleyebilmek amacıyla istatistiksel bir sınıflamaya gitmek yerine örnek (case) sonuçlar temelinde inceleme yapılmış ve genel olarak Güney Avrupa üzerinden kaynaklanan ve asidik bileşenleri taşıma potansiyeline sahip sınır tabakası hava kütlelerinin, aynı anda üst troposferde Kuzey Afrika ya da Ortadoğu ülkeleri'nden siklonik bir hareketle mineral toz taşıma kapasitesine sahip hava kütleleri ile karıştığı durumlarda oldukça yüksek Fe(II) derişimleri ölçülmüştür.

• 22 Mart 1997'de ardıl örneklenen iki yağmur örneğinde çok farklı değerler ölçülmüş ve hava kütleleri geri yörüngeleri yağmur örneklerinin toplandığı saatlere uygun olarak yeniden hesaplanmıştır. Bu analizler, Erdemli istasyonuna ulaşan hava kütlelerinin 12 saatten de kısa zaman aralıklarında yön değiştirdiğini ve bu değişime paralel olarak ölçülen derişimlerde büyük değişimler meydana gelebileceğini göstermiştir. Bu örneklerde ait sonuçlar, yukarıdaki maddede açıklanan sonuçları destekler niteliktedir.

• Demir hipotezi, atmosferik girdi verilerinin çok kısıtlı olduğu okyanus bölgeleri için geliştirilmesine rağmen bu çalışmalarдан elde edilen demir akıları tüm Levant Basenİ'ne yayılarak sadece atmosfer yolu ile Doğu Akdeniz'e giren çözümlemiş demir fraksiyonunun Levant Basenİ'ndeki birincil üretmeye yetecek seviyelerde olup olmadığı aşağıda tartışılmıştır.

Levant Basenİ'nde ortalama ışıklı tabaka (euphotic zone) derinliği 90 m dir ve bu derinlikteki su kolonu boyunca integre edilen birincil üretim seviyesi oligotrofik yaz koşulları için $38.5 \text{ mgC/m}^2.\text{gün}$, karışımın kuvvetli olduğu bahar ayları için (Mart 1992) $457 \text{ mgC/m}^2.\text{gün}$ olarak bulunmuştur. Kış ve erken bahar dönemi için Doğu Akdeniz'de üretim hızı $200-600 \text{ mgC/m}^2.\text{gün}$ aralığında değişmektedir (Ediger, 1995). Bu değerler, Batı Akdeniz'de bahar ayları için verilen $330-600 \text{ mgC/m}^2.\text{gün}$ (Lohrenz et al., 1988) ve Sargasso Denizi için yıl temelinde verilen $348 \text{ mgC/m}^2.\text{gün}'\text{lük}$ (Lohrenz et al., 1992) birincil üretim hızları ile kıyaslanacak olursa bu denizlerin üretkenlik açısından birbirlerine benzilikleri söylenebilir.

Birincil üretim için C/Fe mol oranı 10^4 - 10^5 seviyesindedir (Martin, 1990b). Bu oran yardımı ile Levant Baseninde fitoplankton patlamalarının daha ziyade bahar aylarında gerçekleştiği gözönünde tutulursa Ediger, (1995) tarafından bahar ayları için verilen $457 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{gün}$ 'lük birincil üretim hızına yetecek Fe akısının $2.6\text{-}26.0 \text{ mgFe/m}^2$ arasında değişmesi gerektiği hesaplanabilir. Bu çalışma kapsamında üretkenliğin yüksek olduğu bahar aylarında Levant Basen'i'ne düşen AAS. Fe_{TS} akısının 20.7 mg/m^2 seviyesinde olduğu bulunmuştur. Bu değer, sadece atmosferden yaşı çökelme yolu ile taşınan kolloidal+çözünmüş demirin Levant Basen'i'nde gözlenen yüksek birincil üretim hızına yetecek miktarlarda olduğunu göstermektedir.

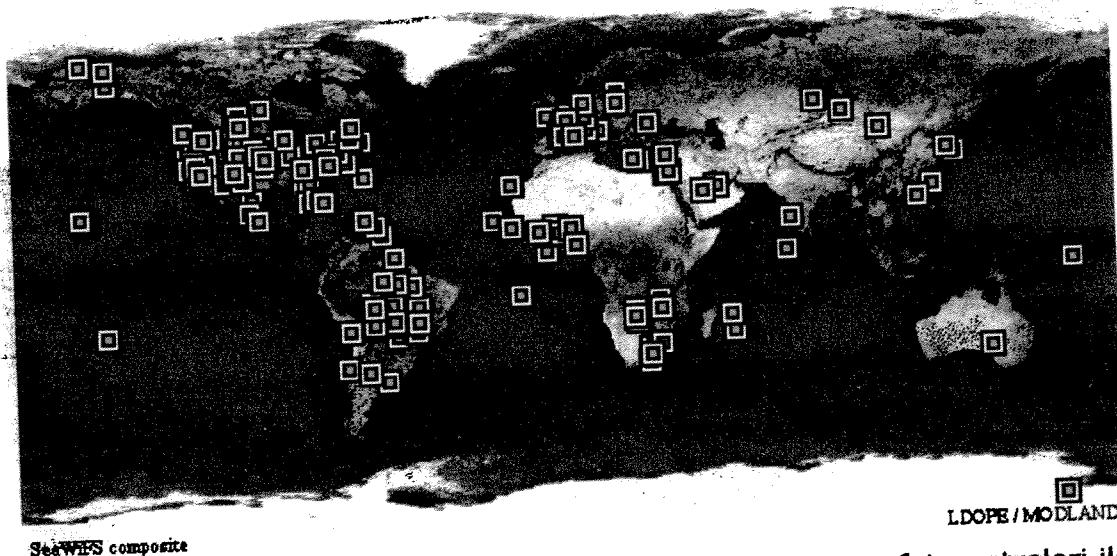
Bu sonuçlar önemli ipuçları taşısalar dahi, kurak bölgelerden atmosferik yolla taşınan mineral tozların ve besin tuzlarının deniz yüzeyine çökeldiklerinde doğrudan fitoplankton patlamaları yarattıklarını göstermek için kendi başlarına yeterli değildir. Böyle bir sonuca ulaşılabilmesi için toz taşınım modeli ve uydu ile uzaktan algılama teknikleri de kullanılarak, yerinde örnekleme ile olay temelinde geniş kapsamlı araştırmalar yapılmalıdır. ETA toz modeli, episodik mineral toz taşınımının önceden tahmin edilmesine olanak tanımaktadır. Toz taşınımı aynı anda ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü uydu merkezinde NOAA TIROS-N serisi ve METEOSAT uydularından alınan görüntülerle izlenebilmektedir. Bulutların varlığı tozun izlenmesini güçleştirir bu nedenle uydu gözlemleri toz bulutlarının ancak kalitatif olarak saptanmasında kullanılabilir. Mineral toz partiküllerinin deniz yüzeyine çökelmesini takiben SEAWIFS uydusundan alınacak olan klorofil-a ve AVHRR görünür radyasyon verileri ile birlikte değerlendirilmelidir. Model kullanımı ve uydu gözlemlerine paralel olarak elde edilecek yer ölçümleri, kantitatif değerlendirmelere esas teşkil eder. Bu çalışmalar, çözünmüş ve partikül demirin yaş veya kuru çökelme akılarının saptanmasını, deniz yüzeyi mikro tabaka ve ışıklı tabaka içerisinde deniz suyunda çözünmüş demirin kinetiğinin incelenmesini, eşzamanlı oşinografik parametreler, fitoplankton, çözünmüş DMSP-DMS, partikül DMSP, klorofil ve besin tuzu ölçümlerini, ve aerosol örneklerinde temel anyon ve MSA analizlerini içermelidir. Saf demir mineralleri ile yapılan çalışmalar, demirin fotokimyasal çözünürlüğünün mineralojik yapıya göre değiştğini ortaya koymuştur. Bu nedenle aerosol örneklerindeki demir minerallerinin analizi, bu metalin çözünürlüğünü açıklayacak en önemli verileri oluşturacaktır.

2.5 İşbirliği

ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde halen yürütülmekte olan atmosfer ile ilgili araştırmaların kapsamında iki ayrı ülke ile işbirliği yapılmaktadır. Bu ülkeler Amerika ve Yunanistan'dır. Her iki ülke ile yürütülen işbirliğinin detayları aşağıda sunulmuştur.

Hava kalitesinin belirlenmesi özel ihtiyacı ile birlikte küresel atmosferik değişim olgusunun, daha detaylı bir şekilde anlaşılması gereği kabul edilmektedir. Atmosferik ölçümler kısmen uzaktan algılama uyduları yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Buna ek olarak, NASA bünyesindeki Yerbilimleri Ofisi, Earth Observing System (EOS), tarafından desteklenen uzay araştırma programları çerçevesinde elektromagnetik spektrumunun kısa dalga boyunda uzaktan algılama metodu ile toplanan verilere atmosferin neden olduğu saçımlıların düzeltilmesi için uygulanan teknikler ile uzaktan algılama metodu ile belirlenen atmosferik partikül miktarlarının doğruluğunu test etmek amacıyla yerde yapılan ölçüm teknikleri de yararlı veri setleri sağlamaktadır. Kesin ölçüm hedeflerine ulaşabilmek amacıyla doğrultusunda, atmosferdeki partiküllerin önemli optik özelliklerini ve atmosferdeki

su buharı miktarını belirlemek için güneş fotometreleri kullanılmaktadır. Bu bilimsel aktivite çerçevesinde NASA diğer ülkelerdeki benzer kurumlar ve/veya enstitüler ile işbirliği yaparak küresel güneş fotometresi ile ölçüm ağı kurmuş ve ODTÜ-DBE'de bu ağır bir parçası olmuştur. İki kurumun karşılıklı olarak onayladığı anlaşma çerçevesinde NASA ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ), Deniz Bilimleri Enstitüsü (DBE) bir veya daha fazla güneş fotometresi ile ölçüm yapılacak istasyonları her iki tarafın da mutabık olduğu yerlere kurmak amacıyla girişimler başlatmış ve ilk istasyon ODTÜ-DBE'nin kampüsünün bulunduğu Erdemli'ye kurulmuştur (bkzn. Şekil 2.1.5.1). Erdemli ölçüm istasyonunun, küresel ölçekte yayılmış olan atmosferdeki partiküllerin robot ile ölçüm ağı (AERONET) na dahil edilmesi ile atmosferdeki partiküllerin özellikleri ve miktarları ile küresel ve bölgesel atmosferik partiküller arasındaki ilişkinin anlaşılması önemli bir biçimde geliştirecektir. Bu işbirliğinin bir diğer amacı ise Amerika'lı ve Türkiye'li bilim adamlarının Türkiye'deki istasyondan toplanan ölçümler ile NASA'nın Greenbelt, Maryland şehrinde bulunan Goddard Uzay Uçuşları Merkezinde kullanımına açık bulunan küresel atmosferik parçacık veri tabanını kullanarak bilimsel araştırma programları geliştirmelerini teşvik etmektir. NASA, Şekil 2.1.5-1'de sunulan harita üzerindeki ölçüm istasyonlarından alınan proses edilmiş güneş fotometresi verilerine kullanıcıların internet vasıtası ile ulaşabilmelerini sağlar (Gerekli bilgi projenin bilgisayardaki internet adresinde, <http://spamer.gsfc.nasa.gov>, bulunabilir).



Şekil 2.1.5-1. NASA tarafından yürütülen küresel ölçekte güneş fotometreleri ile ölçüm yapılan istasyonlar (İstasyonlar kare ile gösterilmiş olup doğu Akdeniz bölgesindeki istasyonlardan biri Erdemli'de kuruludur).

ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsünde yürütülen atmosfer araştırmalarının amacı genel olarak şu şekilde özetlenebilir. Doğu Akdeniz atmosferinde bulunan aerosol kütlesinin kompozisyonun tanımlanması ve var olan kompozisyonuna katkıda bulunan doğal ve/veya antropojenik kaynakların belirlenmesi öncelikli olarak hedeflenmiştir. Bu konuda detaylı bir veri seti topladıktan sonra atmosfer/deniz ve atmosfer/iklim etkileşimlerinin bölgesel anlamda belirlenmesi amaçlanmaktadır. Enstitüde bugüne kadar gerçekleştirilen laboratuvar çalışmalarında atmosferik partiküllerin (aerosollerin) sadece toplam eser element analizleri gerçekleştirılmıştır. Aerosollerin iyonik kompozisyonunun Enstitü laboratuvar olanakları dahilinde belirlenebilmesi imkansızdır. Yunanistan'ın Girit adasında bulunan Girit Üniversitesi Kimya Bölümü ile varılan anlaşma çerçevesinde Erdemli istasyonunda toplanan

aerosol örneklerinin iyon komposisyonu karşı tarafın laboratuvarında gerçekleştirilecektir. Bu amaç doğrultusunda ODTÜ-DBE'ü yüksek lisans öğrencisi Mustafa Koçak, Erdemli'den toplanan aerosol örneklerini Girit'deki laboratuvara götürüp orada analiz edecektir. Bu işbirliği sonunda karşılıklı bilgi alışverişi ve saygın bilimsel dergilerde yayınlanabilecek kalitede ortak yayın çıkarılması amaçlanmaktadır.

(Gesoy, 1999), bu denizlerin iklimsel ve antropojenik etkilerinin olduğu düşünülebilir. Bu bölgelerde küresel değişimin etkilerinin bölgesel ve ortalıkta etkilerin olduğu düşünülebilir. Bu denizler, Atlantik ve Hind Okyanusları arasında üç kıtadaki yüksek dağ zincirleri, geniş kumsal dörtlükler, çiller ve varlıklı karz toprakları gibi karzit denizsel ve karasal hizmetlerin çevre etkileri ve enerjik ortalık temel atmosfer hareketleri tarafından etkilenmektedir. İhn, aşırı durumlu olumsuzlukları; olsa da bu bölgelerden küresel sisteme giri beslemeler de bölgelerin ekosistemi onurla oluştururlardır.

3.2 Akdeniz Meteorolojisi

Şekil 3.1 deň sıklık olgum ve gecge frekansları, Türkiye'nden geçen sıklıkların deňe çok Marmara Deninden Karadeniz'e ulyastıklarını ve de Akdeniz kıyılarını ulyastıkları göstermektedir. Akdeniz içinde üç ana dağlı olgum (sıklıkları) merkezinden biri Kubre ve Çanlı Akdeniz bölgesinde yer almaktadır.

Şekil 3.1. Akdeniz sıklıklarının (a) en fazla yağış ve (b) en fazla olgum (frekansları) (Mediterranean PILOT, 1976).



Şekil 3.2. Akdeniz (a) en fazla yağış ve (b) en fazla olgum (frekansları) boyunca yağış miktarı ve gecge (PILOT, 1976).

3. KİLİKYA BASENİ KİYİSAL SİSTEMİ – FİZİKSEL İKLİM

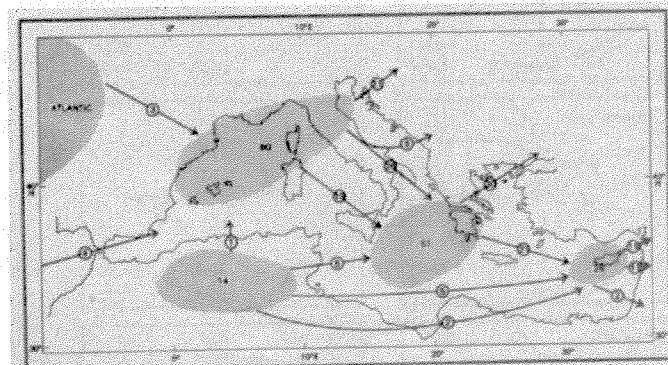
İklimin etkisi çok önemlidir (Şekil 3.2). Akdeniz'in kuzey kıyısı boyunca kış mevsiminde soğuk hava akıntıları (kuzey rüzgarları) ve yaz mevsiminde ılık havalar (güney rüzgarları) uzaklıkta ve buranın coğu yükseltide boyunca dolaşırken, kuzeydeki ılık havaların etkisi de olmaktadır.

3.1 GİRİŞ

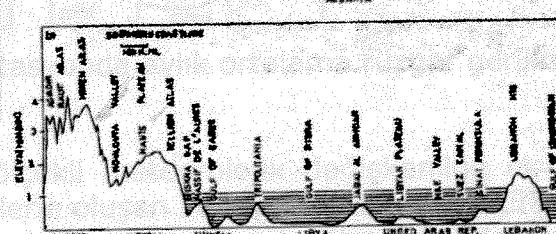
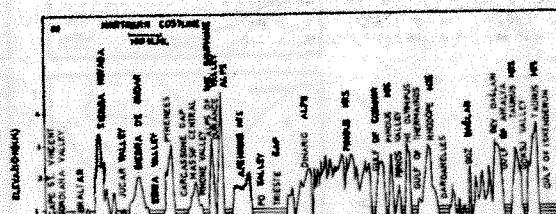
Dünya okyanuslarından derece derece soyutlanmış olan Doğu Akdeniz, Karadeniz ve Hazar Denizi'nden oluşan Avrasya denizlerinin ortak özellikleri gözden geçirildiğinde (Özsoy, 1999), bu denizlerin iklimsel ve antropojenik değişimlere oldukça duyarlı oldukları, ve bu bölgelerde küresel değişimin etkilerinin bölgesel ve orta-ölçekli süreçlerle oluşturukları gözlenebilir. Bu denizler, Atlantik ve Hint Okyanusları arasında üç kıtadaki yüksek dağ zincirleri, geniş kıtasal düzlükler, çöller ve verimli kara toprakları gibi karşı denizel ve karasal iklimlerle çevrelendikleri ve enerjik orta-enlem atmosfer haraketleri tarafından etkilendikleri için, aşırı durumlara eğilimlidirler; olasılıkla bu bölgeden küresel sisteme geri beslemeler de bölgenin alanına oranla oldukça fazladır. (Özsoy, 1980). Taşeli' Pletonu ve Göksu

3.2 BÖLGESEL METEOROLOJİ

Şekil 3.1 deki siklon oluşum ve geçiş frekansları, Türkiye üzerinden geçen siklonların daha çok Marmara üzerinden Karadeniz'e ulaştıklarını ya da Akdeniz kıyılarını izlediklerini göstermektedir. Akdeniz içindeki üç ana siklon oluşum (siklogenez) merkezi'nden biri Kıbrıs ve Doğu Akdeniz bölgesinde yer almaktadır.



Şekil 3.1. Akdeniz siklonlarının izledikleri yollar ve yıllık oluşum frekansları (Mediterranean Pilot, 1976).



Topografyanın neden olduğu orta-ölçekli dengesizlikler gibi başka nedenler de çok oluyan anıltılı frontlar, orman yangınları, kış mevsimindeki çok soğuk hava akıntıları (kuzey rüzgarları) ve yaz mevsimindeki ılık havalar (güney rüzgarları) gibi kolayca

Şekil 3.2 Akdeniz'de (a) yerel rüzgar sistemleri ve (b) kuzey ve (c) güney kıyıları boyunca topografik engel ve geçitler (Reiter, 1975).

Akdeniz'de yerel rüzgar sistemlerinin oluşumunda bölgenin karmaşık topografyası önemli rol oynamaktadır (Şekil 3.2). Akdeniz'in özellikle kuzey kıyısı boyunca Pireneler, Alpler ve Toroslar gibi sıradaglar uzanmakta ve bunların çoğu yükseltisi yaklaşık 1 km kalınlığındaki sınır tabaka'dan daha yüksekte bulunmakta, dağların arasındaki pek çok vadi ve geçit ise karasal Avrupa ile Akdeniz arasında iletişim sağlamaktadır. Yerel rüzgarların pek çoğu bu geçitlerin bulunduğu yerlerdedir bulundukları ülkelerde isimlendirilmişlerdir.

Türkiye'nin güney kıyılarında Antalya Körfezi, Göksu Vadisi ve İskenderun Körfezi ve Amik Ovası bölgeleri Toros sıradagları arasında önemli geçitlerdir (Şekil 3.2) ve bu bölgelerin yerel rüzgarları oldukça güçlündür. Yaz aylarında katabatik özellikli, kiş aylarında ise siklonların etkileyerek başlattığı Göksu vadisi Poyraz rüzgarları ile yine yaz ayları deniz yelleri (sea-breeze) topoğrafya'nın önemli ölçüde etkilediği meteorolojik olaylardır (Ataktürk, 1990, Özsoy, 1980). Taşeli Platosu ve Göksu Vadisi güneyinde ortalama rüzgar vektörleri (Şekil 3.3) kadar döner spektrum analizleri (Ataktürk, 1990) bu etkiyi açıkça gösterir.

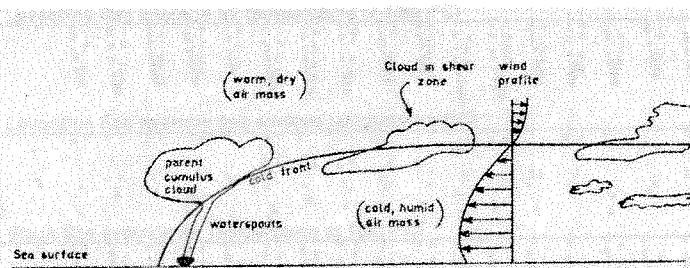
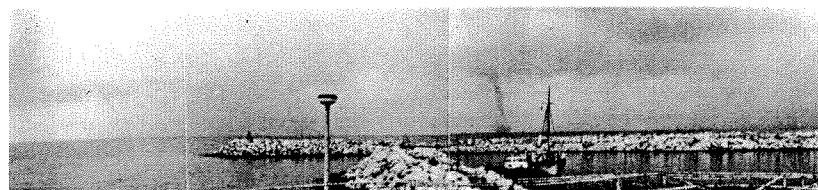
*çalışmada 2 Ekim 1979 tarihinde
gözlenen su-hortumları ve meteorolojik durumun şeması (ODTÜ-DBE, 1984). *

Doğu Akdeniz'de sıcak hava akışı ve uzun süreli klimatik değişimlerin varlığı (Robinson et al., 1993; Ward, 1992; Robinson et al., 1996) Akdeniz'deki değişimlerin, kireçlik ile ormanlık alanlar arasında farklılık gösterdiği (Mihalıç et al., 1992, 1996). Akdeniz'deki değişimlerin, El Niño/Güney Bahnım (ENSO) ile ilişkili olmakla birlikte, kireçlik ile ormanlık alanlar arasında farklılık göstermektedir (Ward, 1990; Reichler et al., 2001). Orneğin, İsrail'de, son 100 yıl içinde ENSO ile yağış vadisi değişimleri, İsrail'de yağışının bulunmuştur (Albert ve Reisin, 1986).

İde Mazar, Dörkut, İznik, Çıldır, Tunceli, Erzurum, Van, Diyarbakır, Ağrı, Erzincan, Malatya, Sivas, Kırşehir, Aksaray, Niğde, Konya, Adana, Mersin, Antalya, Muğla, İzmir, Balıkesir ve Bolu'da (Grescer ve bulgeşel iklim değişikliklerinin varlığı) (Viviroli ve

Avrasya'nın batısında meteorolojik durum büyük ölçüde Fırtına, Akdeniz'deki rüzgarlar, özellikle de Kuzey Akdeniz'deki Salguları (NAOL) ile ilişkilidir. Nedeni, kuzey ve kuzeydoğu Akdeniz'deki sıcak hava akımlarının, kireçlik alanlarının sıcaklığının düşmesi (Ward, 1990; Marenai, 1997). Bu sonum, "Kuzey Akdeniz'deki sıcak hava akımlarının, kireçlik alanlarının sıcaklığının düşmesi, hidrolojik doğrudan etkileşim" (Tuncer, 1990; Tuncer ve Polonsky et al., 1997) ve Türkiye'deki en çevresel kuzey su-hortumları en fazla yağış ve nehir debileri (Cullen, 1998) ile ilişkilidir.

*Boşluklu haritalar, 1979'da gözlenen su-hortumları gösteren 4 aylık ortalamalı rüzgar vektörleri (Ataktürk, 1980). a. 1996; Ataktürk, 1996; Moulin et al., 1997) ve
gözlemlenmiş 1994 yıl Nisan ayının ilk yarısında hem Akdeniz hem de Atlantik Topoğrafyanın neden olduğu orta-ölçekli meteorolojik değişkenlige ek olarak, iki fazlı dengesizlikler gibi başka nedenlerle oluşan ve kıyımı etkileyen küçük ölçekli pek çok olay anılabılır. Örneğin, gözlem sistemleri veya orta-ölçekli modellerce kolayca öneklenemeyecek olan su-hortumları (waterspout) Erdemli'de çok sık olmasa da bir kaç yıllık aralarla gözlenmektedir (Şekil 3.4).*



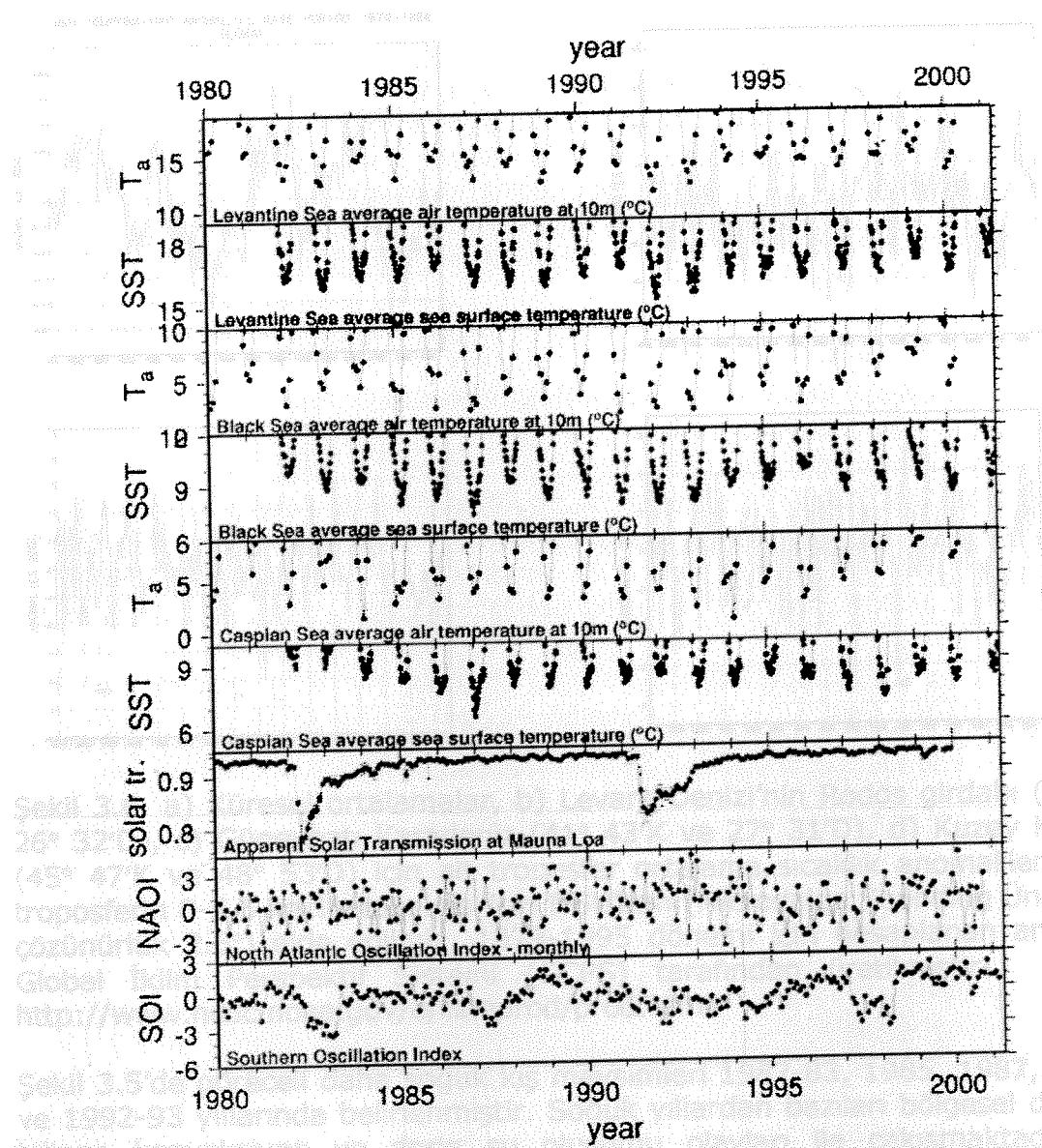
Şekil 3.4. ODTÜ Deniz Bilimleri Erdemli yerleşkesi açığında 2 Ekim 1979 tarihinde gözlenen su-hortumları ve meteorolojik durumun şeması (ODTÜ-DBE, 1984). Küçük ölçekli bir cephe sisteminin (squall-line) önünde toplam sekiz adet su-hortumu olmuş ve yarım saatlik bir sürede yok olmuştur.

3.3 BÜYÜK-ÖLÇEKLİ KONTROL

Doğu Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde yıllar arası ve uzun süreli iklimsel değişkenliğin varlığı iyi bilinmektedir (Garrett et al., 1992; Robinson et al., 1993; Malanotte-Rizzoli ve Robinson 1994; Jeftic et al., 1992, 1996). Akdeniz'deki değişkenlik, küresel tele-bağlantılar yoluyla Hint Muson sistemi ve El Nino/Güney Salınımı (ENSO) sistemleri ile olduğu kadar, Sahra-altı bölge ile de ilişkili gibi görülmektedir (Ward, 1996, Raichich et al., 2000). Örneğin, İsrail'de, son 100 yıllık dönemde ENSO ile aşırı yağış ile kar arasında iyi bir korelasyon bulunmuştur (Alpert ve Reisin, 1986). Benzer şekilde, hem Karadeniz'de (Polonsky et al., 1997) hem de Hazar Denizi'nde (Rodionov, 1994; Arpe, 1999) küresel ve bölgesel iklim etkileşimlerinin varlığı vurgulanmıştır.

Avrasya'nın batısında meteorolojik durum büyük ölçüde Kuzey Atlantik'deki koşullar, özellikle de Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) ile ilişkilidir. NAO, kuzey yarı-küre ile Akdeniz'deki buharlaşma-yağış anomalileri ile yüzey sıcaklığının yıllar arası değişkenliğini önemli ölçüde açıklamaktadır (Hurrell, 1995, 1996; Marshall, 1997). Bu salınım, Hazar Denizi'ndeki seviye değişimleri ile (Rodionov, 1994) Karadeniz hidrolojisini doğrudan etkileyen Tuna Nehri su girdisi ile (Polonsky et al., 1997) ve Türkiye'deki kış mevsimi yüzey sıcaklıklarına ek olarak yağış ve nehir debileri ile (Cullen, 1998) ilişkili bulunmuştur.

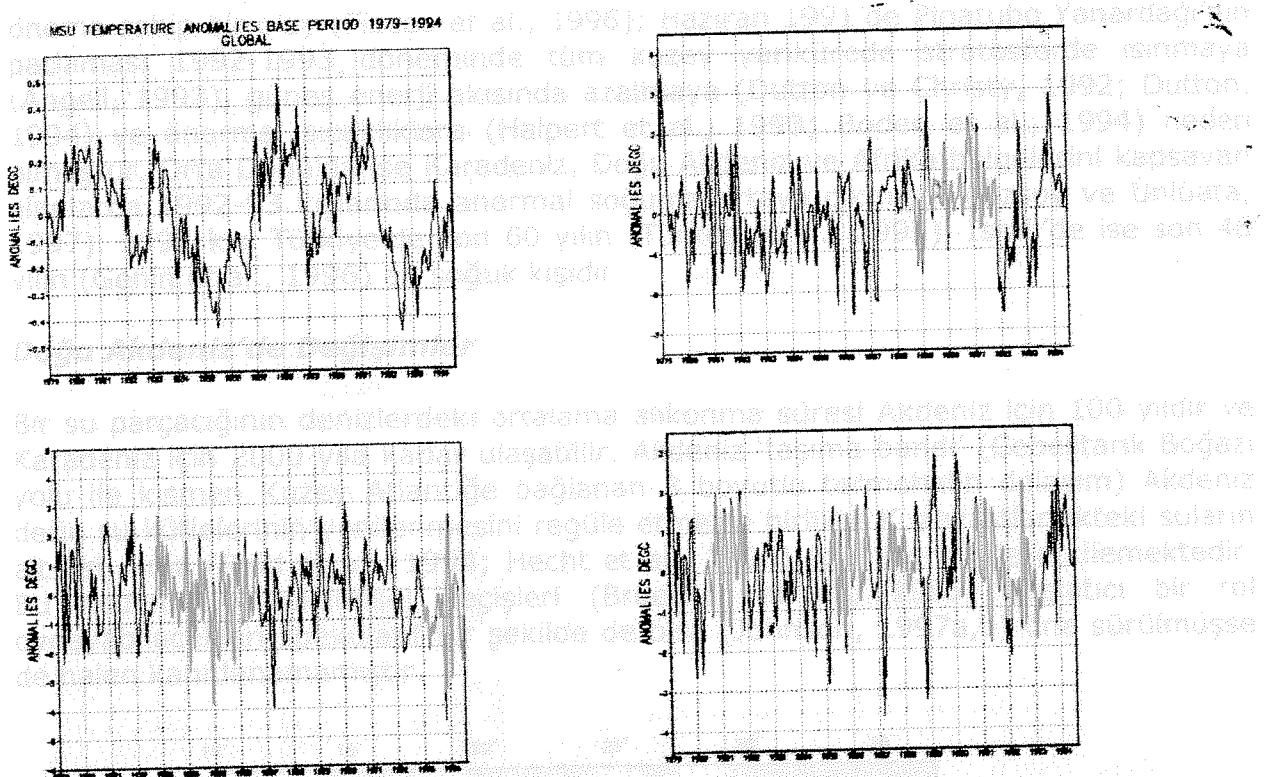
Büyük ölçekli etkiler, uzun-vadeli atmosferik taşınım olaylarında da ortaya çıkmaktadır. Sahra gölünden Akdeniz ve tropikal Atlantik bölgelerine toz taşınımının NAO ile bağıntısı (Li et al., 1996; Andreae, 1996; Moulin et al., 1997) türleri sürülmüştür. 1994 yılı Nisan ayının ilk yarısında hem Akdeniz hem de Atlantik bölgelerini etkileyen sıradışı bir taşınım olayında da (Özsoy et al., 2001) büyük ölçekli kontroller açık rol oynamıştır. Ayrıca Atlantik toz akışı, Afrika'daki kuraklıklarla ve ENSO ile ilişkili içinde görülmektedir (Prospero ve Nees, 1986).



Şekil 3.5. Levant Denizi, Karadeniz ve Hazar Denizi için ortalama hava (ECMWF / ERA yeniden-analizleri, 10 m yükseklikte 6 saat aralıkları) ve deniz (ERS1 / ATSR haftalık ortalamaları) yüzey sıcaklıkları, Mauna Loa'daki güneş ışınları geçirgenliği ve aylık NAOI ve SOI iklimsel indisleri.

Bölgesel Soğuma Olayları Arasında Benzerlikler

Şekil 3.5'te Levant, Karadeniz ve Hazar Denizleri arasında hava ve deniz yüzey sıcaklıkları bakımından büyük ölçüde bir eş zamanlılık göze çarpmaktadır. Bunun bir nedeni bu üç denizin birbirine yakınlığı olarak yorumlanabilirse de, daha önce ortaya konulduğu gibi (Özsoy ve Ünlüata, 1997; Özsoy, 1999) büyük ölçekli kontroller ile de ilişkili olabilir. Aynı şekilde, NAO, SO indisleri ve güneş ışınları geçirgenliği (atmosferdeki volkanik toz) ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 2.5'te, sıklıkla ENSO yılları olarak adı geçen bazı soğuk yıllar, SO indeksinin eksi değerleri ile bağlantılı gibi görülmektedir: örneğin 1982-83, 1986-87 ve 1990'lar (Meyers ve O'Brien, 1995). Benzer şekilde, bazı yıllar (1983, 1986-87, 1989-90, 1992-93) yüksek NAO indisleri ile karakterize edilmektedir.



Şekil 3.6. a) Küresel ortalamalar, b) Levant Denizi'nın Rodos girdabı ($33^{\circ} 37'K$ ve $26^{\circ} 32'D$), c) Güneybatı Karadeniz ($41^{\circ} 43'K$ ve $27^{\circ} 31'D$), d) Kuzey Hazar Denizi ($45^{\circ} 47'K$ ve $48^{\circ} 53'D$) için alt troposfer ortalama sıcaklık anomalileri. Ölçümler, troposferin 0-5.6 km'lik tabakası için MSU'dan (Microdalga Sounding Ünitesi - yatay çözünürlük 2.5°) elde edilmiş, 1979-1995 dönemi için hesaplanan anomaliler ise Global İklim Perspektif Sistemi (GCPS) tarafından üretilmiştir. Web adresi <http://www.ncdc.noaa.gov/onlineprod/prod.html>.

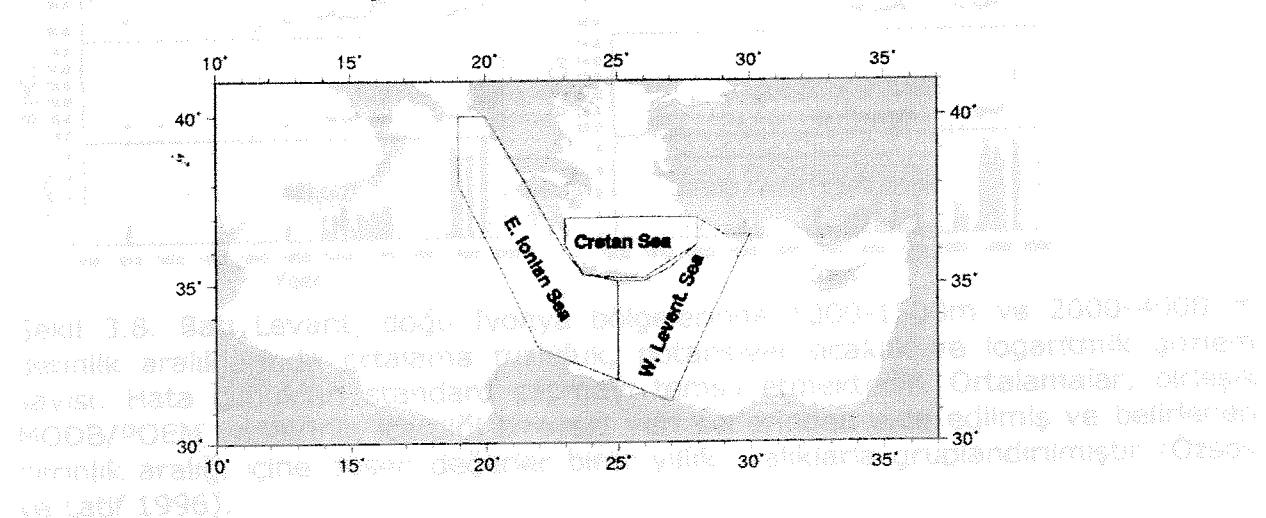
Şekil 3.5'de göreceli daha soğuk kış mevsimleri 1982-83, 1985, 1987, 1989, 1991 ve 1992-93 yıllarında belirlenmiştir. Soğuk yıllarda bazıları bölgesel denizlerde lyl bilinen konveksiyon ve derin su oluşumu olayları ile çıkışmaktadır, örneğin; 1987'de yakın zamana ait verilerden: Ege'den Marmara'ya yoğun su girdisi (Beşiktepe et al., 1993); Rodos girdabı civarında derin su oluşumu (Gertman et al., 1990); Karadeniz'de ana piknoklin erozyonu (basılmamış veriler); 1989 yılında: Kuzey Levant Denizi'nde çok geniş bir LIW oluşumu (Özsoy et al., 1993); 1992 ve 1993 yıllarında: Karadeniz'de Soğuk Ara Tabaka Suları (CIW) oluşumu ve piknoklin erozyonu (Ivanov et al., 1997a,b); Levant Denizi Rodos Girdabı'nda eşzamanlı ara tabaka ve derin suların oluşumu (Sur et al., 1992; Özsoy et al., 1993). Aynı zamanda bazı sürprizler de gerçekleşmiştir: 1987 yılı her üç deniz için de en soğuk yıl olmasına rağmen Hazar Denizi'nin hava sıcaklıklarında buna karşılık herhangi bir düşme gözlenmemiştir. Buna karşılık, hava sıcaklıklarının çeşitli anomaliler sergilediği yıllarda, 1987 yılı hariç olmak üzere, diğer iki denizde gözlenen değişim aksine, Hazar Denizi deniz suyu sıcaklığı önemli derecede azalmamıştır.

Son 20 yıl içinde diğer soğuma dönemleri olan 1982, 1985-86 ve 1989 yıllarını izleyen 1992-1993'de alt troposferde küresel ölçekte bir soğuma gerçekleşmiştir (Spencer ve Christy, 1992). Levant Denizi'nın Rodos girdabından Karadeniz'in güneyine ve Hazar'ın kuzeyine kadar uzanan tüm bölge içinde $1-2^{\circ}C$ 'lık önemli sıcaklık düşüşleri gerçekleşmiştir (Şekil 3.6b-d). Küresel iklim açısından büyük

öneme sahip bir olay (Fiocco et al., 1996); Haziran 1991'de Pinatubo Yanardağı'nın patlaması 1992-1993 döneminde tüm kuzey yarımkürede stratosferde ısınmaya (Angell, 1993), güneş enerji akısında azalmaya (Dutton ve Christy, 1992; Dutton, 1994) ve anormal sıcaklıklara (Halpert et al., 1993; Boden et al., 1994) neden olmuştur. Orta Doğu'da ise Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Afrika bölgelerini kapsayan alanlarda 1992-93 kişlarında anormal soğuma ortaya çıkmıştır (Özsoy ve Ünlüata, 1997). 1992 kişi Türkiye'de son 60 yılın (Türkeş et al., 1995), İsrail'de ise son 46 yılın (Genin et al., 1996) en soğuk kişidir.

Doğu Akdeniz'de Değişimler

Bir su parçacığının denizlerdeki ortalama alikonma süresi Akdeniz için 100 yıldır ve Karadeniz için 2000 yıldır kadar ulaşabilir. Akdeniz 'taşima bandı' (Cebelitarık Boğazı yolu ile kısmen Kuzey Atlantik'e bağlanan 3 boyutlu termohalin dolaşım) Akdeniz derin su kütlelerinin yenilenmesini regüle etmekle birlikte Kuzey Atlantik'teki suların alt-üst olma (Reid et al., 1994; Hecht et al., 1996) özelliklerini de etkilemektedir. Bu nedenle paleoiklimsel geçişleri (Broecker et al., 1985) başlatıcı bir rol oynayabilecekleri spekulatif bir şekilde de olsa (Johnson, 1997a,b) öne sürülmüşse de halen kanıtlanamamıştır.

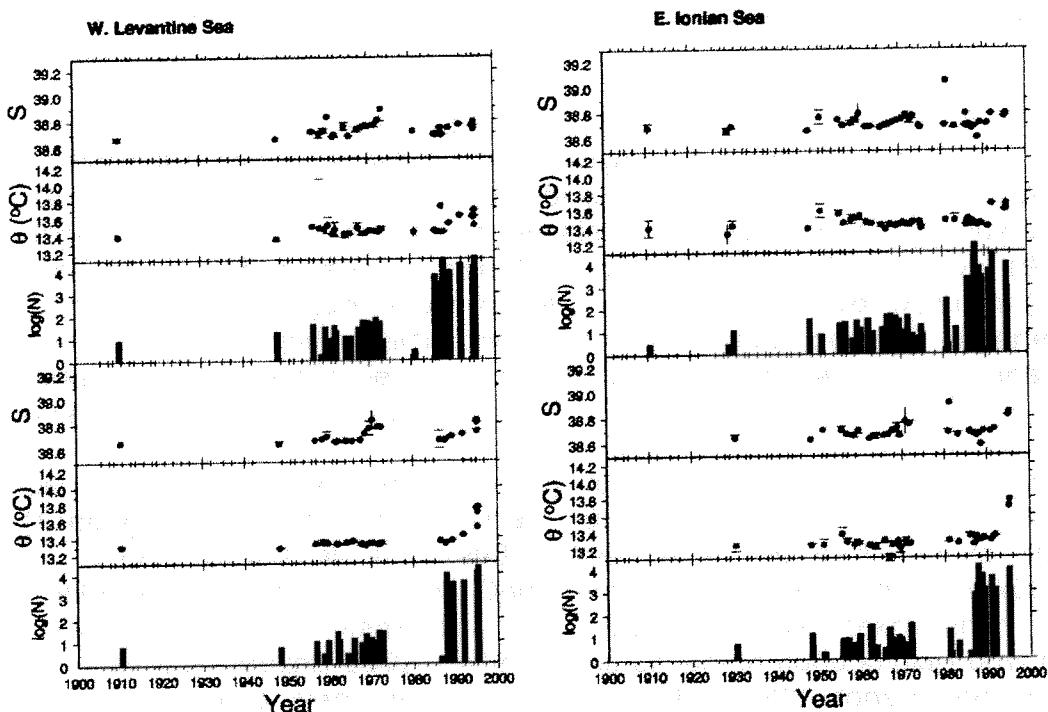


Şekil 3.7. Batı Levant, Doğu İyonya ve Girit Denizlerinde derin su analizleri için seçilen alanlar.

Akdeniz termohalin dolaşımının kavramsal şeması (Robinson ve Golnaraghi, 1994), a) Ege Denizi'nden yoğun suların çıkış ve b) Rodos girdap merkezinde LIW ile eşzamanlı derin su oluşumu gibi yeni bulgular sonucunda büyük ölçüde değişime uğramıştır. Tüm Akdeniz'deki 'taşima bandı' dolaşımının son yıllarda değişime uğradığı aşikardır. Batı Akdeniz'de derin sulardaki sıcaklık ve besin tuzu artışı (Bethoux et al., 1989; Bethoux, 1989, 1993) yıllık derin konveksiyon ile uyumlu gibi görülmektedir (Gascard, 1991; Madec ve Crepon, 1991; Send et al., 1996). Oysa Doğu Akdeniz'de yıllararası değişkenliğin gizlediği yenilenme mekanizmaları daha zor anlaşılır konumdadır.

Bu alanda gerçek anlamda bir sürpriz, sabit Rodos girdabının merkezinde derin suların girdabın dış sınırlarındaki LIW ile eşzamanlı olarak oluştuğunu (Gertman et al., 1990; Sur et al., 1992; Özsoy et al., 1993) ve ısı kaybının değişimine bağlı olarak birkaç yıl aralıklı tekrarlandığının anlaşılmasıdır. Ayrıca, 'taşima bandı' kapalı hücresinde iklimsel olarak bir açılma-kapanmanın meydana geldiği yeni anlaşılmıştır. Derin suların Adriyatik Denizinden çıkan yoğun sularla (taze, soğuk)

yenilendiğini gösterir klasik şema (Roether ve Schlitzer, 1991; Schlitzer et al., 1991; Roether et al., 1994), 1990'lı yılların başından itibaren yerini Ege Denizinde çıkan yoğun sularla (tuzlu, ilik) yenilenmeye (Roether et al., 1996) bırakmıştır. Oşinografik gözlemlerin başlangıcından itibaren, 1000-1500 m'lik orta-tabaka derinliğinde küçük çapta gerçekleşen Ege suyu girişlerinin varlığı iyi bilinmekte birlikte, bu derece büyük bir girişim ilk kez bulunmuştur (Roether ve Schlitzer, 1991).



Şekil 3.8. Batı Levant, doğu İyonya bölgelerinde 1000-1500m ve 2000-4000 m derinlik aralıklarında ortalama tuzluluk, potansiyel sıcaklık ve logaritmik gözlem sayısı. Hata çubukları standard sapmayı temsil etmektedir. Ortalamalar, birleşik MODB/POEM verilerinin içeriği bireysel veri setlerinden elde edilmiş ve belirlenen derinlik aralığı içine düşen değerler birer yıllık aralıklarla gruplandırılmıştır (Özsoy ve Latif 1996).

Derin sulardaki değişimler ilk kez, 1993 yazında ve Girit Adasının güneyinde alışılmadık bir ilik, tuzlu su kütlesinin 1000 m derinliğin altında saptanması ile ortaya çıkmıştır (Heike et al., 1994). 1993-94'de İyonya Denizi dibinde yeni derin sularla bir ikili difüzyon sınır tabakası aracılığı ile temas sağlayan tuzlu göller bulunmuş ve buradaki sedimanlarda bir sıcaklık değişimini akla getiren anormal ısı akılan saptanmıştır (Della Vedova et al., 1995). Ege yoğun su çıkışı için kesin bir tarih belirlenmemesine rağmen gözlemler, 1992-93'de, bu yıllarda zaten var olan yavaş değişime eklenen güçlü ve ani bir değişikliğin oluştuğu izlenimini uyandırmaktadır.

MODB veri tabanı (Brasseur et al., 1996) ile Doğu Akdeniz'in son 10 yıllık fiziksel oşinografik verileri (POEM) ile birleştirilerek yapılan bir analiz (Özsoy ve Latif, 1996) derin sularda gözlenen değişimlerde Ege'den çıkan suların etkisini araştırmayı hedeflemiştir ve bu amaçla, Ege-Doğu Akdeniz birleşimine komşu üç bölge seçilmiştir (Şekil 3.7).

~~ageadı beldeneğinde ve bu durumun etenmiş olsalı 1992-93'de meydana Batı Levant ve doğu İyonya kutularının 1000-1500m' ve 2000-4000 m'lik derinlik aralıklarında, % 95'lik güvenilirlik sınırları içindeki ortalama özelliklerini, her bir yıllık gruplar içindeki gözlem sayıları ile birlikte Şekil 2.8'de sunulmuştur. POEM programı içinde 1980'lerin ikinci yarısında, ölçümlerin dikey çözünürlüğü, güvenilirliği ve sayısı artmıştır. 1960 ve 1970'lerde ölçüm sel sapmalardan kaynaklanan tuzluluktaki büyük değişimler gözardı edilirse ve daha yüksek duyarlılı sıcaklık ölçümlerine güvenilirse 1980'lerin sonlarına doğru her iki bölgede de derin sularda bir sıcaklık (ve belki de bunu kompanse edecek bir tuzluluk) artışı açıkça görülmektedir (Özsoy ve Latif, 1996).~~

~~2001-2002 sezonunda Girit Denizi derin sularında (maksimum derinlik 2000 m), 1980'li yılların ortalarından sonra kararlı bir artış sergileyen sıcaklık ve tuzluluk değerlerinin her ikisi de Şekil 3.8 de görüldüğü gibi son 60 yıl içerisinde en düşük ve en yüksek değerler arasında en az iki kez dalgalanmaya uğramıştır. Tuzluluk yüksek değerine 1995'de ulaşırken sıcaklık önce 1991 yılına kadar yükselmiş ve 1991-95 arasında aniden düşerek yoğunlukta hızlı ve kararlı bir artıa yol açmıştır (Özsoy ve Latif, 1996). Yoğunluktaki bu artış önceki otuz yılın sabit yoğunluk değerlerinden oldukça farklıdır. Girit Denizi ile ilgili olarak benzer sonuçlara Theocharis et al. (1996) tarafından da ulaşılmıştır.~~

Üst okyanus değişkenliği en kolay ana termoklin dolaşımında ve Batı Akdeniz (Crepon et al., 1989; Barnier et al., 1989) ile Doğu Akdeniz'in (Hecht, 1992; Sur et al., 1992; Özsoy et al., 1993) yüzey suları ile orta tabaka sularının fiziksel özelliklerinde saptanmaktadır. Doğu Akdeniz'de, dolaşımında ve su kütlelerinde ani ve keskin değişimler olağandışı, bir kaç yılda bir tekrarlanan olaylar olarak bilinmektedir (Hecht, 1992). 1985-86'da Levant'ın doğu kıyıları boyunca antisiklonik bir yapıya sahip olan merkezi jet akışı 1988-1990 döneminde aniden değişerek Kıbrıs adasını siklonik olarak çevreleyen daha düzenli bir akıma dönüşmüştür. Rodos girdabında derin konveksiyon, tuzluluğu az Atlantik kaynaklı suların kuzey Levant Denizi'ne büyük miktarlarda ulaşması, ve Antalya Körfezi'ndeki antisiklonun yok olması aynı dönemde gerçekleşmiş olaylardır (Özsoy et al., 1991, 1993). Yüzey tuzluluğu, kararlı bir şekilde 39.1'den 1985-86'da 39.3'e, 1989'da 39.5'a ve 1990'da 39.7'ye yükselmiştir. Aynı dönemde LIW oluşumunda değişimler ortaya çıkmıştır. 1985-86'da Antalya antisiklonik girdabında tuzaklanmış olan LIW, girdapın kendisi ile birlikte 1987'de gözden kaybolmuştur. LIW, 1989'da 39.0'dan 1989-90'da 39.2'ye gittikçe artan daha yüksek tuzluluklarla, belirtilen yılların kiş dönemlerinde ortaya çıkmıştır (Özsoy et al., 1993). Shikmona girdap çekirdeğinde tuzluluk, sıcaklık ve yoğunlukta 1988-1994 döneminde bir artış trendi belirgindir, 1990 ve 1992 kişlarında ise ani değişimler meydana gelmiştir (Brenner, 1996). Tüm bölgede dolaşımındaki değişimlerle birlikte tuzluluktaki artışlar, tuzlu suların Ege Denizine girmesine yol açmış ve Güney Levant Denizinde ki çok merkezli antisiklonik bölge vasıtasi ile LIW'in batıya doğru yayılmasını engellemiştir. Bu durum POEM Ekim 1991 seferi sırasında Malanotte-Rizzoli et al., (1998) tarafından ortaya konmuştur. Bu değişimler, tuzun yeniden dağıldığı izlenimi uyandırmakta ve bu dağılımin Ege'den yoğun su çıkışını desteklediği düşünülmektedir.

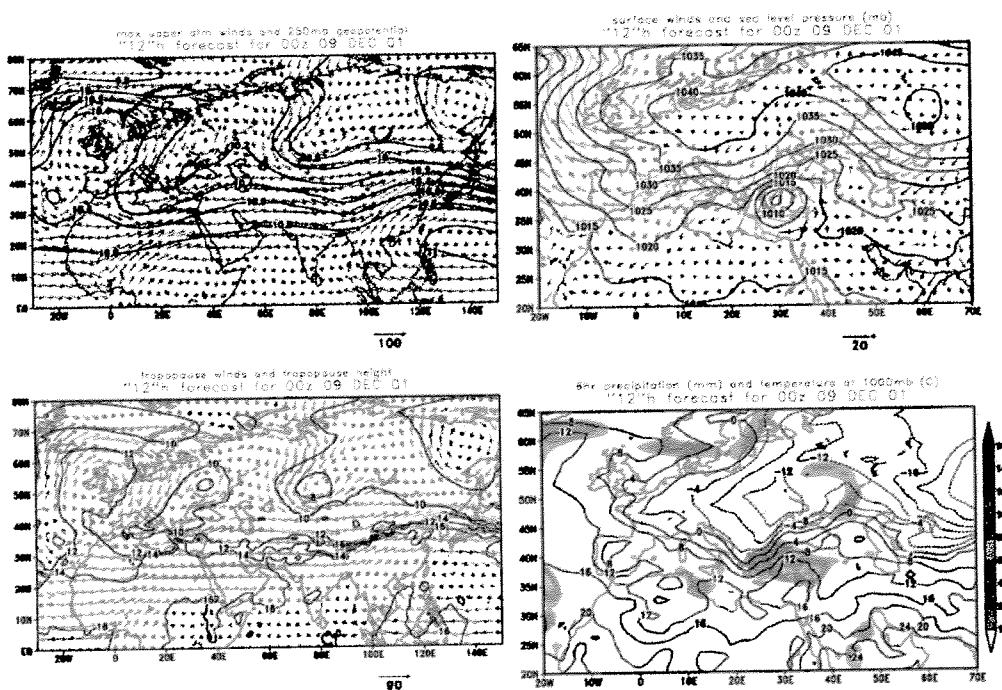
İç denizlerin ekosistemleri, besin tuzlarında gerçekleşen değişimler sonucunda daha duyarlı bir hale gelirler. Karadeniz ve Hazar Denizi bu etkilere ve ekonomik sonuçlarına örnek oluşturur (Zaitsev ve Mamayev, 1997, Kosarev ve Yablonskaya, 1994). Doğu Akdeniz sistemi de, Nil Nehri ve endüstileşme ile ilişkili olarak birtakım değişimler geçirmektedir (Turley, 1997). Doğu Akdeniz'deki 1990'lardaki değişimlerin (Roether et al., 1996) ya da belki de derinlerdeki zooplankton değişimlerine bağlı olarak (Weikert, 1996) gelişen ekosistem değişimlerine yol

ağacı beklenmektedir ve bu durumun izlenmesi gereklidir. 1992-93'de meydana gelen güçlü soğuma ve karışım, Rodos girdabı yakınılarında kitesel bir alg patlamasına yol açmış (Yılmaz et al., 1996; Ediger ve Yılmaz, 1996), Eilat'da mercan kayalıklarının bozulmasına neden olmuştur (Genin et al., 1996). Bu olaylar 1992 yazında, Karadeniz'de kitesel bir patlamayı (Vladimirov et al., 1997) takiben çok yoğun bir piknoklin erozyonu ile çakışmaktadır (Ivanov et al., 1997a,b). Karadeniz'deki alg patlamasının atmosferik sulfat (deniz tuzundan ileri gelmeyen) aerosollerini yüksek seviyelerde üretmiş olduğu Erdemli'de gerçekleştirilen ölçümlerden anlaşılmıştır (Özsoy et al., 1998c).

2001-2002 Sel Baskınları

1997-1998 yıllarındaki önemli El Nino olayını izleyen son yıllarda, bölgemizdeki ılıman koşullar 1990'ların birinci yarısındaki koşullar ile farklılık göstermiştir. 2001-2002 kiş mevsimi ise oldukça sert geçmiş ve önceki ılıman durumdan ilk uzaklaşan yıl olmuştur.

2001-2002 kiş aylarında özellikle Kilikya Baseni kıyısal bölgesi önemli iklim olaylarından etkilenmiştir. 2001 Aralık ayında Türkiye'nin Akdeniz kıyılarında klimatolojik senelik ortalama yağışın bir kaç gün içerisinde bölgeye düştüğü sürekli yağışlar sonucunda Mersin-Silifke yöresinde ve izleyen haftalarda da Antalya ve İzmir bölgelerinde büyük seller oluşmuştur. Şekil 3.9'da bu durumun rastlantısal olmadığı, bölgenin batı Avrupa üzerindeki durağan bir yüksek basınç sisteminin yol açtığı bir atmosferik blok (atmospheric blocking) ile ilişkili olduğu izlenebilmektedir.

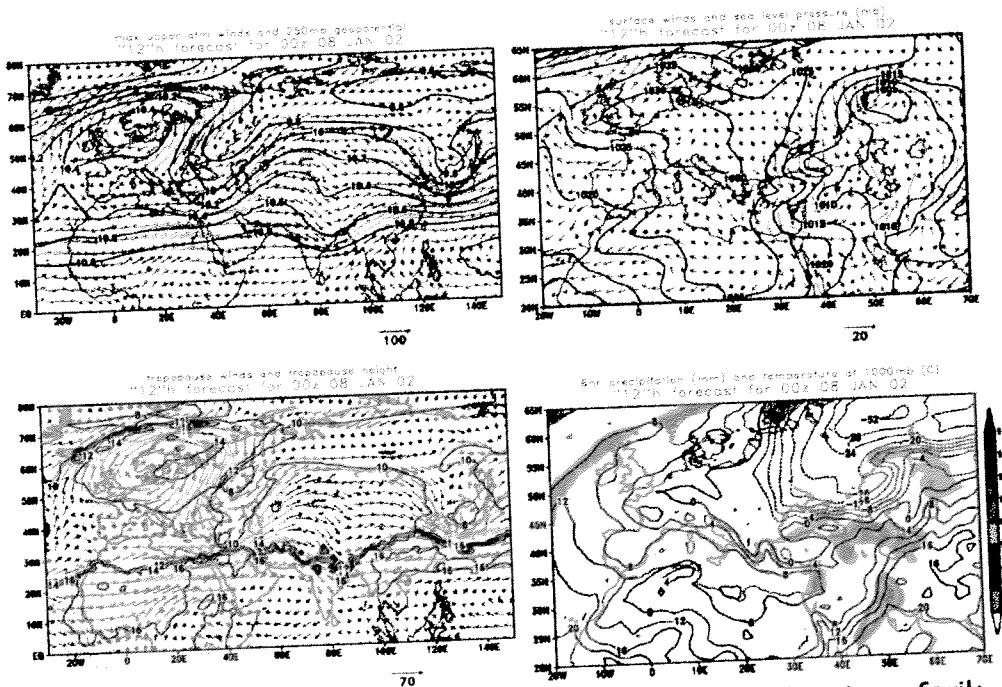


Şekil 3.9 Aralık 2001 tarihinde Avrasya bölgesinde atmosferik dolaşımı gösteren model sonuçları (NCEP) – (a: sol üst) yukarı atmosfer rüzgarlarının en yüksek hızları ve 250mb basınç seviyesinde geopotensiyal, (b: sol alt) troposfer üst sınırı rüzgarları ve yüksekliği, (c: sağ üst) yüzey rüzgarları ve deniz seviyesindeki basınç, (d: sağ alt) 1000mb basınç seviyesinde yağış ve sıcaklık.

Şekil 3.9.a'da atmosferin yukarı tabakalarında da ikiz girdaplar (modon) şeklinde görülen yer yüzeyi yüksek basınç blokunun doğusunda, dinamiksel olarak birbirine

yaklaşan kutupsal cephe cet akımları ile subtropik cet akımlarının etkileşime girdikleri görülmektedir. İki cet akımının Akdeniz üzerinde birlleşmesi sonucundaki akım dengesizlikleri, Şekil 3.9.c'de görüldüğü gibi doğu Akdeniz'de siklon oluşumuna yol açmaktadır. Aslında blok'un uzun süre (yaklaşık 1.5 ay) etkili olması bölgede aynı sürede pek çok kez tekrarlanan siklon oluşumlarına yol açmış ve bunlar da yağış ve sellere yol açmışlardır.

Aynı durum Ocak 2002 ortalarına kadar sürmüşt ve Ocak ayı başında ülkemizde ve İsrail de dahil olmak üzere Doğu Akdeniz'de anormal yoğunlukta kar yağışları gerçekleşmiştir. Soğuk dalgası Afrika ortasına kadar uzanmış, Büyük Sahra'da bile dondurucu sıcaklıklar ölçülmüştür. Şekil 3.10'da Aralık ayındaki genel durumun Ocak ayı ortasına kadar sürdüğü izlenmektedir. Cet etkileşimi, siklonik oluşum ve yağışlar sürekli bir yapı arzetti ve Ocak sonuna doğru yüksek basınç doğuya kaymış ve bu kez Akdeniz'de erken bahar oluşmaka iken Orta Asya'da yağış olağanışı bir hal almıştır. Akdeniz'in güneyinde kar yağışının gerçekleşmesi, yukarıda dephinildiği gibi olağanışı bir kışın göstergesidir (Alpert ve Reisin, 1986).



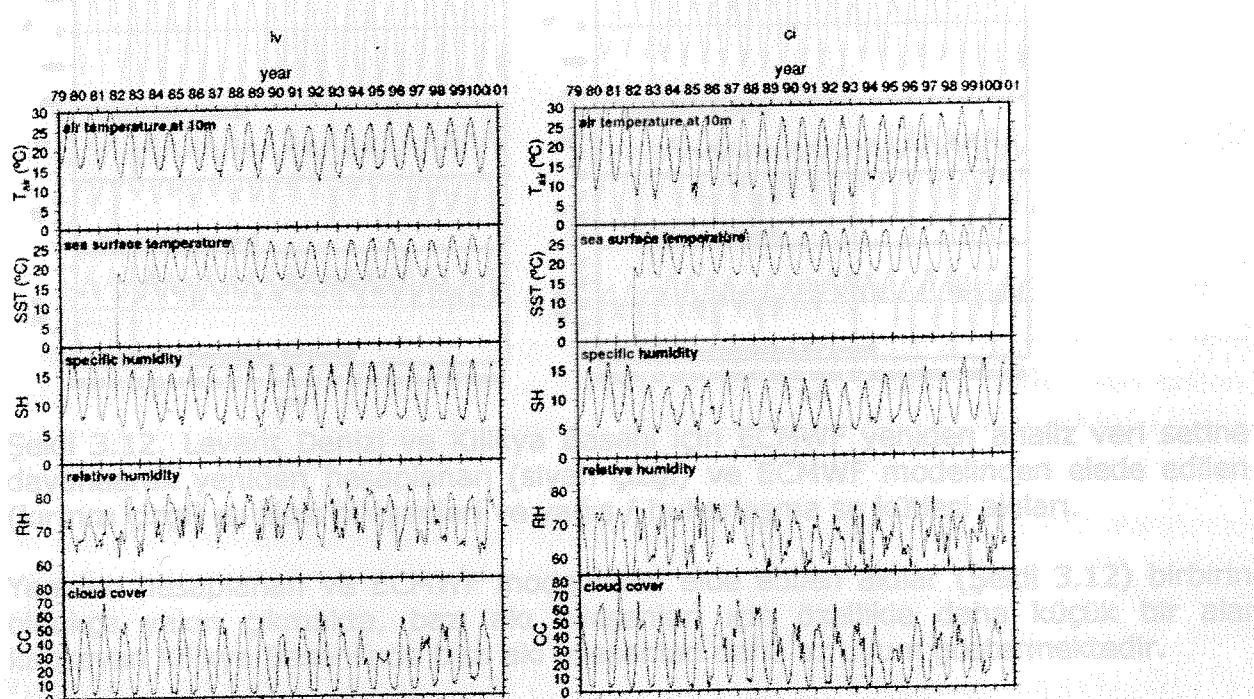
Şekil 3.10 Ocak 2002 tarihinde Avrasya bölgesinde atmosferik dolaşımı gösteren model sonuçları (NCEP) – (a: sol üst) yukarı atmosfer rüzgarlarının en yüksek hızları ve 250mb basınç seviyesinde geopotensiyal, (b: sol alt) troposfer üst sınırı rüzgarları ve yüksekliği, (c: sağ üst) yüzey rüzgarları ve deniz seviyesindeki basınç, (d: sağ alt) 1000mb basınç seviyesinde yağış "ve sıcaklık.

3.4 YÜZEY AKILARI

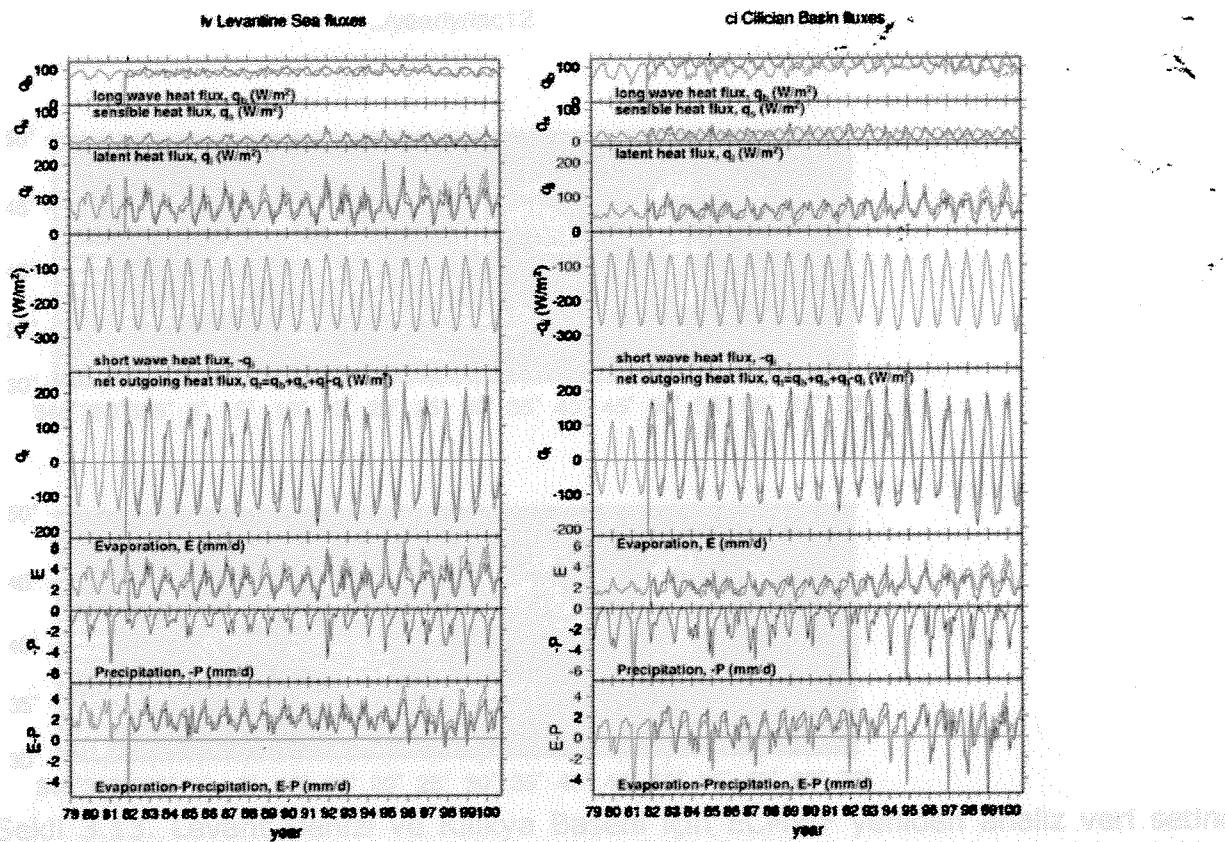
Hava-deniz etkileşimlerini bölgelere göre karşılaştırmalı olarak ortaya koymamak için yüzey akıları bileşenleri, ECMWF yüzey atmosferik verileri ve Reynolds deniz suyu sıcaklığı verilerine dayanılarak yeniden hesaplanmıştır. Temel alınan atmosferik veri seti 1°lik çözünürlük ve 6 saat aralıklarla yapılan tahminleri içeren 1979-1994 arası 15 yıllık ECMWF ERA-15 yeniden-analiz veri setidir. Deniz suyu sıcaklığı verileri de 1981-1994 yılları arasında uydulardan elde edilen 1°lik çözünürlük ile haftalık ortalama değerlerden oluşmaktadır.

Hissedilen ısı (q_s), buharlaşma ısı (q_i) bileşenleri ile, uzun dalga geri ışınım (q_b) ve kısa dalga güneş ışınımı (q_g) akıları, ve buharlaşma (E) kütle akısı, ECMWF atmosfer modelinden elde edilebildiği gibi, karşılaştırma amacıyla, yüzey atmosfer ve deniz parametrelerden türbülanslı akı (bulk) formülleri kullanılarak yeniden hesaplanmıştır. Yağış (P) ise ECMWF modeli tarafından verilmiştir (Özsoy, 1999).

Hesaplamlarda 6 saatlik veriler kullanılmış, temel alınan ve hesaplanan değişkenlerin aylık ortalamaları ve her bölge için alan ortalamaları daha sonra alınmıştır. Şekil 3.11'de akı hesaplamlarına temel alınan yüzey parametrelerinin aylık alan ortalamaları zaman serileri Levant Denizi ve Kilikya Baseni bölgeleri için verilmektedir.



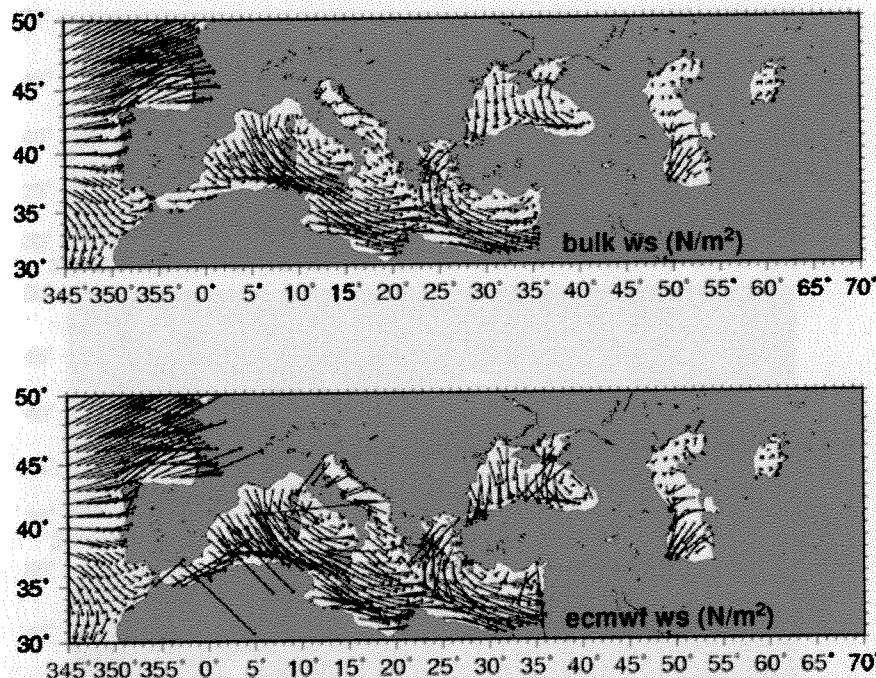
Şekil 3.11 Levant Denizi ve Kilikya Baseni bölgeleri için aylık ve alan ortalaması yüzey parametreleri zaman serileri: Hava (T) ve deniz suyu (SST) sıcaklığı, özgül (SH) ve bağıl (RH) nem ve bulutluk yüzdesi (CC).



Şekil 3.12. Levant Denizi ve Kilikya Baseni için ECMWF yeniden analiz veri setine dayanaarak yeniden hesaplanan (siyah çizgi) ve ECMWF modelinden elde edilen (kırmızı çizgi) ısı akısı bileşenleri ve yağış / buharlaşma su kütlesi akıları.

Yeniden hesaplanan ve ECMWF modelinden elde edilen akılar (Şekil 3.12) birbirine oldukça yakın çıkmakta, bazı akı bileşenleri için özellikle daha küçük bir alanı kapsayan Kilikya Baseni’nde bazı akı bileşenleri daha az uyum göstermektedir.

Buna karşılık, bulk formüllerle yeniden hesaplanan ve ECMWF modelince verilen rüzgar geriliği alanları arasında daha büyük farklar bulunmaktadır. Yine her iki değişken 6 saatlik aralıklarla hesaplanmakla birlikte Şekil 3.13’te verilen yıllık ortalama rüzgar geriliği dağılımları önemli farklar içermektedir. Kara üzerindeki rüzgar geriliği ECMWF modelinde çok farklı şekilde hesaplandığı ve denizden belirgin farklar içeriği için gösterilmemiş ve karşılaştırma deniz alanları için yapılmıştır. ECMWF modelinden elde edilen rüzgar geriliği alanının çok daha fazla küçük ölçekli ve gürültü olarak tanımlanabilecek değişimleri vardır. Buna karşılık yeniden hesaplanan rüzgar geriliği çok daha düzgün dağılım göstermektedir.



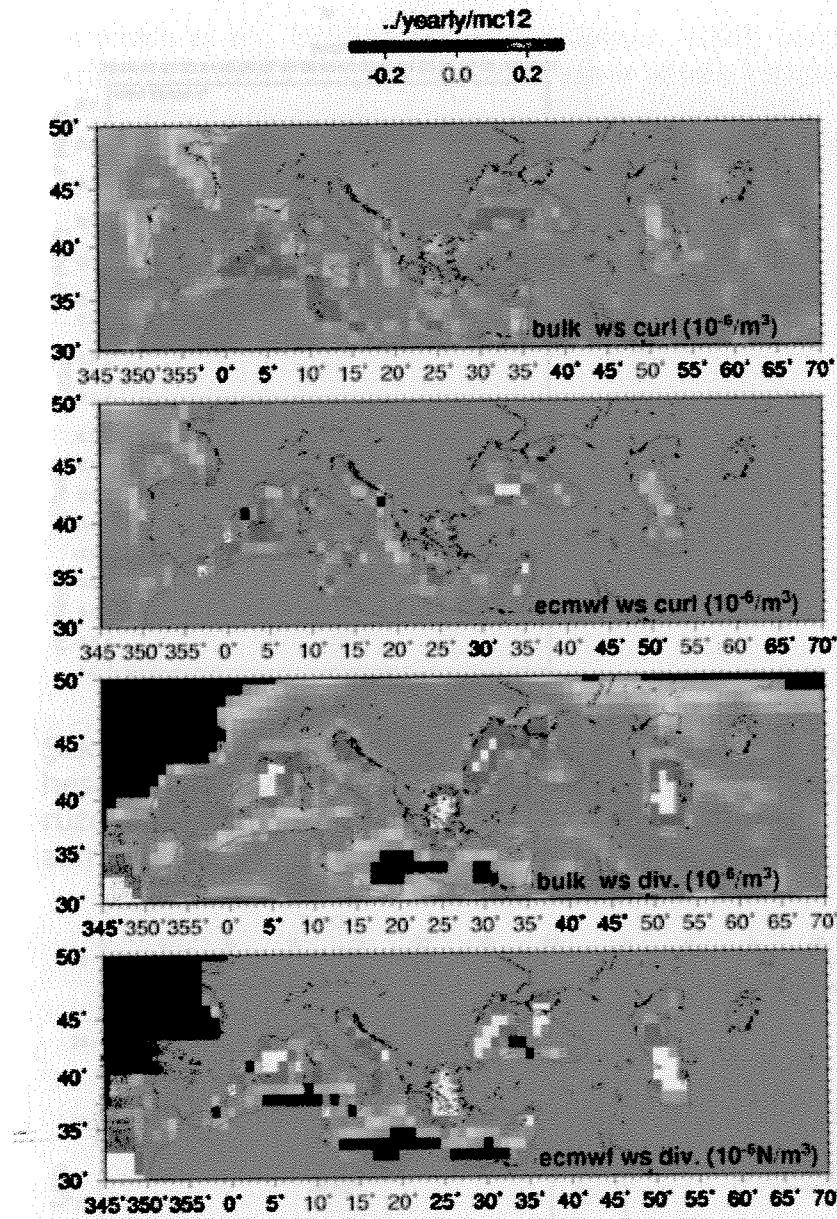
Şekil 3.13. Levant Denizi ve Kilikya Basenİ için ECMWF yeniden analiz veri setine dayanaarak yeniden hesaplanan (üstte) ve ECMWF modelinden elde edilen (altta) rüzgar gerilim alanları.

Bu farklılık özellikle deniz alanı için büyük önemi olan curl ve divergence alanlarında ortaya çıkmaktadır. Şekil 3.14'te gösterildiği gibi gürültülü rüzgar gerilimi alanlarından hesaplanan curl ve divergence alanları ECMWF model çıktısından hesaplandığında oldukça düzensiz sonuçlar vermektedir, yeniden hesaplanan akılar kullanıldığından çok daha düzgün sonuçlar elde edilebilmektedir.

Şekil 3.13. Üstteki veri setine dayanarak yeniden hesaplanan (üstte) ve ECMWF modelinden elde edilen (altta) rüzgar gerilim alanları (curl ve divergence) (dotted lines) alanları.

Farklılık, rüzgar gerilim alanları açısından Levant/Deniz için örtük ortamlarının farklılığıdır. Bu farklılık, İklim verimlilikteki Levant/Deniz'in örtük ortam rüzgar gerilimi farklılığıdır. Bu farklılık, İklim verimlilikteki Levant/Deniz'in örtük ortam rüzgar gerilimi farklılığıdır.

Levant Denizi ve Kilikya Basenİ için rüzgar gerilim alanları (curl ve divergence) (dotted lines) alanları.

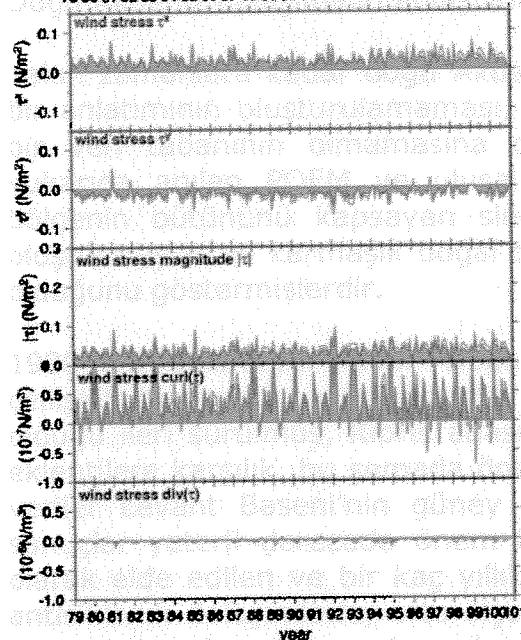


Şekil 3.14. Levant Denizi ve Kilikya Baseni için ECMWF yeniden analiz veri setine dayanarak yeniden hesaplanan (üste) ve ECMWF modelinden elde edilen (altta) rüzgar gerilimi curl (üstteki ikili panel) ve divergence (alttaki ikili panel) alanları

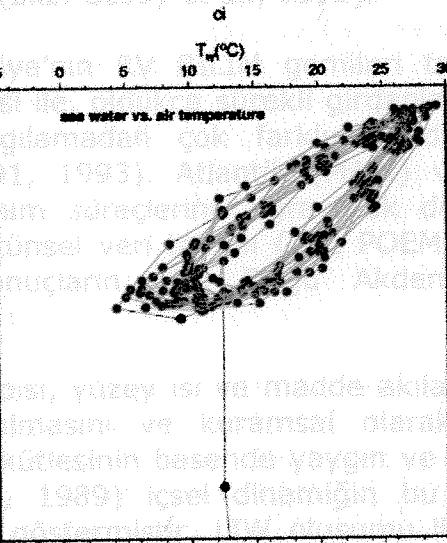
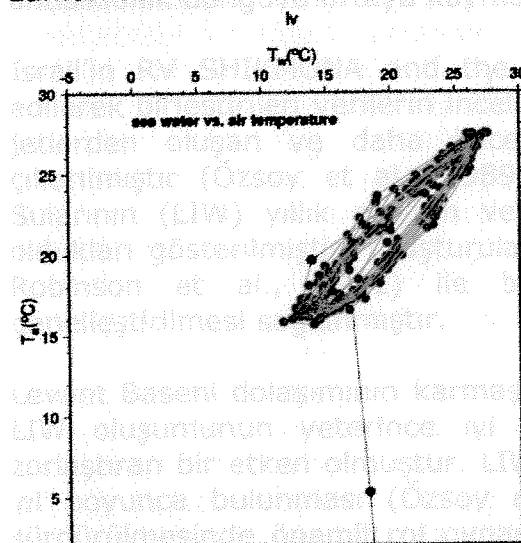
Rüzgar gerilimine bağlı zaman serileri ise Levant Denizi için alan ortalaması değerler olarak Şekil 3.15'te verilmektedir. Levant Denizi’nde ortalama olarak rüzgar gerilimi dağılımı pozitif curl değerlerine sahiptir. ECMWF ve yeniden hesaplanan curl zaman serileri arasında ise önemli farklar bulunmaktadır.

Levant Denizi ve Kilikya Baseni aylık alan ortalaması hava ve deniz suyu sıcaklığı ilişkileri ise Şekil 3.16'da gösterilmektedir.

Robinson et al., 1981; The POEM Group, 1982) üzerinde zorluklar yaşatmış
bir zaman serisi. Bu zaman serisi, 1979-1990 yılları arasında bulunmuştur.



Şekil 3.15. Levant Denizi için ECMWF yeniden analiz veri setine dayanarak yeniden hesaplanan (mavi) ve ECMWF modelinden elde edilen (kırmızı) aylık alan ortalaması rüzgar gerilimi doğu ve kuzey bileşenleri, mutlak büyüklük, curl ve divergence zaman serileri (Görsel 3.15 ortaya koymustur (bkrz. Özsoy et al., 1993)).



Şekil 3.16. Levant Denizi ve Kilikya Baseni için hava ve deniz sıcaklıklarının ilişkileri (Görsel 3.16 ortaya koymustur (bkrz. Özsoy et al., 1993)).

3.5 LEVANT BASENİ DOLAŞIMI VE KİYISAL AKIMLAR

Doğu Akdeniz'de Kilikya Basenini konu alan bir çalışma yapılmamakla birlikte, bu bölgeyi de içine alan Kuzey Levant Basenini (Muğla ve Hatay arası Türkiye kıyıları'nın güneyinde 34°N enleminin kuzeyinde kalan alan) oldukça uzun süredir araştırmalara konu olmuştur.

Doğu Akdeniz'e çevre ülkelerin ulusal programları ile desteklenen POEM (Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean) araştırma programı (UNESCO, 1984, 1985, 1987; Malanotte-Rizzoli and Robinson, 1988; Özsoy et al., 1989, 1991;

Robinson et al., 1991a; The POEM Group, 1992) çerçevesinde yürütülen çalışmalar, Doğu Akdeniz dolaşımının anlaşılmasına büyük katkılarda bulunmuştur.

Yakın zamanlara kadar doğu Akdeniz'in dolaşım ve su kütlesi oluşumlarının tutarlı bir anlatımının oluşturulamaması, önceki yıllarda yeterli zaman aralığını kapsayan bir veri tabanının olmamasına dayandırılmıştır. Buna karşılık, sonraki yıllarda yukarıda anılan POEM ve ulusal programlar çerçevesinde ilk kez elde edilen, bölgenin bütününe kapsayan sinoptik veriler oldukça yeterli bir bilgi birikimi oluşturmuşlar ve karmaşık doğal değişkenliğin incelenen sistemin temel bir özelliğini olduğunu göstermişlerdir.

1980'lere gelinceye kadar Doğu Akdeniz'in Levant Baseni dinamiği hakkında çelişkili hipotezler geliştirilmiştir. Uzun yıllar, tüm basende siklonik bir dolaşım olduğu ileri sürülmüş, Kıbrıs adası çevresinde akıntıının ikiye bölünmesi gibi küçük eklentilere karşılık, bu şemada önemli bir değişiklik yapılmamıştır. Elde edilen bazı veriler Levant Baseni'nin güney yarısında antisiklonik girdaplar gösterse de bu sonuçlar yeterli derecede önem kazanmamıştır. İlk kez İsrail tarafından düzenli olarak elde edilen ve bir kaç yıllık bir süreyi kapsayan veriler güneybatı Levant'ta antisiklonik dolaşım larla, orta-ölçekli girdaplar, jetler gibi genel dolaşım içinde yer alan karmaşık yapılar ortaya koymuştur. Kuzeybatı'daki Rodos siklonik döngüsü Levant Baseni'nin sürekli ve temel bir yapısı olarak ortaya çıkarılmakla birlikte, bu döngünün çevresinde oldukça kararlı antisiklonik girdaplar bulunmuştur. Önceki verilerin yeniden analizleri ve model sonuçları da Rodos siklonu dışında bir dizi antisiklonik döngüyü ortaya koymuştur (bkz. Özsoy et al., 1993).

İsrail'in RV SHIKMONA and the Türkiye'nin RV BİLİM gemileri tarafından elde edilerek birleştirilen verilerin incelenmesi ile, oldukça sürekli girdaplar, döngüler ve jetlerden oluşan ve daha önceki algılamadan çok farklı bir dolaşım ortaya çıkarılmıştır (Özsoy et al., 1989, 1991, 1993). Atlantik (MAW) ve Levant Ara Sularının (LIW) yıllık oluşum ve taşınım süreçlerine ugrayarak döngülere dahil oldukları gösterilmiştir. Oluşturulan bütünsel veri tabanı (The POEM Group, 1992, Robinson et al., 1991) ile bu sonuçların tüm Doğu Akdeniz dolaşımına genelleştirilmesi sağlanmıştır.

Levant Baseni dolaşımının karmaşık yapısı, yüzey ısı ve madde akılarının etkilediği LIW oluşumunun yeterince iyi anlaşılmasını ve kuramsal olarak açıklamasını zorlaştıran bir etken olmuştur. LIW su kütlesinin basende yaygın ve dağınık olarak yıl boyunca bulunması (Özsoy et al., 1989) içsel dinamiğin bu su kütlesinin sürdürülmesinde önemli rol oynadığını göstermiştir. LIW oluşumu ile ilgili değişik hipotezler ileri sürülmüştür.

Soğuma ve rüzgarla karışındaki yıllar arası değişimlerin önemi yapılan çalışmalarla ortaya çıkarılmıştır. Kişi aylarında olağanüstü soğuma gerçekleşen bazı yıllarda tüm kuzey Levant bölgesinde konvektif hareketlerle kütlesel olarak LIW oluşu ve Rodos girdabında oluşan yoğun suların ise derin sulara (DW) katkıda bulunduğu belirlenmiştir (Sur, et al., 1992).

Elde edilen kütle dağılım, akıntı ve udu verilerinin uzun yılları kapsayan çözümlemeleri ile Doğu Akdeniz'de, ilgili tüm ölçekleri kapsayan dinamik yapıların bulunduğu, ve karmaşık dolaşımın gözlenen heterojen su kütleseri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca, LIW ve DW oluşum süreçlerindeki yıllar arası değişim, genel dolaşımındaki bazı değişikliklerle ilgili olduğu da ortaya çıkarılmıştır (Özsoy et al., 1993).

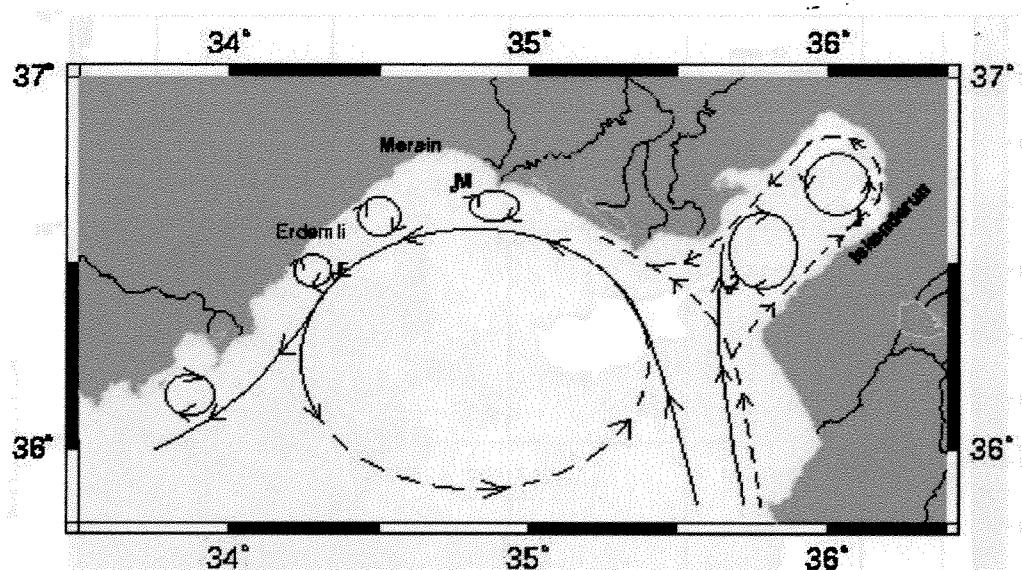
Kuzeydoğu Akdenizde kıyısal akımların taban topografyası ve kıyı geometrisi ile etkileşimi gösteren önemli özelliklere sahip örnekler bulunmaktadır: Anadolu kıyısını izleyen Küçük Asya menderesli akımı (Özsoy et al., 1993) ile bu akımın kararsızlığı ile oluşan Antalya antisiklonu (Özsoy et al., 1993; Feliks ve Ghil, 1993) gibi yapılar bu akımlara örnektir.

Dünya denizlerinde de kıyısal akımların etkileşimleri ve kararsızlıkları ile ilgili örnekler pek çoktur. Genellikle akıntıların izledikleri yollar, kıyının eğriliği ve geometri, taban eğimi ve kıtaların sahanlığı ve kıtaların yamaçlarının yapısı ile rüzgar geriliminin dağılımına, ve yerel tabakalaşma özelliklerine bağlıdır. Örneğin Haidvogel et al. (1992) Gulf-Stream gibi çok özel dinamiği bulunan geniş çaplı bir akıntı sisteminin bile yukarıdaki faktörler sonucunda Kuzey Amerika kıtasından ayırtığını göstermektedirler. Ancak bu tür nedenlerinin hangisinin hangi koşullarda daha önemli rol oynadığını belirten genel bir teori yoktur. Daha ötesi, uydulardan elde edilen veriler ve detaylı gözlemler, menderesli akımların, girdapların, ipçiklerin ve cephесel kararsızlıkların kıyısal akıntıların önemli özelliklerini teşkil ettiğini göstermişlerdir. Bu gibi yapıların ısı, tuzluluk, besin tuzları veya biyokimyasal ve diğer ortam özelliklerinin taşınımı ile kıyı ile açık deniz arasında önemli alışverişe neden olabildikleri bilinmektedir.

Kıyı geometrisi ile taban topografyasının etkileri dünya denizlerinde olduğu gibi, Türkiye denizlerinde de önemli fiziksel, ekolojik sonuçları olan dinamiksel olayları kapsamaktadır. Ancak konu hem parametre uzayı olarak, hem de olası geometrilerin çeşitleri yönünden oldukça genişdir (Özsoy, 2000).. Kıyı ve topografya etkileşimlerinin etkin olduğu yerlerde oluşan girdap ve ipçikler kıyısal burunlar, 'upwelling' olayları ve cephесel dinamik gibi çeşitli nedenlere atfedilmiştir (Ramp et al., 1991; Strub et al., 1991; Haidvodel et al., 1991). Kanyonların bulunduğu yerlerde ise kıyısal akımlar üçlü girdaplar oluşturabilmekte (Pingree ve LeCann, 1992), ve bu girdaplar da kıyısal akımların yapısını değiştirebilmektedir (Vidal et al., 1992).

3.6 KİLİKYA BASENİ AKINTILARI VE GELGİT

Doğu Akdeniz'de hakim ortalama akıntı sistemi olarak siklonik yönde bir genel dolaşımın varlığı önceden beri savunulmuştur (Wüst, 1961). Buna göre durağan / ortalama akımlar önce İsrail, Lübnan, Suriye kıyılarını izledikten sonra Türkiye'nin güney kıyıları boyunca batıya doğru hareket etmektedir. Türkiye ve Suriye kıyılarında uzun süreli akıntı ölçümleri gerçekten de 15-20 cm/s hızlarında bu tür ortalama akımların varlığını göstermektedir. Ancak zaman zaman bu akıntılar 60-70 cm/s büyüğünü erişmekte, günlük / haftalık / aylık zaman ölçeklerinde değişimler göstermekte, ve belirgin sürelerde akıntı yönü tersine de dönmektedir.

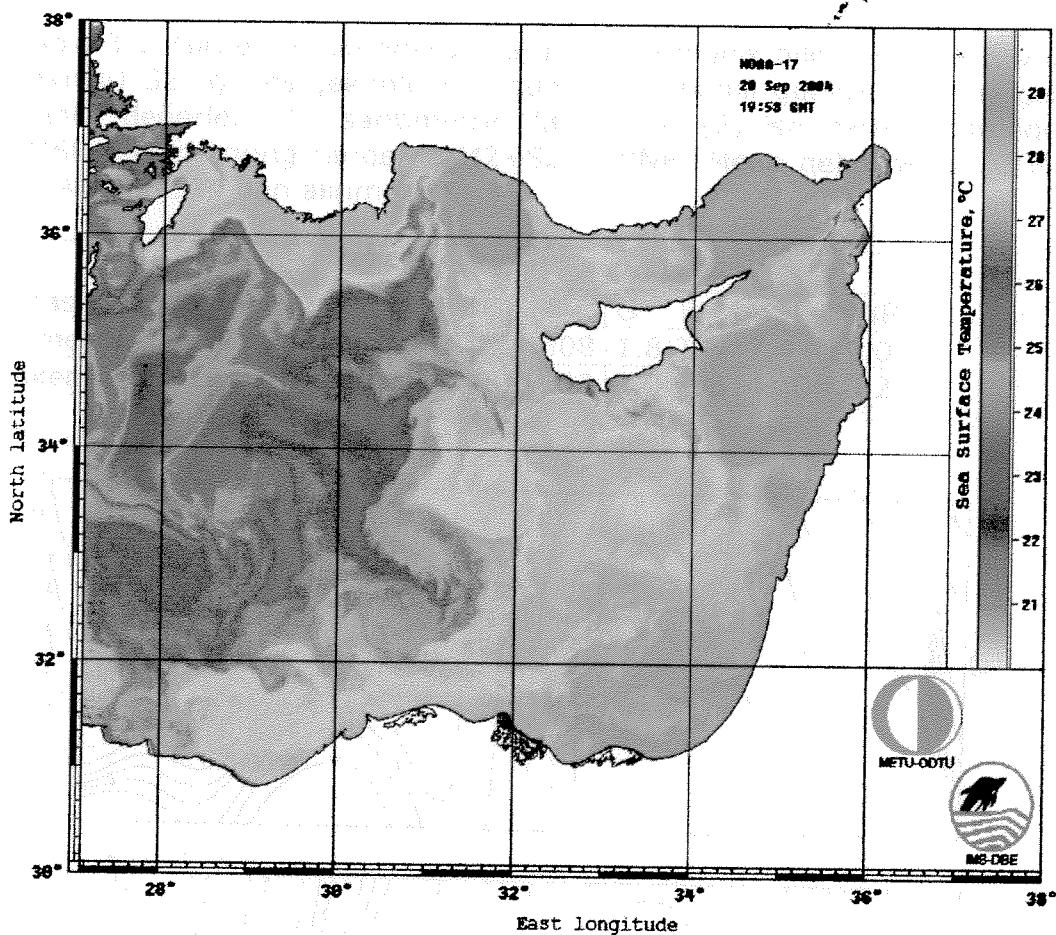


Şekil 3.17. Mersin and İskenderun Körfezlerinde şematik dolaşım.

İskenderun – Mersin Körfezlerinde iki tip dolaşının olduğu bilinmektedir (Collins ve Banner, 1979). Özellikle yazın, Suriye kıyılarını izleyen kuvvetli yüzey akıntıları Karataş yakınında İskenderun Körfezine girer ve Körfezin içinde ya tek bir antisklonik dolaşım ya da iç kesimde siklonik ve dış kesimde antisiklonik olan çift merkezli dolaşımı oluşturabilir (Şekil 3.17). Bu dolaşım şéklinin İskenderun Körfezinde kirleticilerin tutulmasını da etkilediği açıktır ve kıyı boyunca güneyden gelerek Körfez içerisinde yüzeye toplanan plastik madde vs. gibi atık maddelerden de görsel olarak izlenebilmektedir. Yaz aylarında batılı rüzgarların da yardımıyla Ceyhan nehir suları Körfezin iç kesimlerine ulaşarak bu bölgede tuzluluğun azalmasına yol açmaktadır.

uydu verilen polidoppler ölçüklerde girdap ve çatı akıntılarını işaret etmektedir. Bu Körfezdeki hücresel dolaşım şekli sonbaharda daha küçük ölçekli hareketlerle ortadan kalkmakta ve kıyımı izleyen kita sahanlığı akıntıları kışın Akıncı Burnu tarafından Körfezin iç kesimine doğru girmekte, siklonik olarak kıyımı izleyerek Karataş kıyılarına ulaşmaktadır.

Gelişen hareketleri Aksaray'da suların küçük genitçe sahipliği, Girmen ve 1992 yılında İskenderun Körfezi'nde yapılan akıntı ölçümleri 5-25 cm/s aralığında Körfezin uzun eksen boyunca akıntılarının varlığını ortaya koymuş, bu ölçümlerde yüksek ferakanslı salınımların yanı sıra sekiz günlük periyotta salınımlar gözlenmiştir. en büyük batılındı oluyorur. Barometrik basıncı değişimleri nedeniyle 21 günlük düşük frekanslı bu salınımlar gözlemezmektedir. İskenderun Son yıllarda bölgedeki araştırmalar ise, yüksek derecedeki dinamiksel değişkenlik sonucunda yukarıda anlatılan ortalama akımların pek fazla bir şey ifade etmediğini, cet ve girdap akımları, kita sahanlığı, açık deniz ve yarı kapalı basen salınımları gibi jeofiziksel zaman / uzay ölçüklerindeki hareketlerin, ortalama akımlardan çok daha etkin ve çoklu ölçüklü akıntıların varlığını ortaya koymuştur.



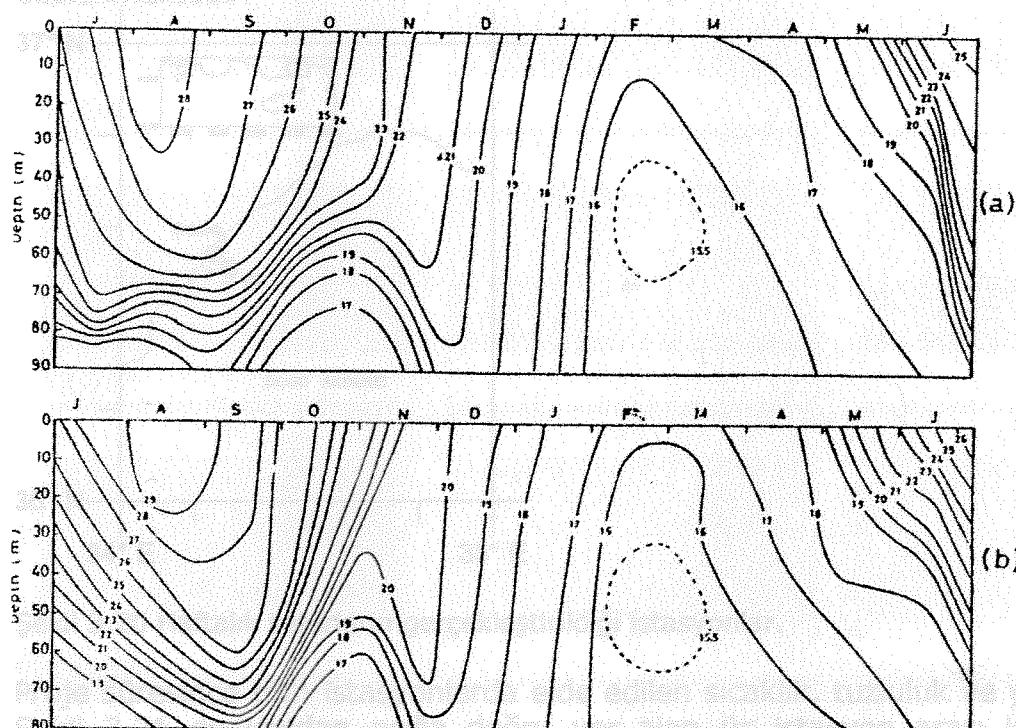
Şekil 3.18. 20 Eylül 2004 NOAA-14 uydusundan alınan yüzey su sıcaklıkları

Şekil 3.18 de gösterilen ve rapor yazım süresinde elde edilen yüzey suyu sıcaklığı uydular verileri çok değişik ölçeklerde girdap ve cet akımlarına işaret etmektedir. Bu şekilde birbirini izleyen günlerde elde edilmiş ODTÜ Deniz Bilimleri arşivindeki veriler, özellik ve yer değiştiren bir dizi dinamik yapıyla ilişkili olarak hızla değişen akıntıların varlığını göstermektedir.

Gelgit hareketleri Akdeniz'de oldukça küçük genlige sahiptir. Girne ve İskenderun'daki gelitin dört ana harmonic bileşeni için genlik ve faz açıları Tablo 3.1 de verilmiştir. Gelgit salinimları Girne ve İskenderun'da sırasıyla 33 ve 41 cm'lik 'spring' değişme aralığı ile oldukça küçütür. Yarım-günlük bileşenler gelgit salinimlarının en büyük bölümünü oluşturur. Barometrik basınç değişimleri nedeniyle 21 günlük düşük frekanslı bazı salinimlar gözlemlenemektedir. İskenderun Körfezinde en düşük frekanslı salinimların ise 3.6 saatlik baskın salinimlar olduğu gözlemmektedir.

Tablo 3.1. Girne ve İskenderun'da gelgit harmonik bileşenleri (M2: yarım günlük ay çekimli) S2: güneş çekimli, K1: güneş-ay çekimli günlük, O1: ay çekimli günlük). Genlik değerleri (G) santimetre, faz açıları (F) ise derece cinsinden verilmiştir. (MSR: Mean spring range ($2(M2+S2)$), MNR: Mean neap range ($2(M2-S2)$). (Yüce ve Alpar, 1994 dan alınmıştır).

İstasyon	M2		S2		K1		O1		MSR	MNR
	G	F	G	F	G	F	G	F		
Girne	10.1	293	6.4	316	2.4	308	1.8	288	7.4	33.0
İskenderun	12.5	267	7.9	268	3.4	263	2.0	286	41.0	9.2



Şekil 2.19. İskenderun Körfezi istasyon 2'de 1981-1984 yılları arasındaki ölçümlerden elde edilen sıcaklık değişimleri (Ö. İyiduvar, MS tezi, ODTÜ-DBE).

İskenderun ve Mersin Körfezlerinin hidrografik özelliklerini ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından 1981'den beri çeşitli incelemelere konu olmuştur. Yoğun olarak veri toplanan Kilikya Baseni kıyılarında diğer iki körfez ise Akkuyu ve Taşucu Körfezleridir. Örnek olmak üzere İskenderun Körfezi'nde gözlenen sıcaklık, tuzluluk ve oksijen değişim aralıkları Tablo 3.2'de verilmiştir. İskenderun Körfezi istasyon 2'de sıcaklığın yıllık değişimi Şekil 2.19 da gösterilmiştir.

Tablo 3.2. İskenderun Körfezi'nde ortalama özelliklerin yıllık değişim aralıkları

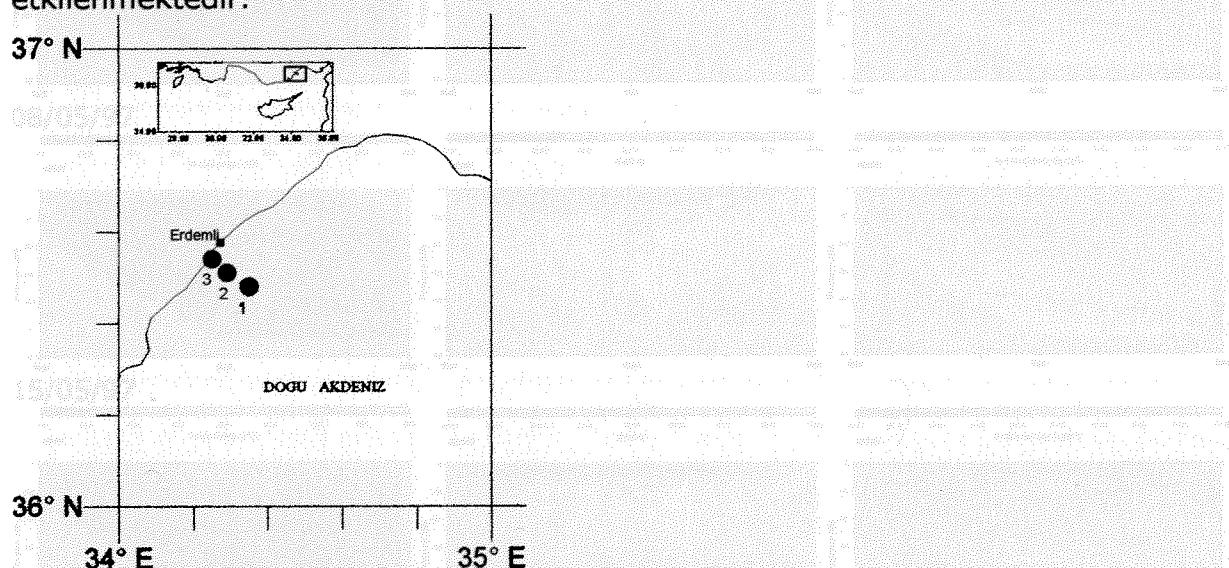
Sıcaklık (C)	15.0 (Şubat)	31.2 (Ağustos)
Tuzluluk	37.9 (Temmuz)	39.8 (Ağustos)
Oksijen (mg/l)	5.7 (Temmuz)	8.5 (Şubat)

İskenderun ve Mersin Limanlarında yapılan ve Monterey, California'daki Naval Research Laboratory tarafından 'Mediterranean Severe Weather Port Guide' da yayınlanan bilgiler dalga iklimi konusunda genel bilgi verebilir. Mersin'de 1986-1992

yılları arası veriler kiş günlerinin %81'inde 0-50 cm arası, %13'ünde 50-125 cm arası, %3'ünde 125-250 cm arası, %2'sinde 250 cm den büyük dalgalar gözlenmiştir. Diğer mevsimlerde dalga yükseklikleri daha azdır.

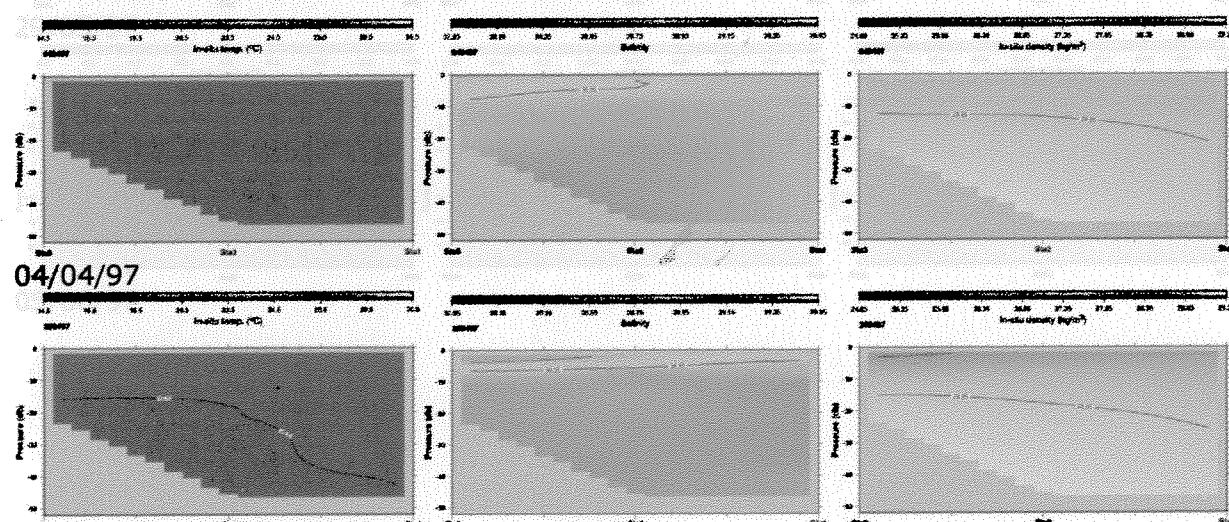
3.7 HİDROGRAFİK GÖZLEMLER - ZAMAN SERİLERİ

Proje çerçevesinde, kuzeydoğu Akdeniz'de, ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü liman açıklarında 3 istasyonda R/V Erdemli araştırma teknesi ile haftalık seferler gerçekleştirılmıştır (Şekil 3.20). İstasyonlar kıyıdan aşağı doğru konumlandırılmış olup 1 no'lu en açıktaki istasyon 100 metre derinlik konturu üzerinde yer almaktadır. En sıç 3 no'lu kıyı istasyonu toplam 20 metre derinlikte olup kıyı dalga ve hareketlerinden özellikle de yakındaki Lamas deresinden büyük oranda etkilenmektedir.

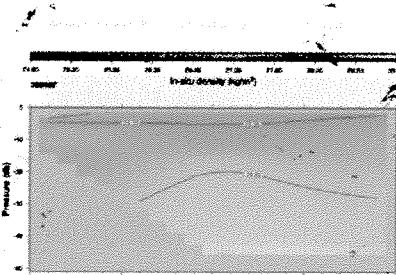
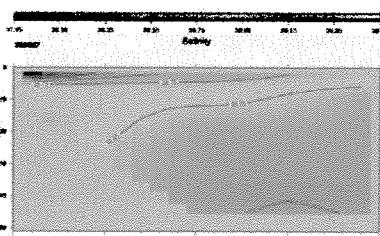
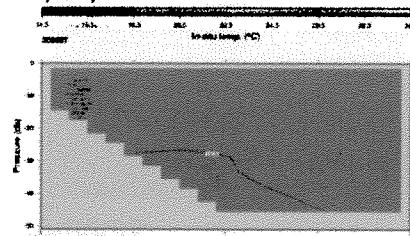


Şekil 3.20 Haftalık seferlerin gerçekleştirildiği istasyonlar.

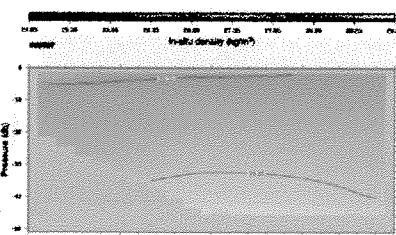
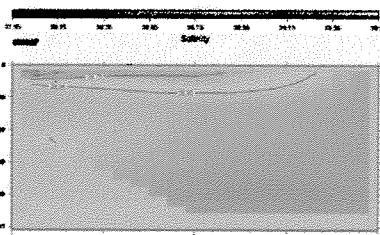
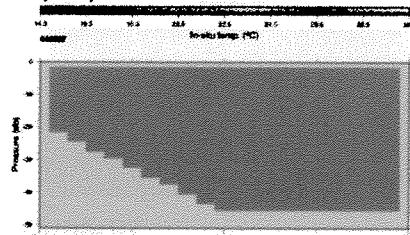
Proje süresince tüm istasyonlarda elde edilen sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk verileri Şekil 3.21 de kıyıdan aşağı doğru yer alan üç istasyon arası kesitler üzerinde gösterilmiştir. Şekil 3.21 de karşılaştırmalı değerlendirmeleri olanaklı kılmak için renk kodları ve kontur aralıkları tüm kesitlerde aynı olacak şekilde seçilmiştir; sıcaklık kesitleri en solda, tuzluluk ortada ve yoğunluk en sağda verilmekte ve 1997-1999 arasında tarihsel dizini izlemektedir.



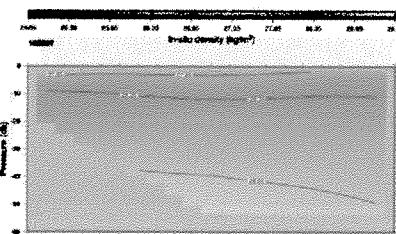
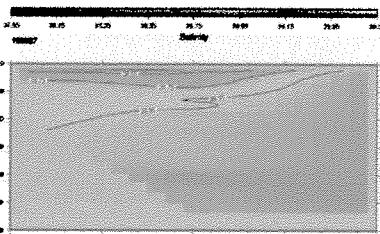
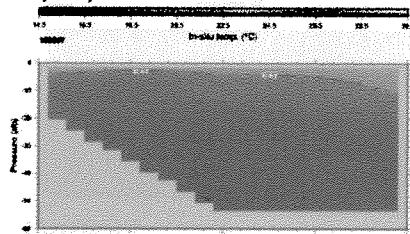
25/04/97



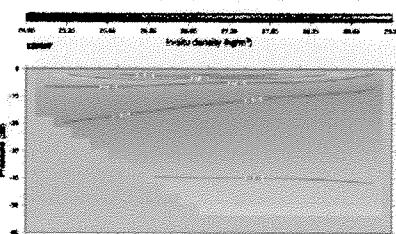
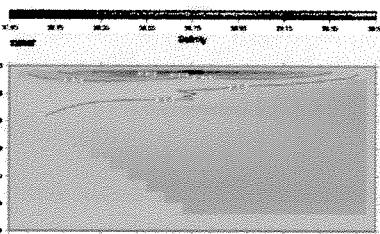
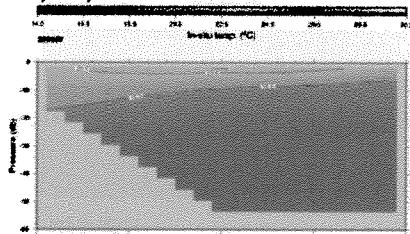
30/04/97



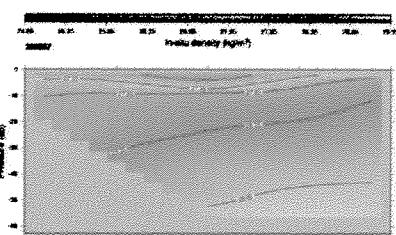
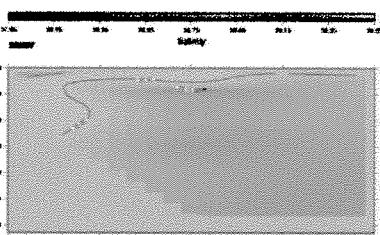
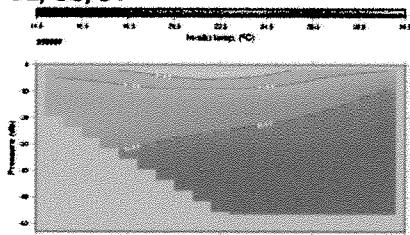
08/05/97



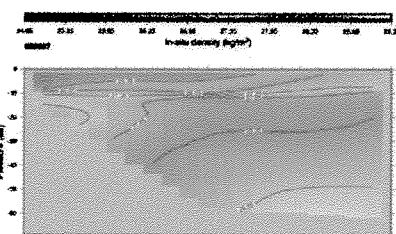
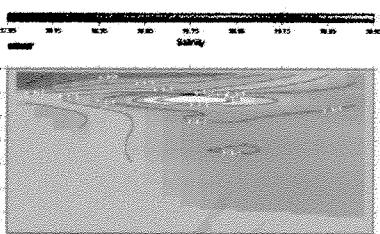
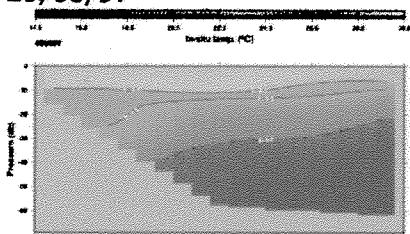
15/05/97



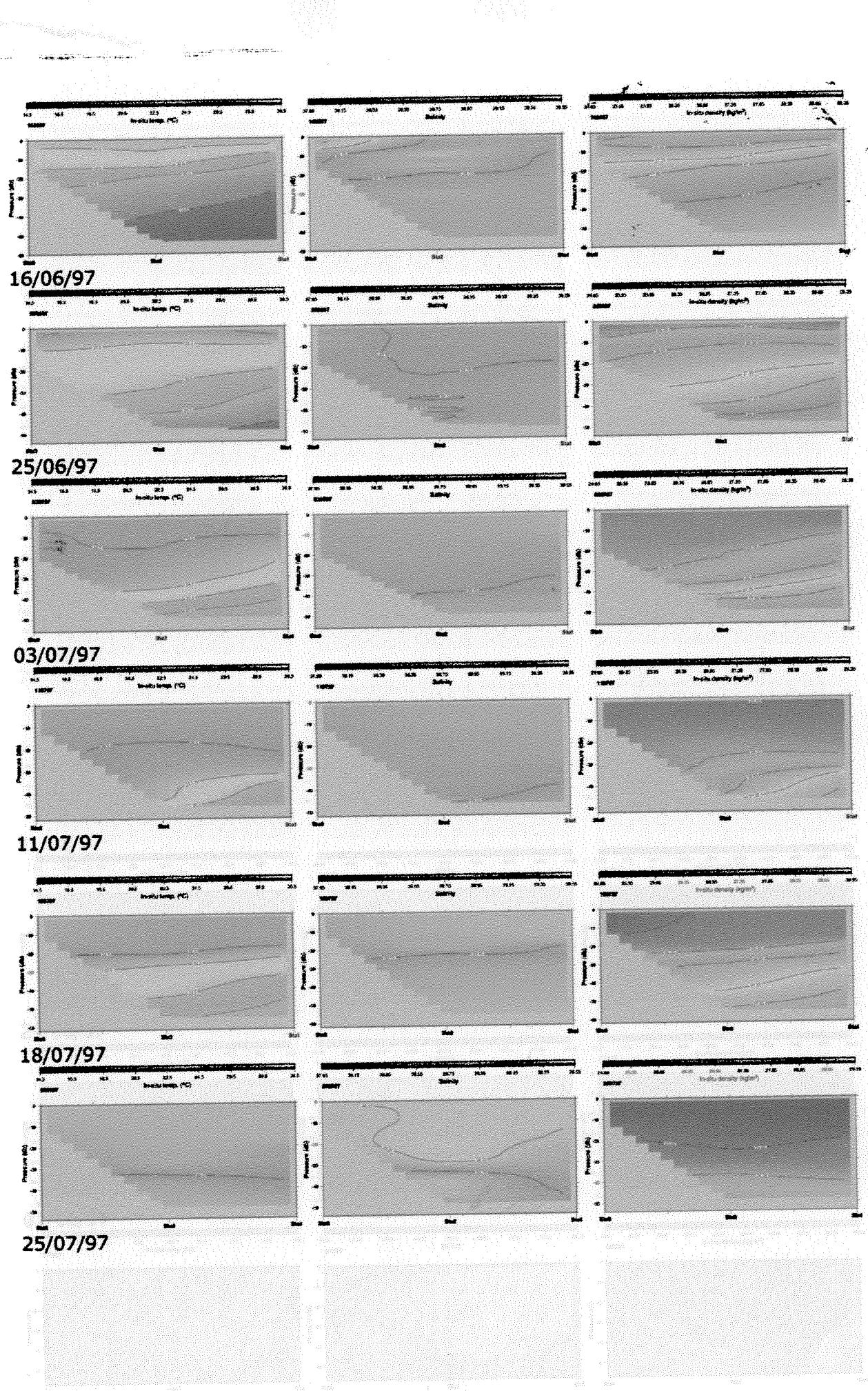
22/05/97

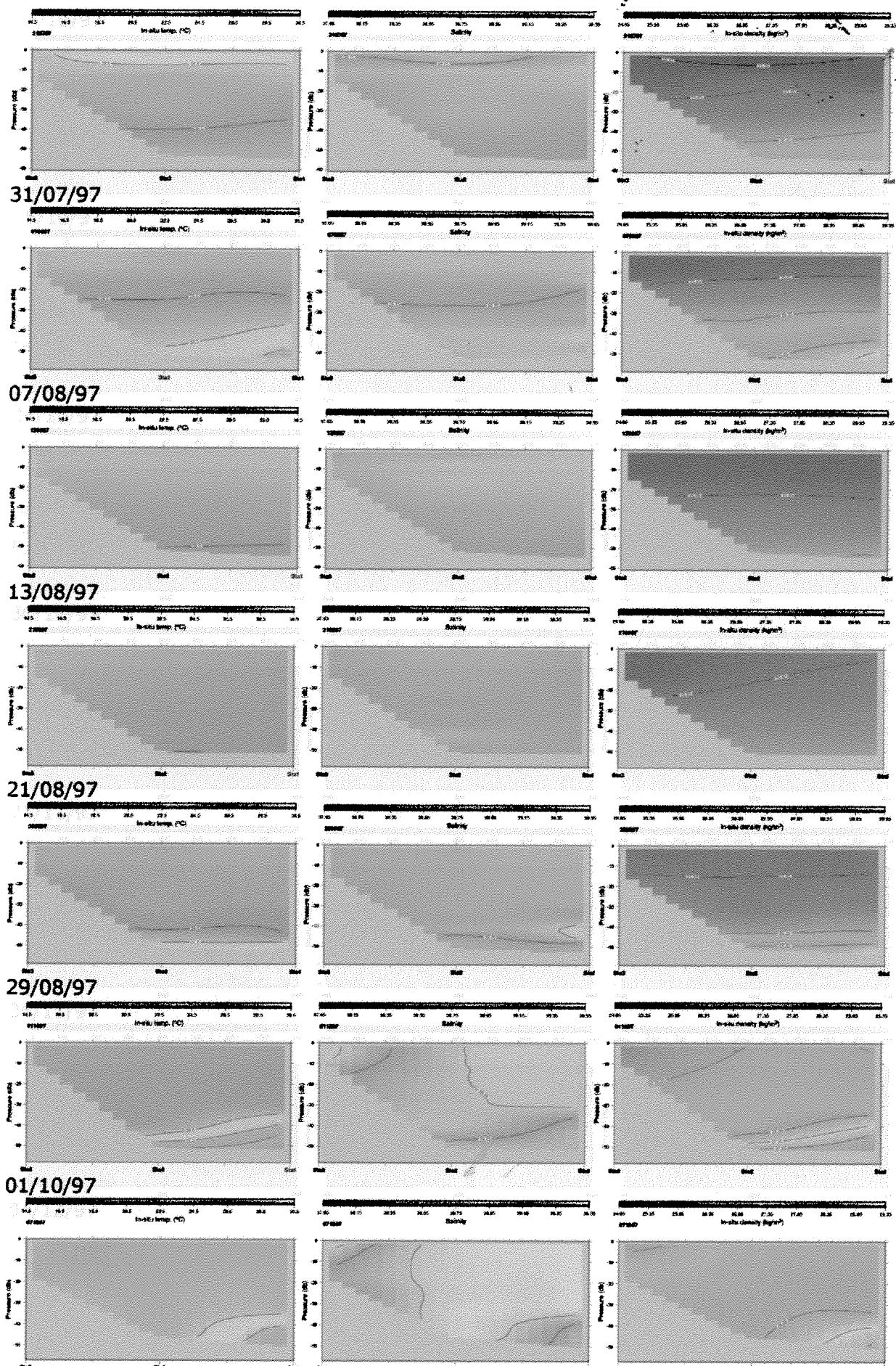


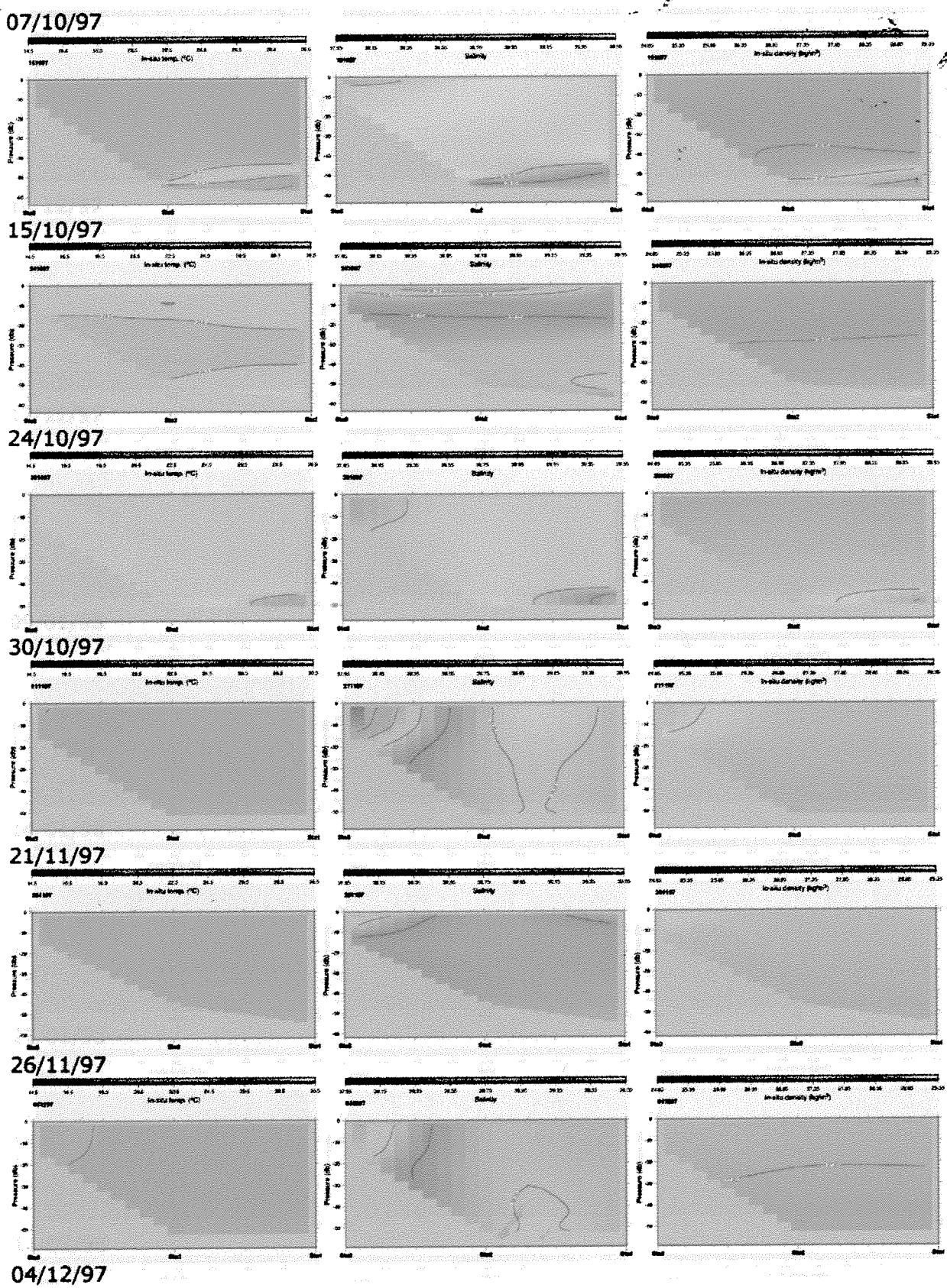
29/05/97

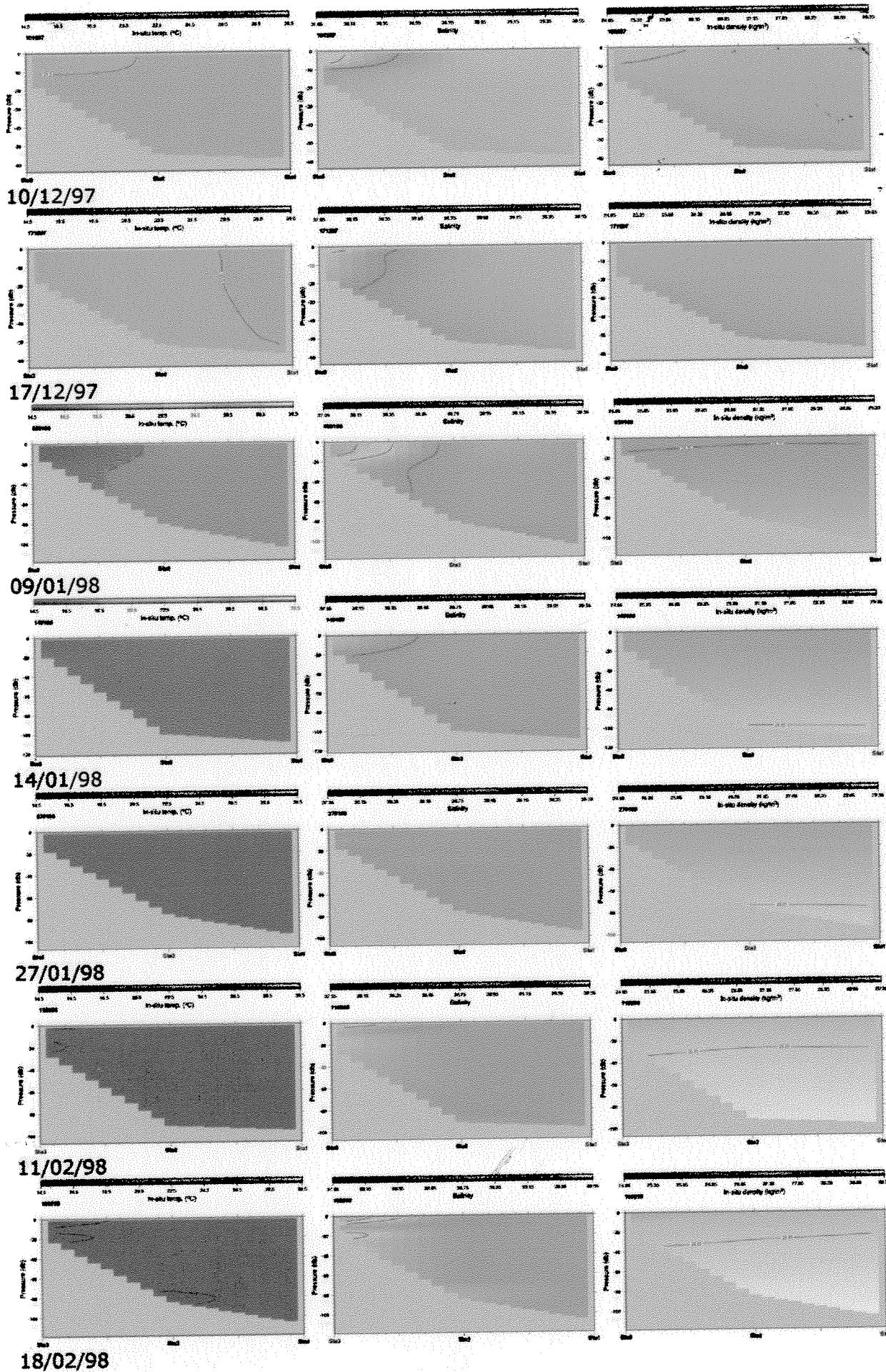


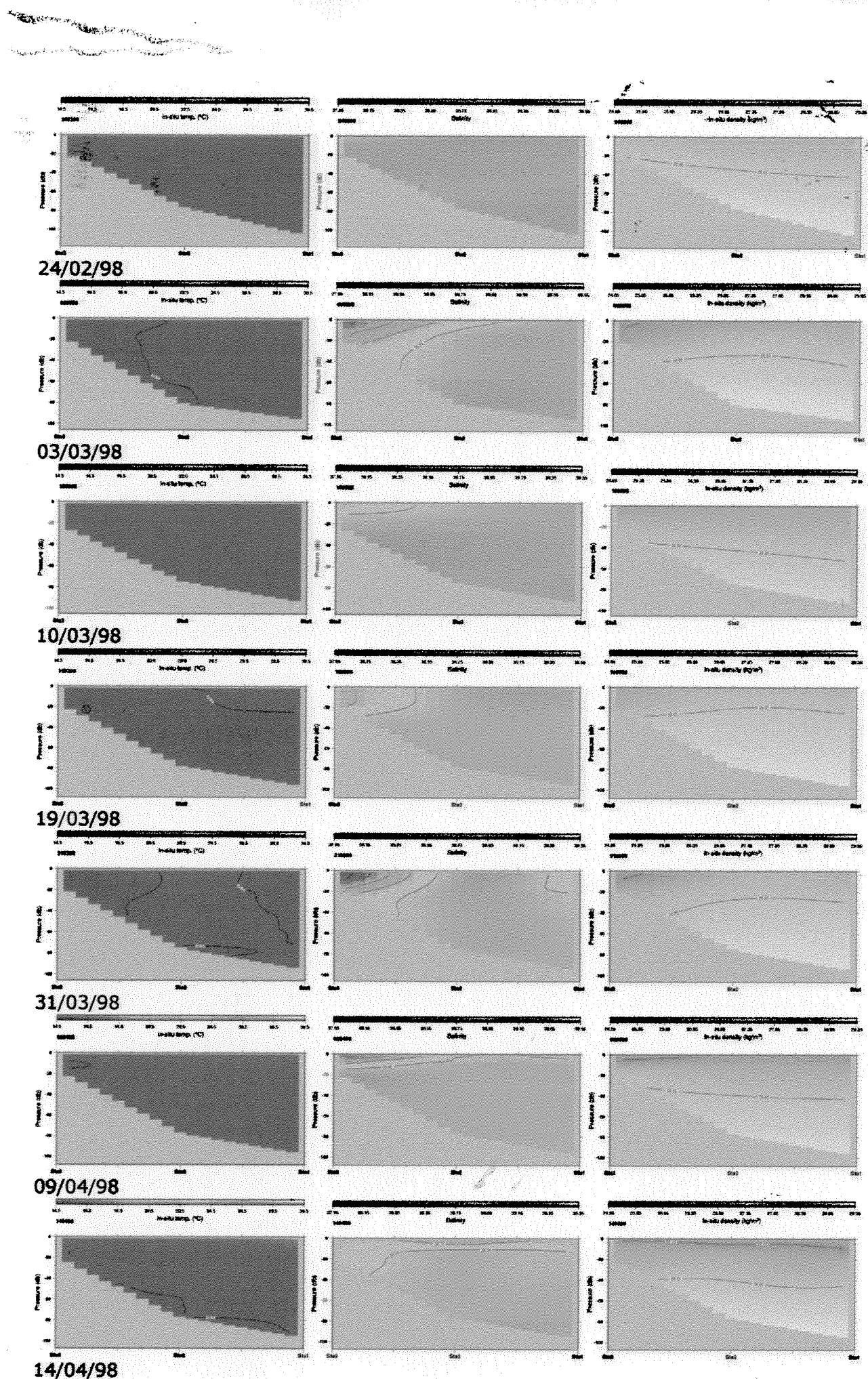
05/06/97

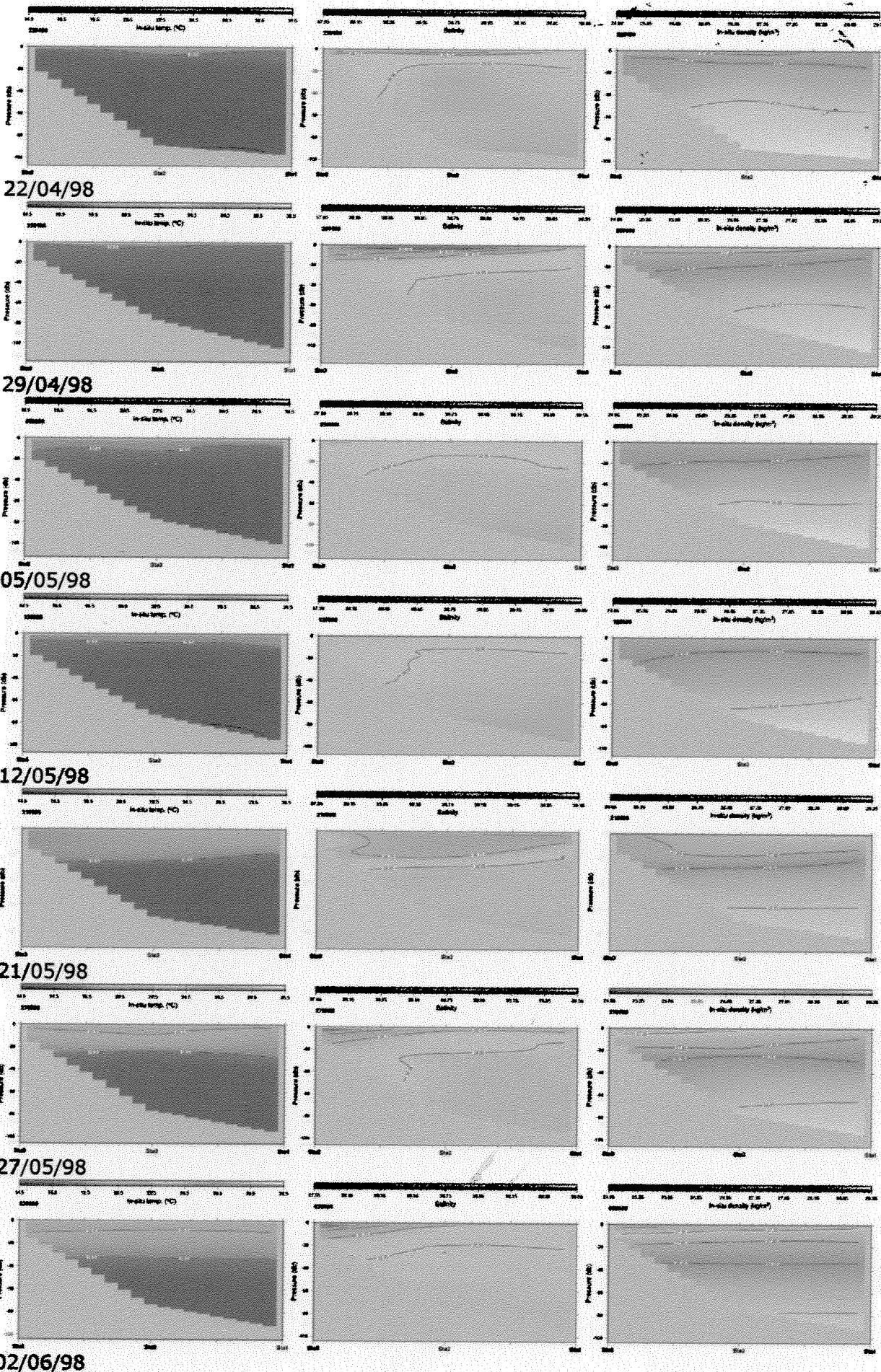


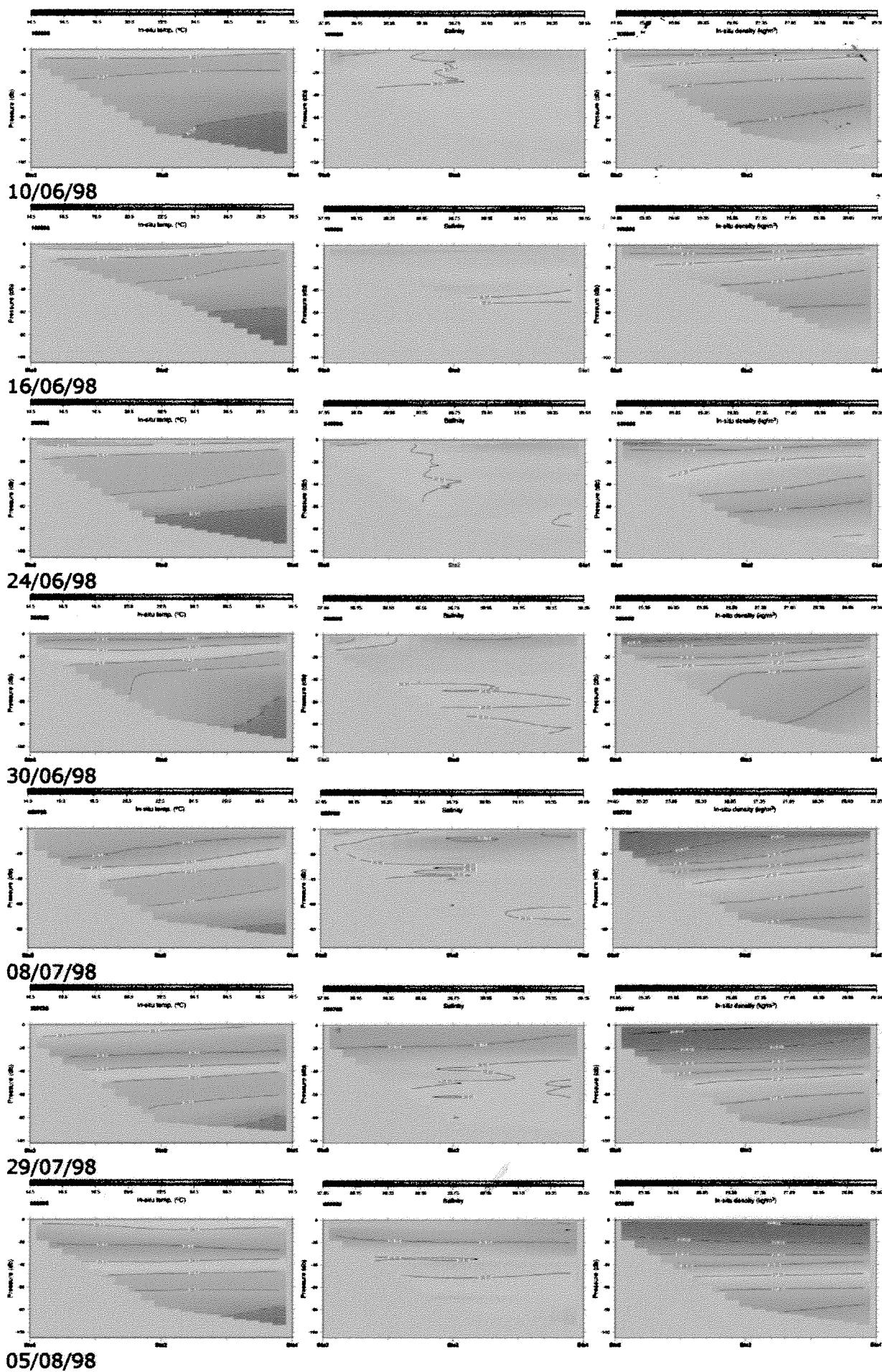


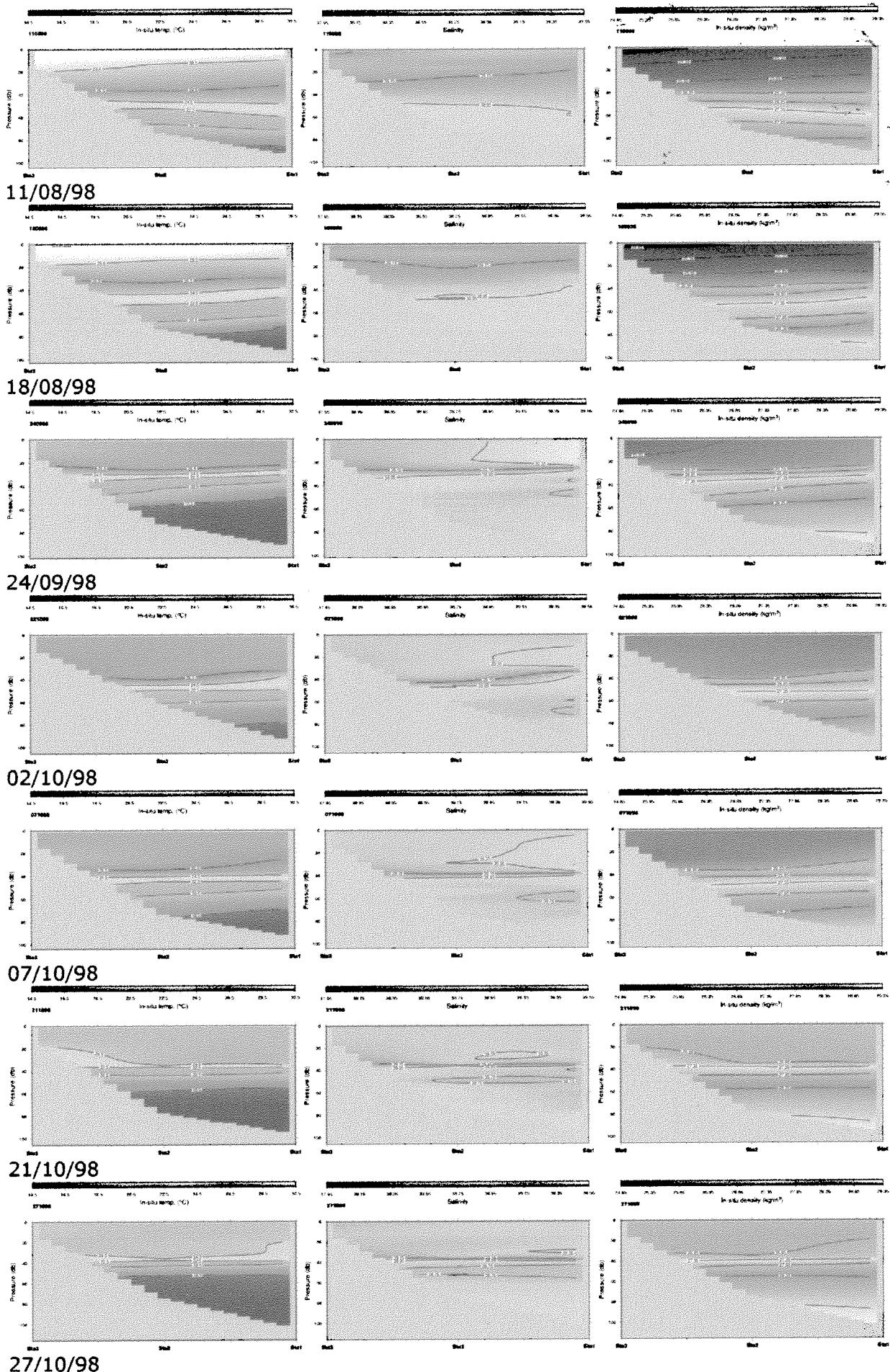


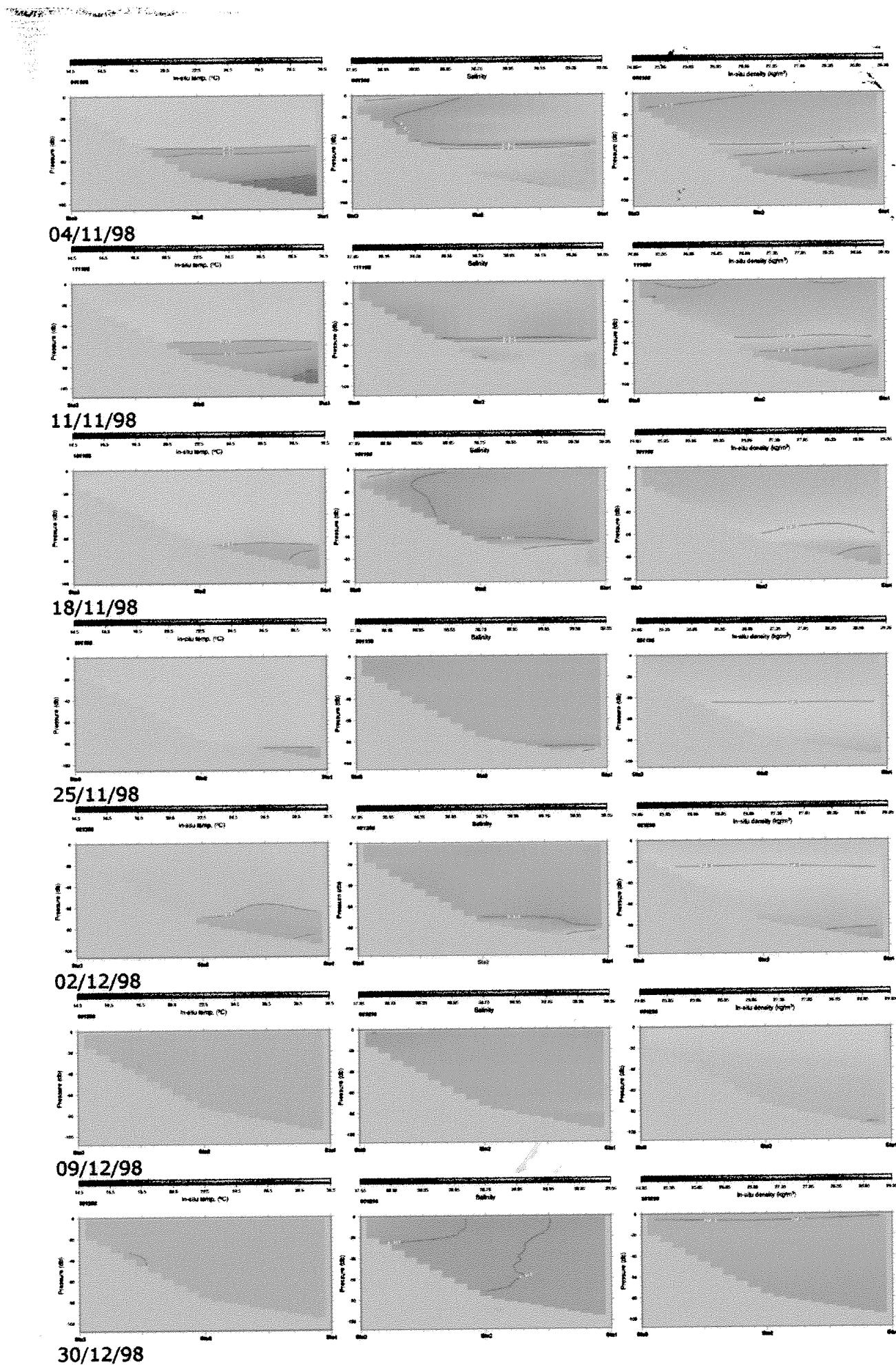


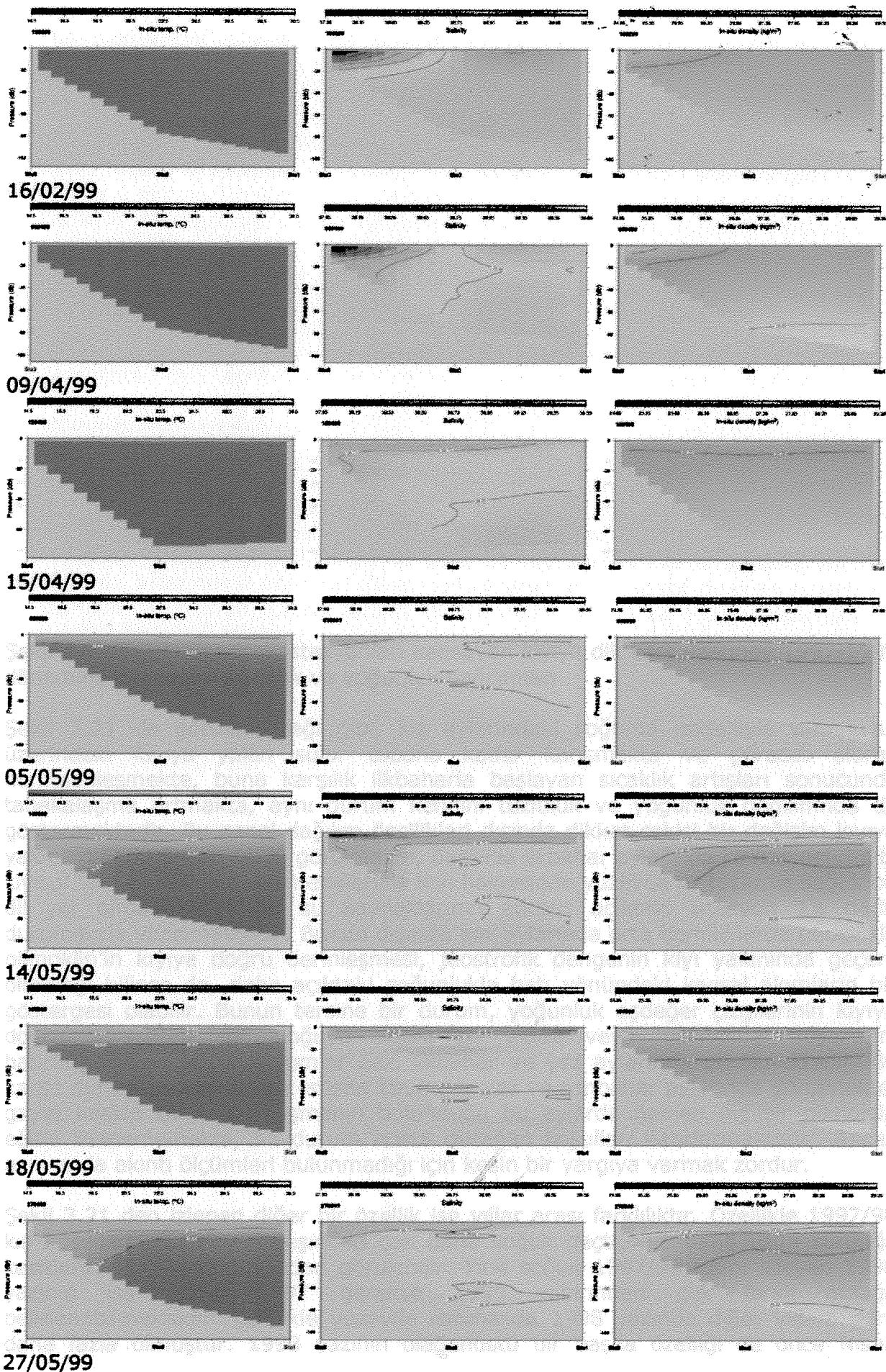


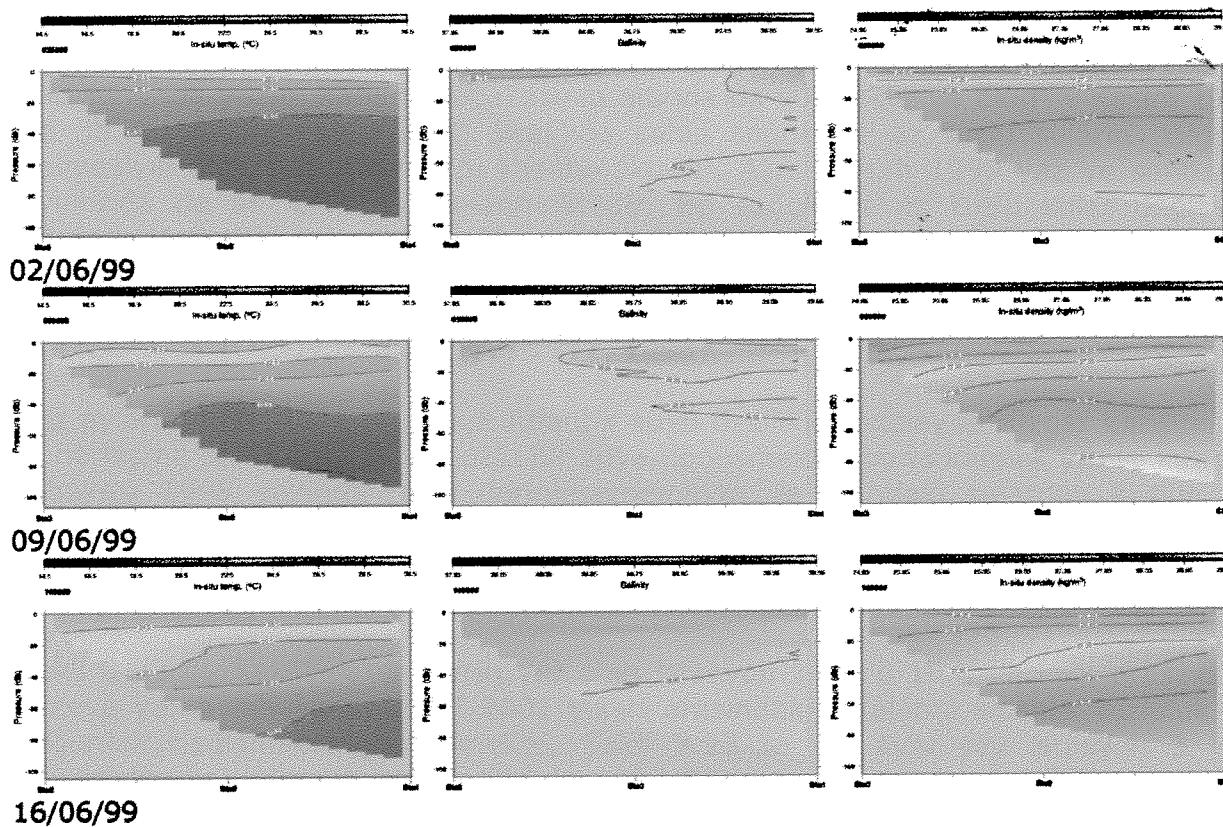












Şekil 3.21 3,2,1 numaralı istasyonları kapsayan kıyıya dik kesit üzerinde 1997-1999 döneminde sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk dağılımları

Şekil 3.21 de görülebileceği gibi, kış aylarındaki soğuma nedeniyle tüm kesit üzerindeki kıyıya yakın sular tabana kadar karışmakta ve göreceli olarak homojenleşmekte, buna karşılık ilkbaharla başlayan sıcaklık artıları sonucunda tabakalaşma artmaktadır, aynı durum kendini tuzluluk ve yoğunluk dağılımında da göstermektedir. Bu genel dağılım özellikleri dışında dikkat çekici bir değişim kıyıya yakın bölgede (istasyon 3) görülmekte, özellikle ilkbahar aylarında Lamas nehri gibi kıyısal tatlı su kaynaklarının etkileriyle kıyı bölgesinde yüzeyde az tuzlu ve soğuk bir dil yer almaktadır. Tatlı su kaynaklarının etkileri aşıktaki istasyon 1'e nadir durumlarda yansımaktadır. Bunun dışında yaz aylarında orta derinliklerde genellikle piknoklin'in kıyıya doğru derinleşmesi, jeostrofik dengenin kıyı yakınında geçerli olmadığı bilinse de, daha aşıktaki yoğunlukla batı yönündeki kıyısal akımların bir göstergesi olabilir. Bunun tersine bir durum, yoğunluk eşdeğer çizgilerinin kıyıya doğru sıçlaşması da, doğuya doğru bir akımı veya 'upwelling' koşullarını hatırlatabilir, ki böyle durumlar bazı ilkbahar ve yaz aylarında görülmektedir. Bu karşıt durumlara önemli bir istisna 1998 geç yaz ve sonbahar aylarında görülmekte, gayet keskin bir tabakalaşmanın bulunduğu bu aylarda hemen hiç bir piknoklin eğimi izlenmemekte, bu durum adeta durağan koşulları hatırlatmaktadır. Ancak aynı anda akıntı ölçümleri bulunmadığı için kesin bir yargıya varmak zordur.

Şekil 3.21 den izlenen diğer bir özellik ise yıllar arası farklılıktır. Özellikle 1997/98 kış koşullarının 1998/99 kışından çok daha soğuk geçtiği ve daha uzun sürdüğü kesitlerin karşılaştırılmasından görülebilir. Yine soğuk 1997/98 kışını izleyen 1998 yazının ise gerek 1997 gerekse 1999 yıllarından çok farklı olduğu belirlenebilmektedir: özellikle yüzeyde ısınma da 1998 yazında diğer yıllara göre daha fazla olmuştur. 1998 yazının olağanüstü bir başka özelliği de önce Nisan

ayında başlayarak yüzeye yakın sularda tuzluluğun azalmasıdır. Bu durum 1998 yılı yaz sonunda yüzey karışım tabakasının altında da sürmekte ve Ekim - Kasım 1998 de 38.75 tuzluluk ve 18.5°C sıcaklığa sahip soğuk ve az tuzlu suların bölgeye gelmesiyle olağanüstü bir yapı kazanmaktadır. Aynı durum 1999 yaz ve sonbahar aylarında da bir ölçüde yinelenmektedir. Bu soğuk ve az tuzlu sular değişime uğramış 'Atlantik' sularıdır ve Atlantik'ten bölgeye ulaşıncaya kadar karışım sonucu geçirdikleri evrime karşın, doğu Akdeniz'e 'Orta Akdeniz Ceti' ile girebildikleri ve girdapların merkezinde ya da girdaplar arasından sızararak kıyılara ulaştıkları iyil bilinmektedir (Özsoy et al., 1989, 1991, 1993).

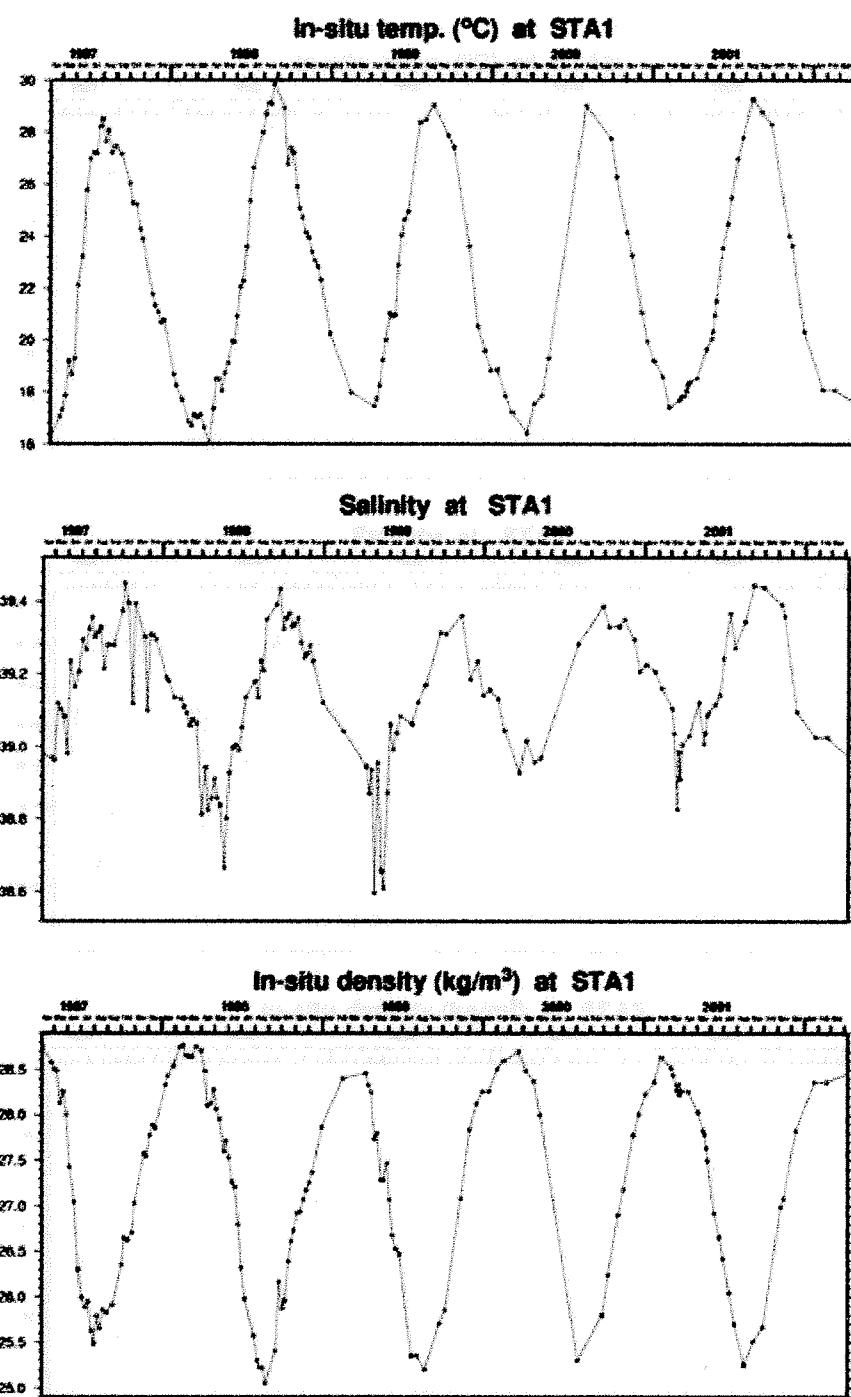
Yaz aylarında az tuzlu ve soğuk Atlantik suyu özellikleri yüzeyde rüzgar karışımı ve buharlaşma sonucu sıcak ve tuzlu bir suya dönüşmektedir, buna karşılık yüzey karışım tabakası 1998 yazında fazla derinleşmemekte ve altındaki sularдан keskin bir tabakalaşma ile ayrılmaktadır. Yüzey karışım tabakasının derinleşmesinin sınırlanmasında ikili difüzyonun rolü olabileceği tahmin edilebilirse de bunun kanıtlanması gerekmektedir.

Şekil 3.22 de kesitteki en derin yer olan istasyon 1 de 0-10m derinlik arasındaki yüzeye yakın tabakanın 1997-2001 yılları arasındaki ortalama sıcaklık tuzluluk ve yoğunluk değişimleri gösterimekte, Şekil 3.23 te ise aynı şey istasyon 3 için yapılmaktadır. Her iki istasyonda da 1997/98 kişindaki anormal soğuma ile bunu izleyen yaz aylarındaki anormal ısınma gösterilmektedir. Açıkta bulunan istasyon 1 de tuzluluk değişimleri, kıyısal tatlı su girdilerinden görece az etkilenmekle birlikte, hem 1998 hem de 1999 yazlarında bölgenin anormal derecede az tuzlu özellikteki Atlantik sularınca istila edildiğini doğrulamaktadır.

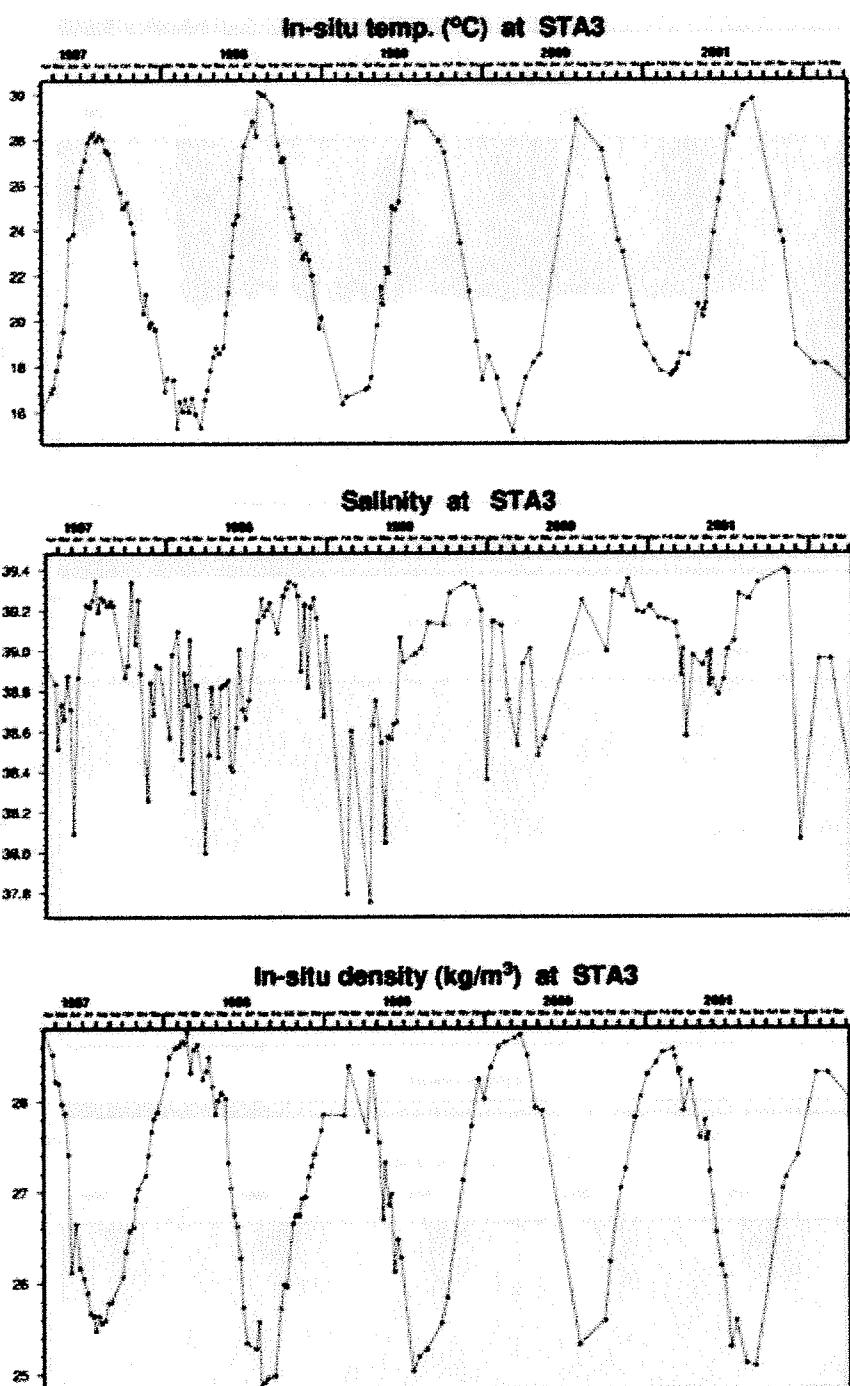
Şekil 3.23 te sağ kesimdeki istasyon 3 te de benzer değişimlerin yaşandığı ortaya çıkmakla birlikte bu istasyonda tuzluluğun ve sıcaklığın Lamas nehri gibi bölgedeki tatlı su kaynaklarından etkilenmeleri nedeniyle daha fazla salınımlar öerdiği izlenmektedir.

Aynı istasyonlarda zamana ve derinliğe bağlı sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk değişimleri Şekil 3.24 ve 3.25 te verilmektedir. İstasyon 1 de 1997/98 kiş mevsimindeki anormal ve uzun süreli soğuma Şekil 3.24 te dikkat çekmektedir. Bunu izleyen yaz mevsimi ise yüzey sularında dğnem içinde en sıcak geçen yılı oluşturmaktır, buna karşın yüzey karışım tabakası fazla derinleşmemektedir. Tuzluluk zaman serisinde ise 1998 ve 1999 yıllarında önce yüzeyde sonra ise karışım tabakasının altında az tuzlu Atlantik sularının bulunduğu, karışım tabakası sınırının ise bu dönemde çok keskin bir tuzluluk farkını koruduğunu izlemek olanaklıdır.

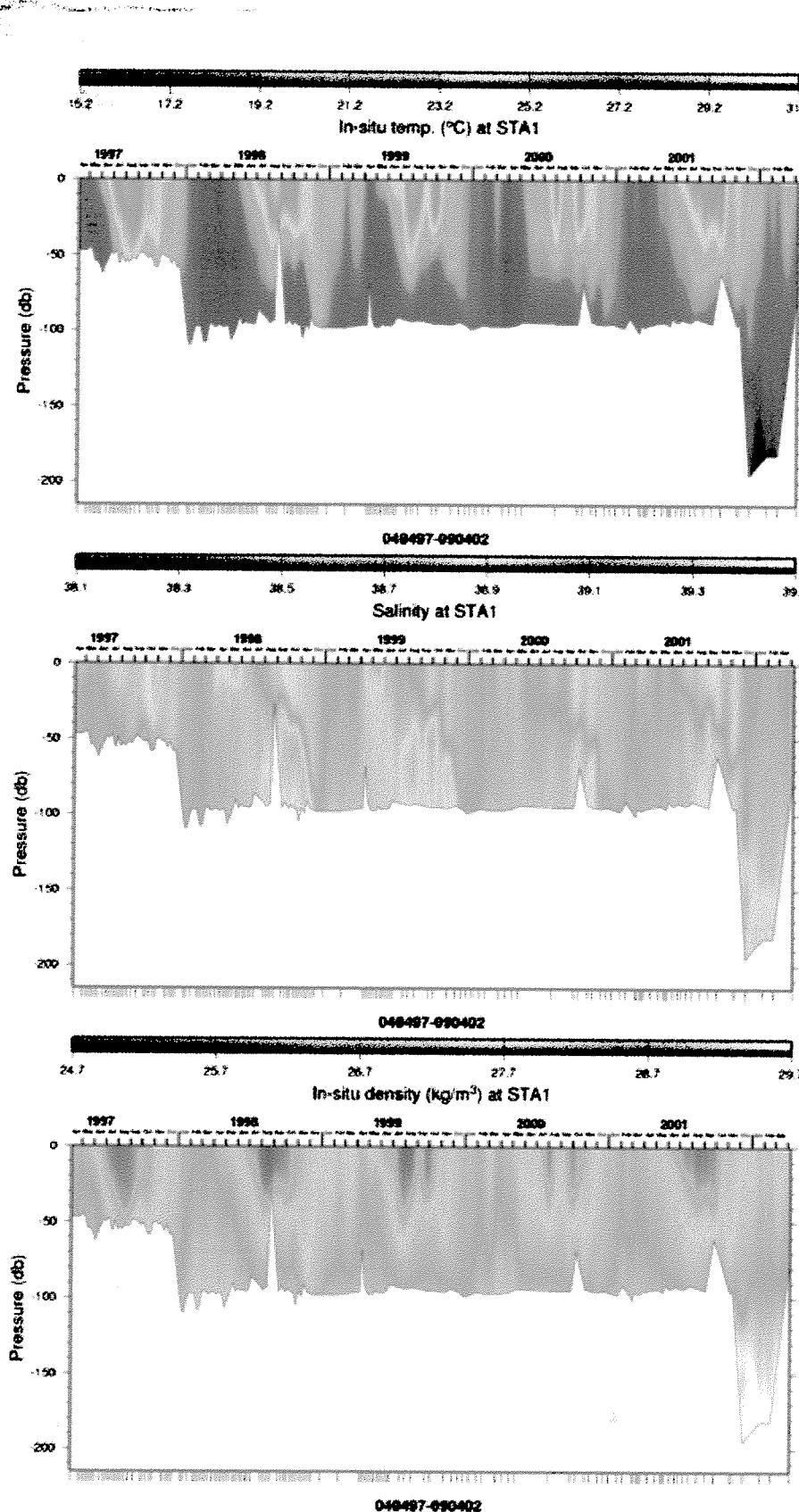
Şekil 3.24 İstasyon 1 de 1997-2001 yılları arasındaki sıcaklık, Sığalandağı istasyon 3 te Şekil 3.25 te gösterildiği gibi düşey yönde homojen koşullar ve nehir etkilerinin izleri bulunmakla birlikte daha önce istasyon 1 için gösterilen mevsimsel ve yıllar arası değişimleri görmek olasıdır.



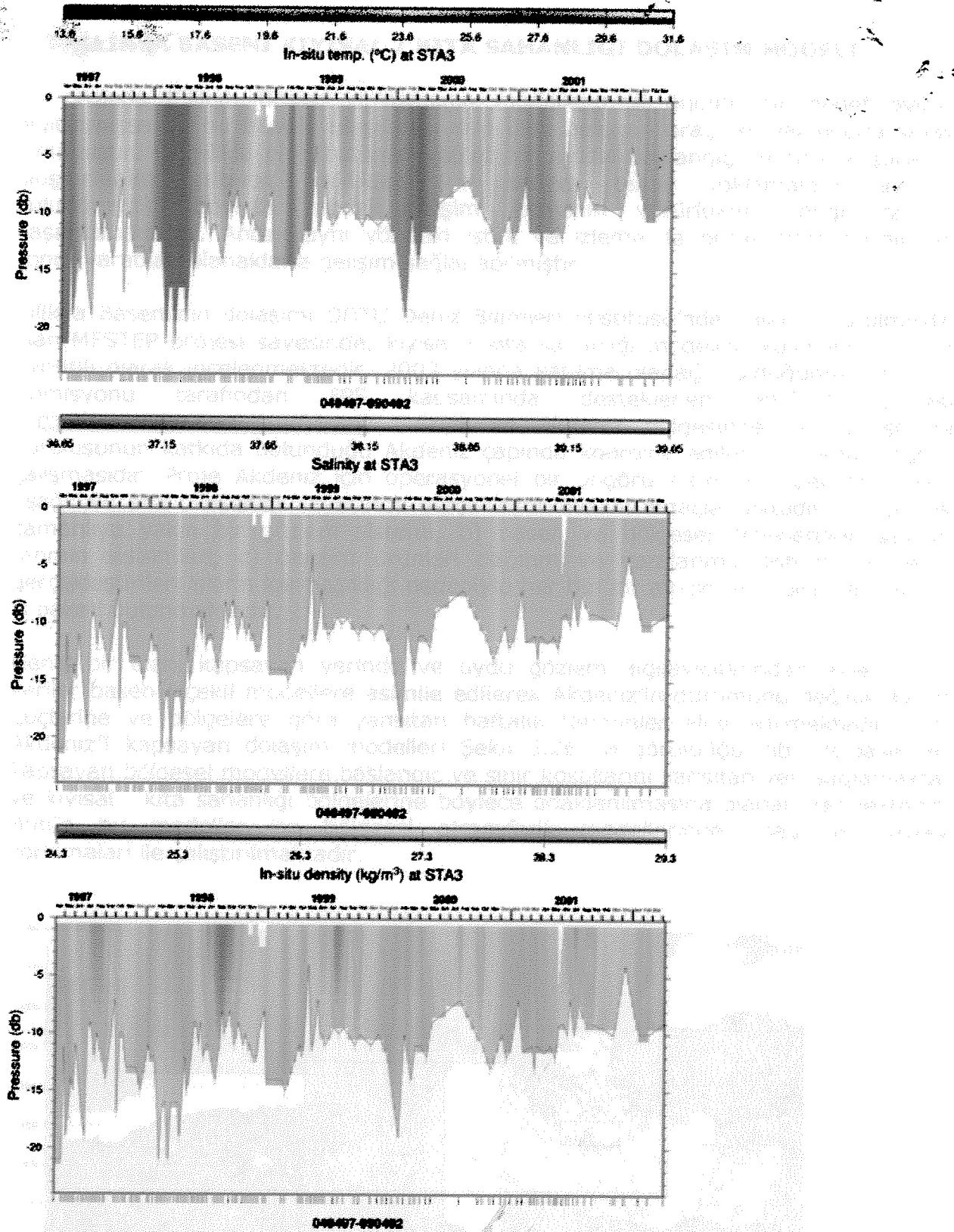
Şekil 3.22 İstasyon 1 de 1997-2001 yılları arasında 0-10m derinlikler arası sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk ortalamaları.



Şekil 3.23 İstasyon 3 te 1997-2001 yılları arasında 0-10m derinlikler arası sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk ortalamaları.



Şekil 3.24 İstasyon 1 de 1997-2001 yılları arasında sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluğun derinlik ve zamana göre değişimleri.



Şekil 3.25 İstasyon 3 te 1997-2001 yılları arasında sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluğun derinlik ve zamana göre değişimleri.

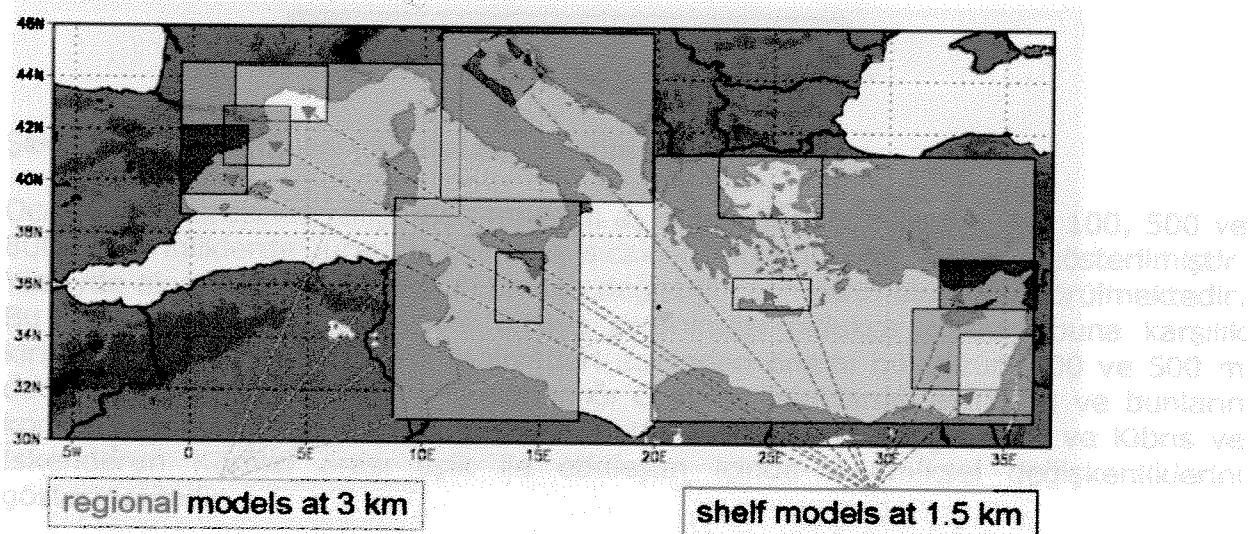
Kilikya Basenı kıyı sahanlığı / kıyısal modeli Pratica Green Model ROMM'ın İsviçre

3.8 KİLİKYA BASENİ KİYİSAL / KITA SAHANLIĞI DOLAŞIM MODELİ

Bu projede Kilikya Basenin dolaşımının modellenmesi önemli bir hedef olarak algılanmışsa da bu hedefe ulaşılması ilkin elde bulunan araç ve olanaklarla kolay olmamıştır. Öncelikle elde bulunan veriler bir model başlangıç ve sınır koşullarını oluşturmaktan yetersiz kaldıkları için sadece temel yoklamalara elverişli bulunmuştur. Böylece model gelişimi projenin yürürlükte olduğu tarihte başarılamamıştır. Ancak aynı yöndeki istek ve izleme ile proje bitim tarihinden sonra yaratılan olanaklarla gelişim sağlanabilmiştir.

Ocak 2003 döneminde bilimsel doğrulama amacıyla denetim, standart abduz ve del m hizmetlerinin etkileri Kilikya Baseninin dolaşımı ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde halen yürütülmekte olan MFSTEP projesi sayesinde, kıyısal / kıt sahanlığı modelleri kullanılarak daha ayrıntılı olarak incelenmektedir. 2003 yılında katılma olağlığı bulduğumuz, Avrupa Komisyonu tarafından FP5 kapsamında desteklenen MFSTEP projesi (<http://www.bo.ingv.it/mfstep/>) Avrupa ve Akdeniz bölgesinden 48 araştırma kuruluşunun katkıda bulunduğu Akdeniz çapında koordine edilen bir deniz öngörü çalışmasıdır. Proje Akdeniz için operasyonel bir öngörü sisteminin geliştirilmesini aşağıdaki ana bileşenler sayesinde gerçekleştirilmeyi amaçlamaktadır: a) gerçek zamanlı yakını bir gözlem sistemi, b) basen ve bölgesel ölçeklerdeki sayısal tahmin sistemleri, c) öngörü ürünleri dağıtım ve yaralanma sistemi. Projenin gerçekleştirilen işlerin karmaşaklılığı nedeniyle her biri bir alt-proje yapısında olan 14 iş paketi bulunmaktadır.

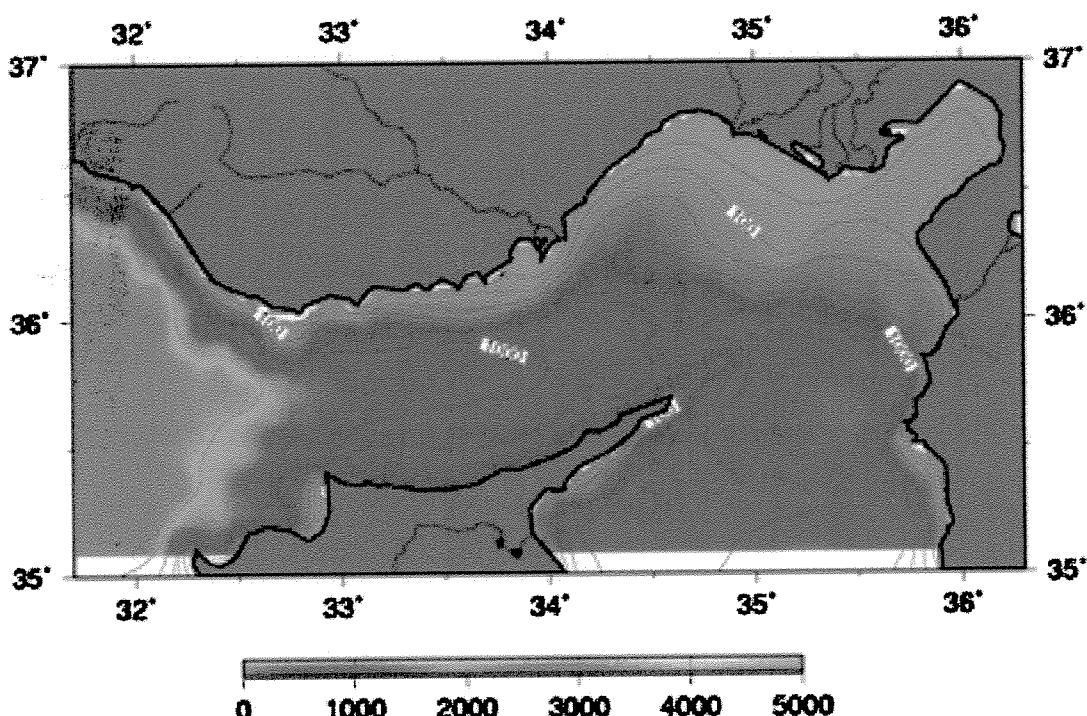
Geniş bir alanı kapsayan yerinde ve uydu gözlem algılayıcılarından elde edilen veriler basen ölçekli modellere asimile edilerek Akdeniz'in durumunu değişik ayrımları ve bölgelere göre yansitan haftalık tahminler elde edilmektedir. Tim Akdeniz'i kapsayan dolaşım modelleri Şekil 3.26 da görüldüğü gibi alt-basenleri kapsayan bölgesel modellere başlangıç ve sınır koşullarını yansitan veri sağlamak, ve kıyısal / kıt sahanlığı bölgelerine böylece odaklanması olanağı vermektedir. Bütün bu modeller ise bölgesel atmosferik modellerinden sağlanan yüzey zorlamaları ile çalıştırılmaktadır.



Şekil 3.26 MFSTEP sistemine göre bölgesel ve kıyısal model alanları.

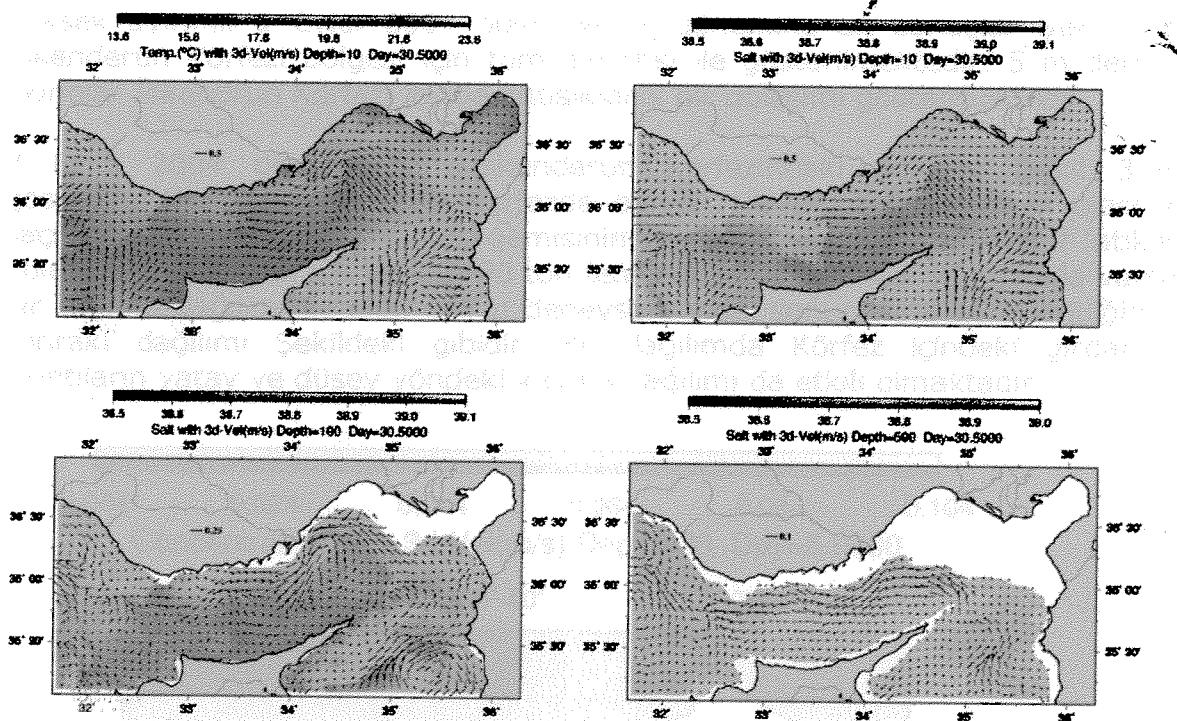
Kilikya Basenı kıtа sahanlığı / kıysisal modeli Princeton Ocean Model POM'un Levant Denizi'nın Türkiye ve Kıbrıs arasında kalan Kilikya Basenı ve İskenderun Körfezi bölgесini kapsayan bir uyarlamasıdır. Model güneyde ve kuzeyde kıyılarla sınırlanmakta, güneydoğu ve batı yakasında açık sınır koşulları bulunmaktadır. Başlangıç ve sınır koşulları modele Levant Denizi ve Ege Denizi'nı kapsayan ALERMO modeli tarafından sağlanmaktadır. Modelin yatay ayırmı her iki yönde de 1.35 km olup, 28 düşey sigma seviyesine ayrılmıştır; kapsadığı alan 410km x 201 km dir. Modelin batimetrisi ve kapsadığı alan Şekil 3.27 de gösterilmiştir.

MFSTEP öngörülerı sırasında kıysisal modeller önce Ocak 2003 döneminde bilimsel doğrulanma süresince denenmiş, atmosferik akılar vs. gibi iyi bilinmeyen etkiler sınaanmış, daha sonra Eylül 2004 ten itibaren Akdeniz çapında yapılan yoğun gözlem programı ile desteklenen Hedef Operasyonel Periyod içinde operasyonel olarak çalıştırılmışlardır.

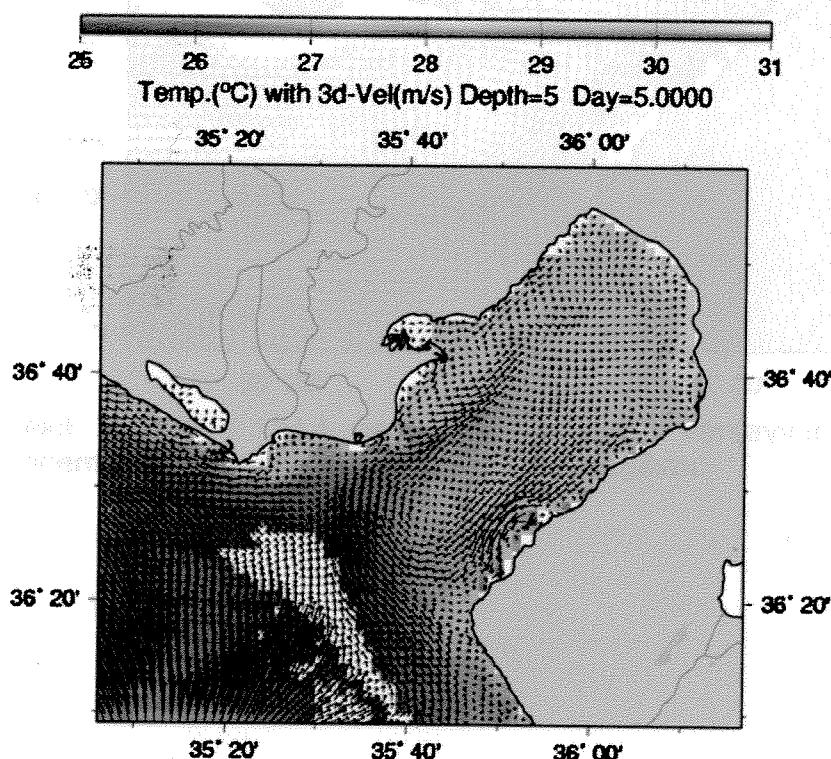


Şekil 3.27. Kilikya Basenı model alanı ve batimetresi.

Ocak 2003 süresince çalıştırılan modelin ayın son gününde verileri 10, 100, 500 ve 800 m derinliklerde ürettiği akıntı ve sıcaklık dağılımı Şekil 3.28 de gösterilmiştir. Yüzeyde akıntıının yön ve hızının aniden değiştiği cephelerin oluşturduğu görülmektedir. Bu cephelerin deniz verileriyle ortaya çıkarılması oldukça zordur; buna karşılık kirliliğin taşınımı ve balıkçılık faaliyetleri açısından önemi büyktür. 100 ve 500 m derinlikte model sonuçları, kıtа sahanlığı eğimine odaklanan akıntıları ve bunların komşu Latakya baseninde bu dönemde etkin olduğu bilinen girdapla ve Kıbrıs ve İskenderun Körfezi arası eşik ile etkileşim içinde dinamiksel değişkenliklerini göstermektedir.



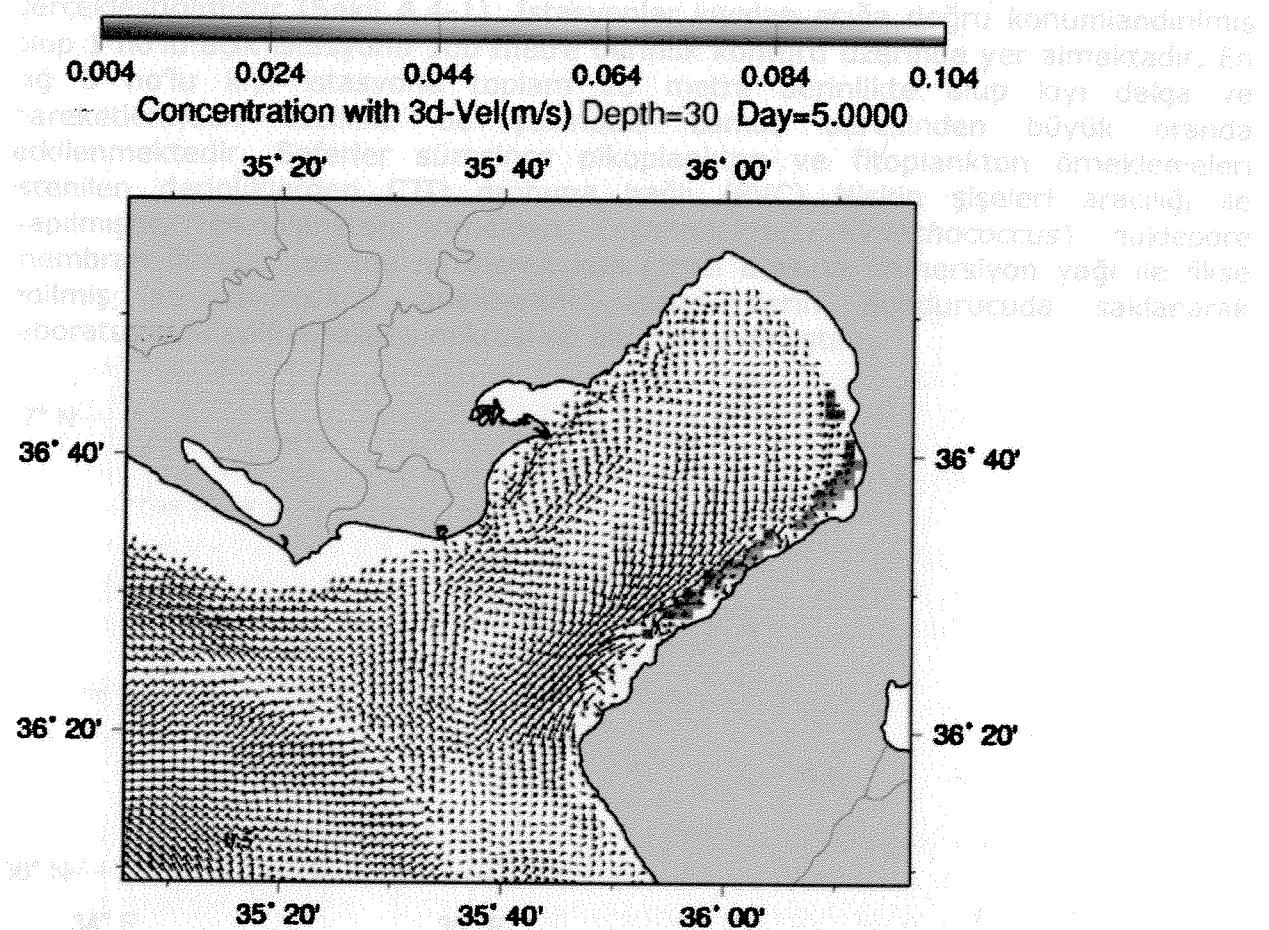
Şekil 3.28 Kilikya Baseni kıyısal / kıta sahanlığı modelinin Ocak 2003 ayı sonunda 10, 100, and 500m derinliklerde akıntı ve tuzluluk dağılımları. Daha iyi bir görüntü elde edilebilmesi için akıntı vektörleri her 10 noktada bir çizilmişlerdir.



Şekil 3.29 1 Eylül 2004 döneminde İskenderun Körfezinde 30 m derinlikte 5 gün süreli model öngörülerine göre akıntı ve sıcaklık dağılımı.

Yüksek ayırmılı 1 Eylül 2004 operasyonel döneminde ait sonuçlar Şekil 3.29 da İskenderun Körfezi bölgesi için tüm ayrıntısı ile gösterilmektedir. 5 m derinlikteki akıntılar İskendrun Körfezi içinde antisiklonik bir dolaşımı göstermektedir.

8 Eylül 2004 dönemi için İskenderun Körfezindeki dolaşım Şekil 3.30 da gösterilmiştir. Aynı dönemde Körfezde batan M/V ULLA gemisinden olası kirlilik saçılımı modellenmiştir. ULLA gemisinin içinde Cr+6 ve radyoaktif atıklar da bulunduğu söylenen yaklaşık 3000 ton tehlikeli atıkla batması sonrasında varsayılan bir kaynak dağılımı ile elde edilen deneyel model sonuçlarına göre kirliliğin 5 gün sonraki dağılımı Şekildeki gibidir. Bu dağılımda Körfez içindeki girdap kadar akıntıların yatay ve düşey yöndeki kayma dağılımı da etkili olmaktadır.



Şekil 3.30 M/V ULLA gemisinden yayıldığı varsayılan kirleticilerin 8 Eylül 2004 dönemindeki 5 günlük öngörülere göre dağılımı.

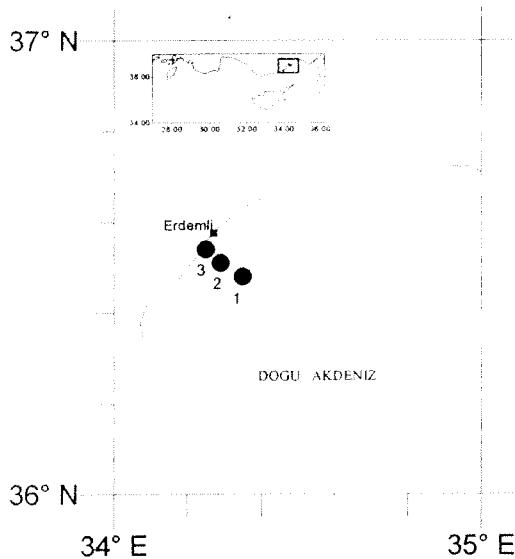
Açıkakluklu örtüklerin kın yüzeyin herren alından yaklaşık 2 metre derinlikten ileri deniz suyu koyu rengi cari eğeler içine tamponlanmış yerde 5'lik formatta ile keşfedilmiş ve analitlere kadar serin ve kışınlık yerde muhafaza ediliyor. Sileci clorid hava şartlarında konumda 1 ay sürecekçe çözülmeye bırakılmış. Hidrokarbonlar da bu konuda sınırlı bir konsantrasyonla çözülmekte ve çözülmüş haliyle suyun içine emilmiştir. Nicel ve nitel incelemeler uygun anıma anımlarında ters faz-kontrast mikroskop atılında yapılmıştır. Örnük içinde başlıca diatom, dijitalgejetler ve kokkoidler gibi özniteliklerin üzerinde incelemelerin gruplara en nücrelerde de dozeyinde tanımlanmışa çalışılmıştır.

4. KİLİKYA BASENI KİYİSAL EKOSİSTEMİ

4.4.8 PLANKTON ZAMAN SERİSİ ÇALIŞMASI

Bu kısımda, "Kilikya Baseni Kıyısal Sisteminde Atmosfer/Deniz/Kara Etkileşimleri: Kaynaklar, Taşınım, Ekosistem Dönüşümleri ve Uzun Süreli Değişimler" projesi çerçevesinde plankton üzerine gerçekleştirilen çalışmalarдан elde edilen sonuçlar irdelenmektedir.

Proje çerçevesinde, kuzeydoğu Akdeniz'de, ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü liman açıklarında 3 istasyonda R/V Erdemli araştırma teknesi ile haftalık seferler gerçekleştirılmıştır (Şekil 4.4-1). İstasyonlar kıyıdan aşağı doğru konumlandırılmış olup 1 no'lu açık istasyonu 100 metre derinlik konturu üzerinde yer almaktadır. En sıç 3 no'lu kıyı istasyonu toplam 20 metre derinlikte olup kıyı dalga ve hareketlerinden özellikle de yakındaki Lamas deresinden büyük oranda etkilenmektedir. Seferler süresince pikoplankton ve fitoplankton örneklemeleri istenilen derinliklerden CTD probuna bağlı (PVC) Niskin şişeleri aracılığı ile yapılmıştır. Pikoplankton örnekleri (*cyanobakteri Synechococcus*) nuklepore membran filtreler üzerine süzülerek lam lamel arasına immersiyon yağı ile fiks edilmiş ve mikroskop analizlerine kadar derin dondurucuda saklanarak laboratuvara epifluoresans mikroskop altında sayılmıştır.



Şekil 4.4-1. Haftalık seferlerin gerçekleştirildiği istasyonlar.

Fitoplankton örneklemeleri için yüzeyin hemen altından yaklaşık 2 metre derinlikten 1 litre deniz suyu koyu renkli cam şişeler içine tamponlanmış yüzde 5'lik formalin ile fiks edilmiş ve analizlere kadar serin ve karanlık yerde muhafaza edilmiştir. Şişe içinde hareketsiz konumda 1 ay süresince çöktürmeye bırakılan hücreler daha sonra ayrıstırılarak konsantre edilmiştir. Nicel ve nitel inceleme uygun sayma kamaralarında ters faz-kontrast mikroskop altında yapılmıştır. Örnek içinde başlıca diatome, dinoflagellat ve kokkolit türleri olmak üzere mevcut tüm gruplara ait hücreler tür düzeyinde tanımlanmaya çalışılmıştır.

4.4.8.1 Sonuçlar

4.4.8.1.(i) Fitoplankton

Kuzey Levantin baseni kıyı ekosistemleri artan antropojenik girdiler nedeni ile sürekli bir değişim geçirmektedir. Bu yoğun girdiler nedeni ile öncelikle İskenderun ve Mersin Körfezlerinde ötrifikasyonda artışlar gözlenmiş, ekosistemde nicel ve nitel değişimler oluşmuştur. Bunu iç körfezlerden giderek dışa doğru bir yayılma süreci izlemektedir. Evsel, sanayi ve tarım artıklarından kaynaklanan aşırı besin tuzu girdileri alıcı ortamlarda yoğun monospesifik fitoplankton patlamalarına neden olmakta (Uysal ve diğ., 2003) dolayısı ile suda oluşan aşırı organik yük bozunma sürecinde su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir, suda çözünmüş oksijenin derişimini azaltmaktadır, ışığın suda derinlere doğru nüfuzunu olumsuz yönde etkilemektedir. İç körfezlerde ötrifikasyona bağlı olarak uzun süre güneş ışığından yoksun kalan taban bitkisel toplulukları beraberinde diğer canlılarla birlikte zamanla yok olmaktadır. 1970'li yıllarda Mersin Limanı çevresi ve şehir sahil kesimlerinde gözlenen taban alg toplulukları birkaç yıl içinde yok olmuş, yerini kumluk ve kayalık bir zemine bırakmıştır. Bu durumdan ekosistemin diğer elemanları da nicel ve nitel açıdan olumsuz etkilenmiş olup bu tehdit günümüzde de artan şiddette dış körfeze doğru kendini hissettirmeye devam etmektedir.

"Kilikya Baseni Kıyısal Sisteminde Atmosfer/Deniz/Kara Etkileşimleri: Kaynaklar, Taşınım, Ekosistem Dönüşümleri ve Uzun Süreli Değişimler" projesi çerçevesinde Nisan 1997 ve Mayıs 1998 dönemleri arasında Kilikya Baseni kıyısal sisteme fitoplankton üzerine yapılan araştırmalarda tüm istasyonlarda tanımlanan türler Tablo 4.4-1'de verilmektedir. Bu dönemde diatomeler toplam 33 cins ve 137 tür, dinoflagellatlar toplam 26 cins ve 155 tür, Chrysophyta grubu 22 cins ve 64 tür, Chlorophyta grubu 3 cins 7 tür, Cyanophyta 2 cins 3 tür ve son olarak Euglenophyceae grubu üyeleri 1 cins ve 2 tür ile temsil edilmiştir.

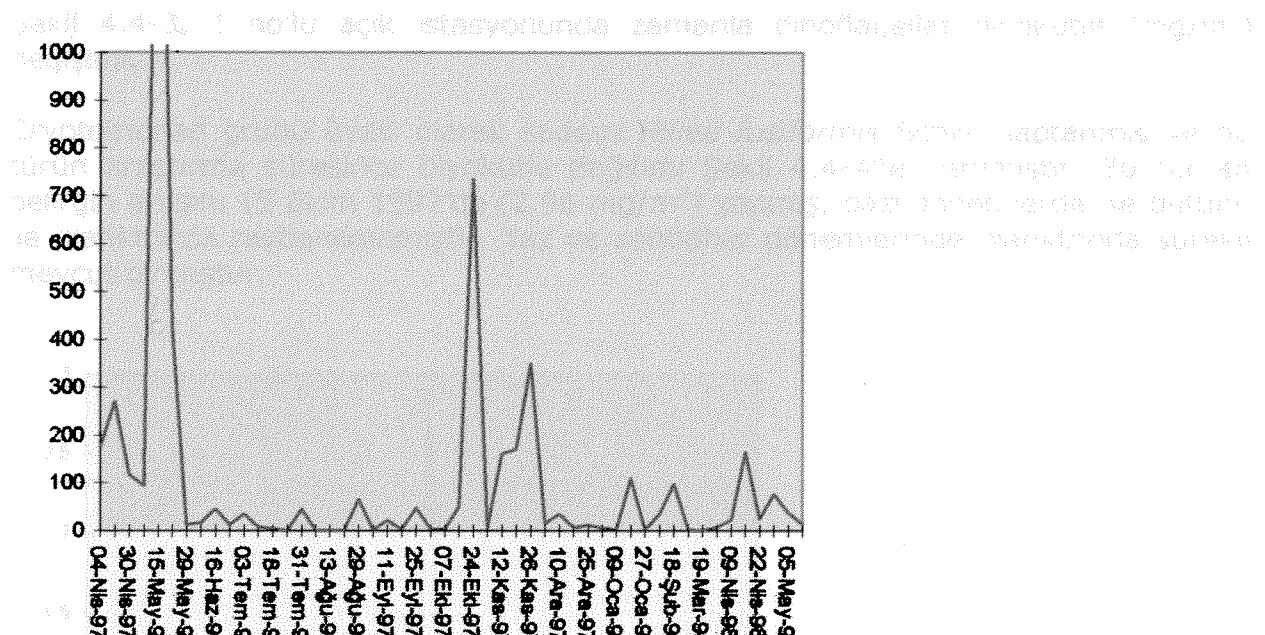
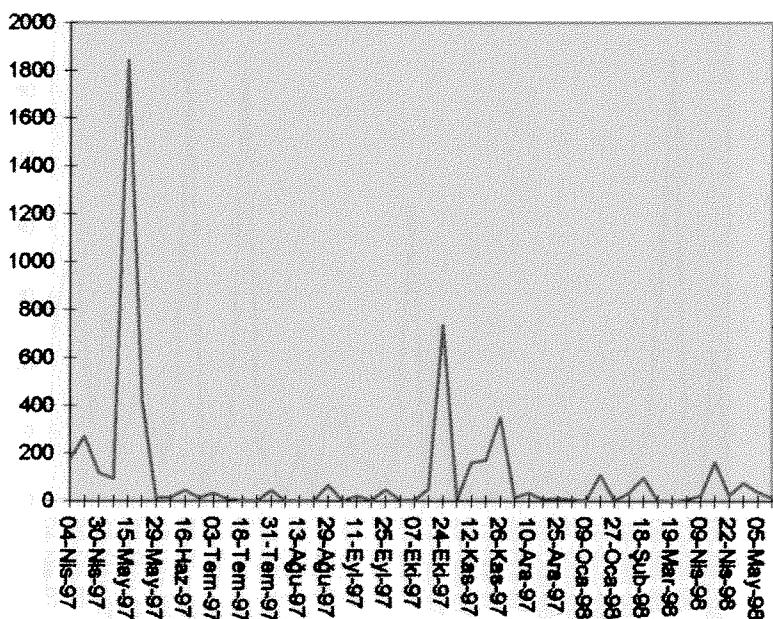
I. Fitoplankton biyokütlesinde zamanla değişim

I.A. 1 no'lu açık istasyon:

1 no'lu açık istasyonunda fitoplankton gruplarının araştırma süresince biyokütle dağılımları incelendiğinde diatomelerin en baskın grubu oluşturduğu gözlenmektedir. Toplam fitoplanktonu biyokütle yoğunlukları açısından sırası ile Diatomeler (% 84.44), Dinoflagellatlar (% 10.09), Kokkolitler (% 2.84), küçük flagellatlar (kamçılılar) (% 2.26), Cyanophyceae (% 0.15), Cryptomonadlar (% 0.09), Silicosphaera (% 0.05), Prasinophyceae (% 0.04) ve son olarak Chlorophyceae (% 0.0008) üyeleri oluşturmuştur. Her bir grubun haftalık biyokütle dağılımları ise zaman içerisinde büyük farklılıklar göstermiştir.

Diatomeler en yüksek değere 15 Mayıs 1997'de 1841 mg/m^3 ile ulaşmışlardır ve bu dönemde toplam fitoplankton biyokütlesinin % 98'ini oluşturmuştur. Bu dönemde diatomelerden *Leptocylindrus danicus* (% 50) ve *Rhizosolenia fragilissima* (% 34) toplam biyokütle en büyük katkıyı yapmışlardır. İkinci büyük patlama ise 24 Ekim 1997'de gözlenmiş olup diatomelerden *Cerataulina bergenii* (% 31) ve *Rhizosolenia calcar-avis* (% 10) baskın olarak bulunmuştur. En küçük katkı ise 25 Temmuz 1997'de 0.37 mg/m^3 ile % 2 seviyesinde olmuştur. Diatomelerin araştırma süresince katkı payları ortalaması % 56 gibi yüksek bir değere ulaşmıştır. Haftalık biyokütle dağılımları incelendiğinde (Şekil 4.4-2a,b) Nisan-Mayıs ve Ekim-Kasım

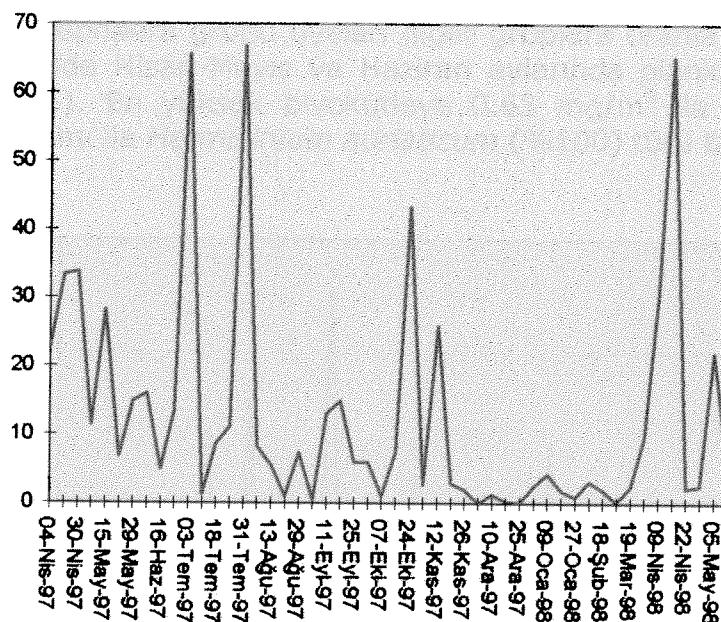
aylarında diatome patlamalarının olduğu görülmektedir. Mayıs sonu ile Ekim ortalarına degen süreçte diatome biyokütlesinde belirgin bir artış olmamıştır.



Şekil 4.4-2.a-b. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla diatome biyokütle (mg/m^3) değişimi.

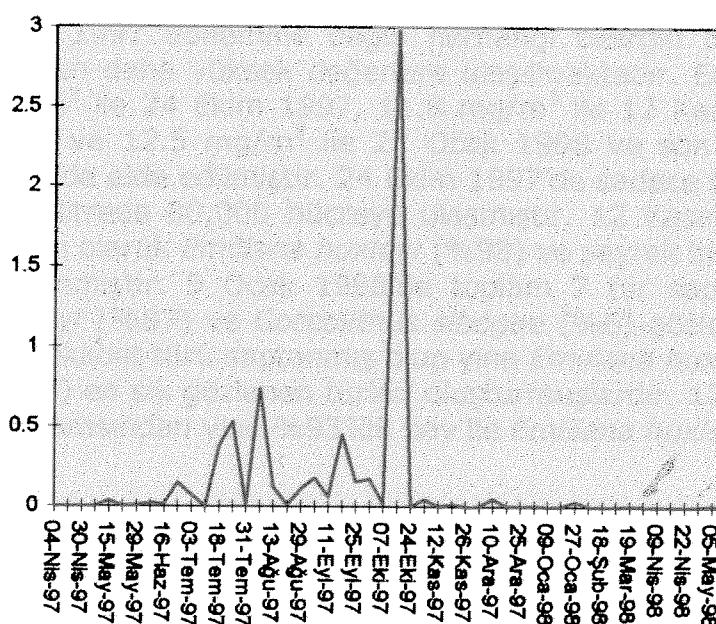
Araştırma süresince Dinoflagellat biyokütle dağılımına bakıldığından Diatomelerden farklı olarak daha sık çıkışlara rastlanmıştır. En yüksek değerlere 3 ve 31 Temmuz 1997 (65.6 ve $66.8 \text{ mg}/\text{m}^3$), 24 Ekim 1997 ($43.35 \text{ mg}/\text{m}^3$) ve 14 Nisan 1998'de ($65.24 \text{ mg}/\text{m}^3$) ulaşılmıştır (4.4-3). 3 Temmuz 1997'de patlama yapan türleri *Ceratium hornida* (%60) ve *Ceratium candelabrum f. depressum* (%22) oluşturmuştur. 31 Temmuz 1997 döneminde yoğunlukla *Gymnodinium splendens* (%58) ve *Ceratium fusus* (%23) gözlenmiştir. 14 Nisan 1998'de yoğunlukla *Peridinium divergens* (%43) ve *Gonyaulax polyedra* (%28) gözlenmiştir. Aralık,

Ocak ve Şubat ayları Dinoflagellatların en az yoğunlukta görüldüğü kış dönemini oluşturmuştur.



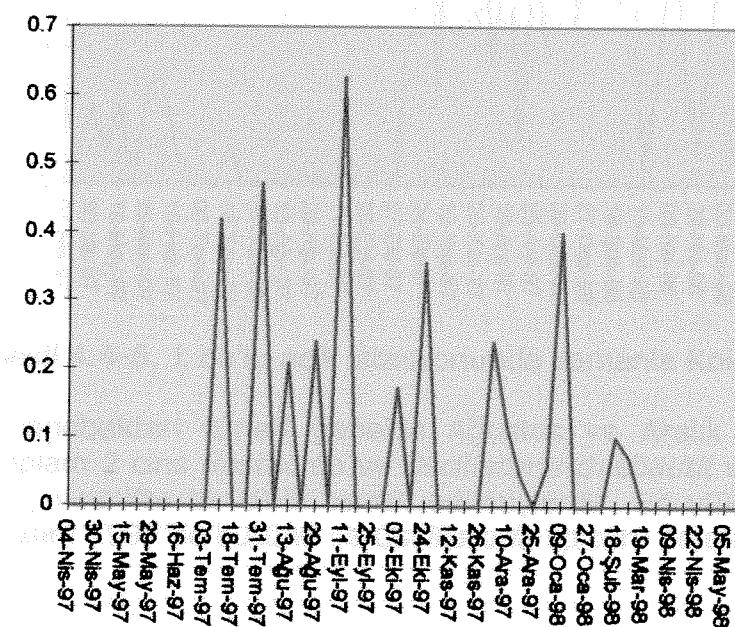
Şekil 4.4-3. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla dinoflagellat biyokütle (mg/m^3) değişimi.

Cryptomonad grubu üyesi olarak sadece *Hillea fusiformis* Schill. saptanmış ve bu türün araştırma süresince biyokütle dağılımı Şekil 4.4-4'te verilmiştir. Bu tür en belirgin artışını 15 Ekim 1997'de ($2.98 \text{ mg}/\text{m}^3$) yapmış, bazı dönemlerde ise bütünü ile planktonda rastlanılmamıştır. Yaz ve sonbahar dönemlerinde planktonda sürekli mevcut olmuştur.



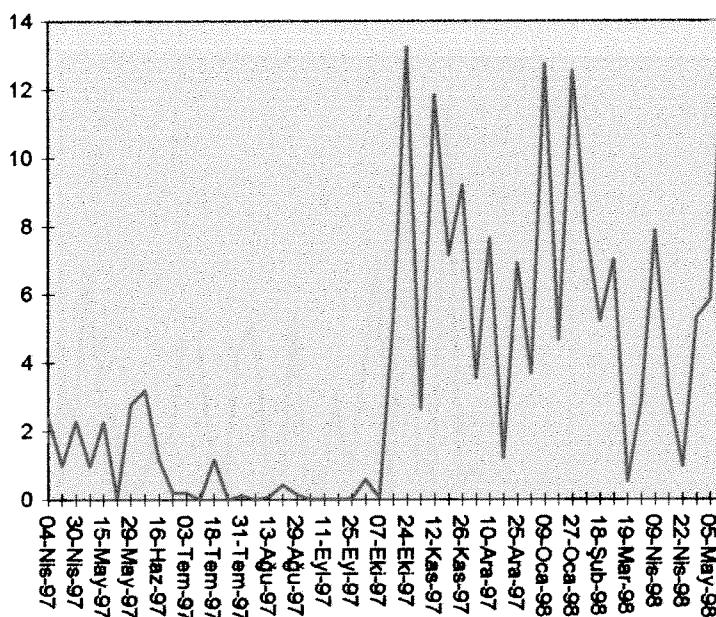
Şekil 4.4-4. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla Cryptomonad biyokütle (mg/m^3) değişimi.

Silicosphaera grubu üyeleri diğer gruplara oranla daha az süreklilik göstermiş olup genelde Nisan-Mayıs ve Haziran aylarında planktonda hiç rastlanılmamıştır (Şekil 4.4-5). En yüksek biyokütleye 0.63 mg/m^3 ile 11 Eylül 1997'de ulaşılmıştır ve tamamı ile *Hermisinium adriaticum* (%100) tarafından oluşturulmuştur..



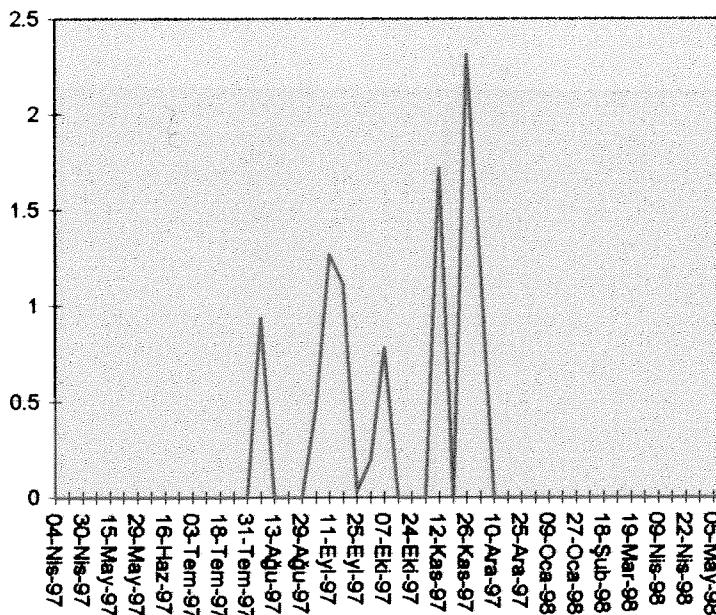
Şekil 4.4-5. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla Silicosphaera biyokütle (mg/m^3) değişimi.

1 no'lu açık istasyonunda Kokkolit biyokütle dağılımları incelendiğinde (Şekil 4.4-6) Ekim 1997 dönemine degen herhangi belirgin bir artış gözlenmemekte ve bunu takiben daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. En yüksek biyokütle değerleri 13.2 mg/m^3 ile 24 Ekim 1997, 11.8 mg/m^3 ile 12 Kasım 1997, 12.7 mg/m^3 ile 9 Ocak 1998 ve 12.5 mg/m^3 ile 27 Ocak 1998 ve son olarak 13.6 mg/m^3 ile 12 Mayıs 1998'de elde edilmiştir. 24 Ekim 1997'de sadece tek tür *Emiliana huxleyi* saptanmış olup litrede 80,000 hücreye ulaşmıştır. 12 Kasım 1997'de iki tür saptanmış olup yoğun olarak *Emiliana huxleyi* (%98) ve seyrek bir şekilde *Calyptrosphaera* sp (%2) gözlenmiştir. 9 Ocak 1998'de toplam 7 tür saptanmış olup yoğunlukla *Emiliana huxleyi* (%87) ve *Coccolithus sibogae* (%6) gözlenmiştir. 27 Ocak 1998'de toplam 11 Kokkolit türü saptanmış olup yine *Emiliana huxleyi* (%42) ve *Coccolithus sibogae* (%38) en sık gözlenen türleri oluşturmuştur. 12 Mayıs 1998'de toplam 5 Kokkolit türü arasında yine %93'lük pay ile *Emiliana huxleyi* en büyük katkıyı yapmıştır.



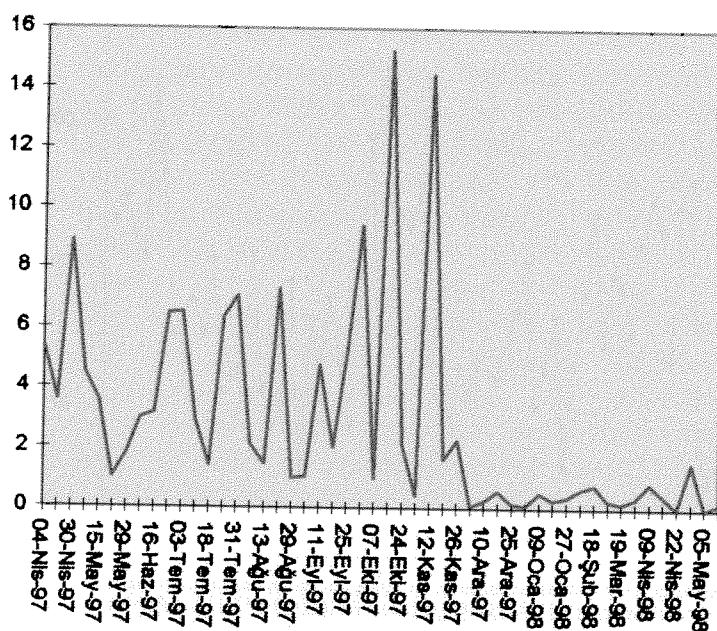
Şekil 4.4-6. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla Kokkolit biyokütle (mg/m^3) değişimi.

Cyanobakteri türleri genelde Ağustos ve Aralık dönemi süreçte gözlenmiş olup toplam 2 cins *Nostoc* sp ve *Oscillatoria thiebautii* ve tür tanımı yapılamayan Zeytin-Yeşili renkte bir türle temsil edilmişlerdir. En yüksek biyokütleye ($2.3 \text{ mg}/\text{m}^3$) 26 Kasım 1997'de bütünü ile *Oscillatoria* sp türü ile ulaşılmıştır (Şekil 4.4-7).



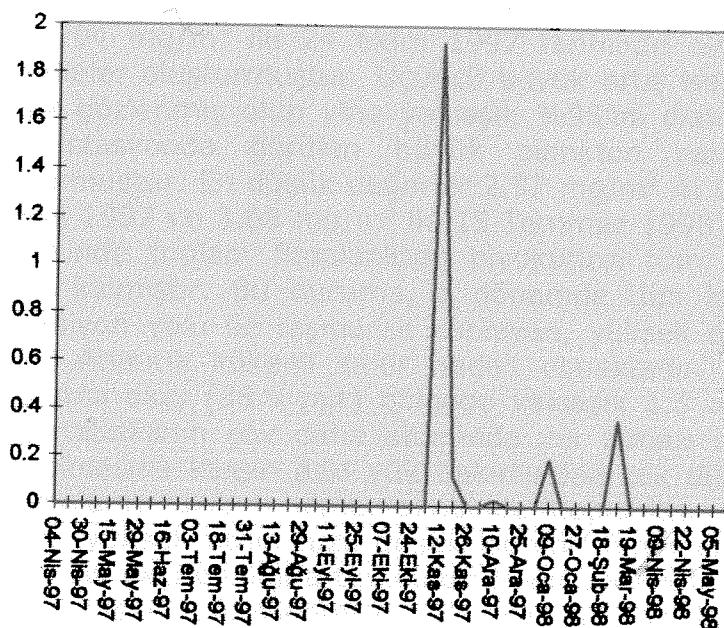
Şekil 4.4-7. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla Cyanophyceae biyokütle (mg/m^3) değişimi.

Küçük boyutlu olup (2-15 mikron arası) tür tanımları yapılamayan kamçılılar tüm araştırma süresince planktonda mevcut olup önemli katkılar yapmışlardır. 6-8 mikron arası büyülükte kamçılıların daha baskın olduğu 15 Ekim ($15.3 \text{ mg}/\text{m}^3$) ve 8-12 mikron arası kamçılıların en yoğun olduğu 12 Kasım 1997 ($14.5 \text{ mg}/\text{m}^3$) tarihleri önemli artışların olduğu süreçler olmuştur (Şekil 4.4-8).

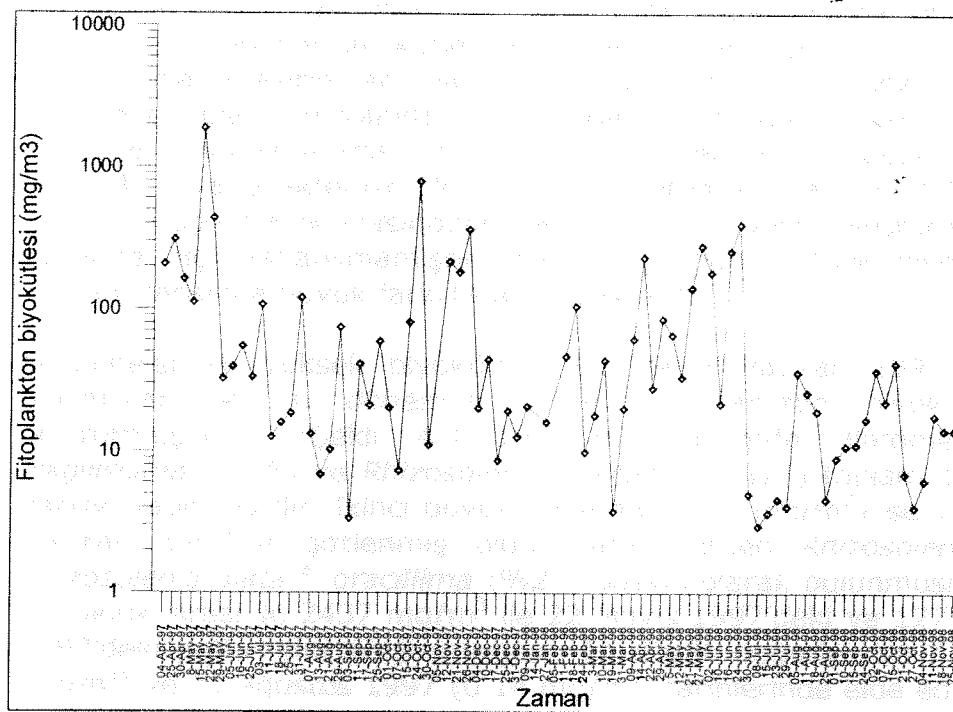


Şekil 4.4-8. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla küçük flagellalı biyokütle (mg/m^3) değişimi.

Prasinophyceae türleri tüm araştırma süresince toplam 5 türle temsil edilmiş olup planktonda çok seyrek olarak kısa süreli bulunmuşlardır. En yüksek biyokütleye ($1.93 \text{ mg}/\text{m}^3$) ile 12 Kasım 1997 de ulaşılmış olup bu dönemde tek tür olarak *Poropila dubia* saptanmıştır (Şekil 4.4-9).



Şekil 4.4-9. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla Prasinophyceae biyokütle (mg/m^3) değişimi.



Şekil 4.4-10. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla toplam fitoplankton biyokütlesi (log mg/m³) değişim.

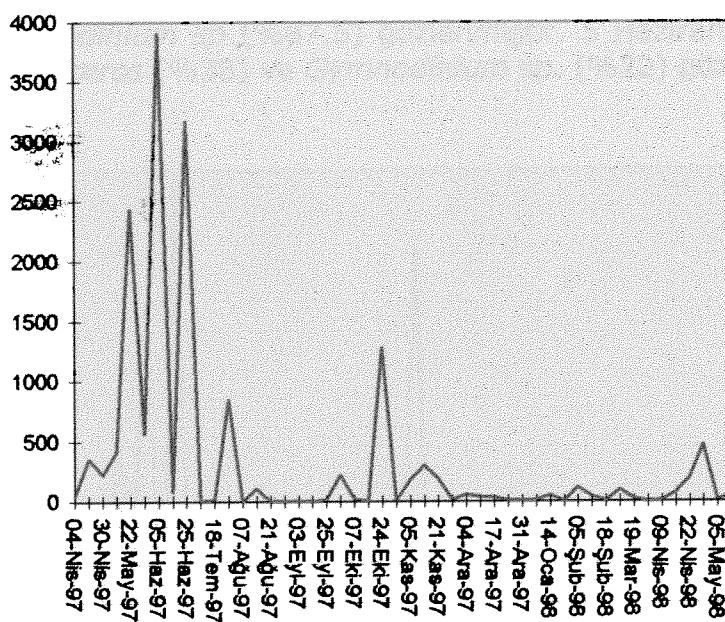
Toplam fitoplankton biyokütlesinin daha geniş bir zaman süreci içinde (4 Nisan 1997-25 Kasım 1998) değişimleri irdelediğinde kısa süreli fakat çok yoğun patlamaların olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.4-10). Bunlardan en büyüğüne, 15 Mayıs 1997'de 1875 mg/m^3 ile tüm araştırma sürecinin en yüksek değerine ulaşılmış olup bunun yaklaşık yüzde 98'ini diatomeler oluşturmuştur. İkinci büyük artış 794 mg/m^3 ile 24 ekim 1997 tarihinde olmuş ve bunun da yine %92'sini diatomeler oluşturmuştur. Üçüncü büyük artış ise 24 Haziran 1998'de 397 mg/m^3 olarak gözlenmiş olup yine yaklaşık %95'ini diatomeler oluşturmuştur. Kisaca en açık istasyonda görülen büyük plankton patlamalarını öncelikle diatomeler oluşturmuştur. En düşük değerler 2.97 mg/m^3 ile 8 Temmuz 1998, 3.36 mg/m^3 ile 3 Eylül 1997 ve 3.68 mg/m^3 ile 15 Temmuz 1998'de elde edilmiştir. Temmuz 1998 döneminde toplam fitoplankton biyokütlesi tüm süreç içerisinde aylık bazda en düşük kalmıştır. Bu duruma, o dönemde tüm kıta sahanlığını daha derinlerden adveksiyon yolu ile taşıınarak kaplayan, yüksek besin tuzu içeren (yaklaşık $2 \mu\text{M}$ nitrat) Atlantik kökenli sular neden olmaktadır. Bu sular göreceli olarak düşük tuzlulukta olup (38.9 ppt) bölgede yaklaşık 1.5 ay kadar kalmıştır. Bu su kütlesi öfotik tabakanın çok daha altlarında yer alması nedeni ile içerisinde bolca besin tuzu olmasına karşın askı yük bakımından çok düşük olmakta, dolayısı ile yüzeye taşınmalarını takiben hemen akabinde fitoplankton patlaması gözlenmemektedir. Bu durum "yüksek besin tuzu düşük klorofil" fenomenine bir örnektir. Bu dönemlerde ortam ışık geçirgenliği artmaktadır (Seki derinliği 30 m üzeri olmakta). Derinlerden yüzeye taşıyan fotosentetik hücreler ise taşı nimin hemen sonrasında aşırı ışık nedeni ile bozunmaya uğramaktadırlar. Dolayısı ile üretim artışı ancak belirli bir adaptasyon sürecinden sonra gerçekleşebilmektedir.

I.B. 2 no'lu orta istasyon

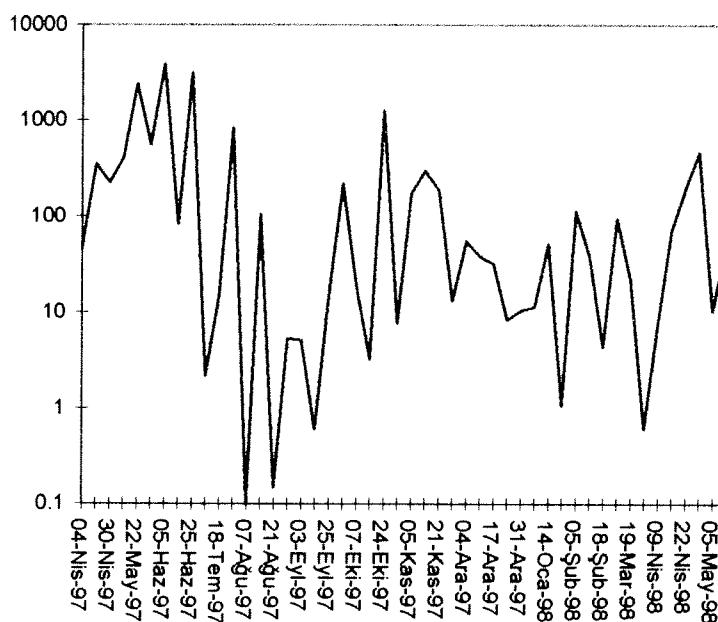
Orta istasyon genelde açık deniz suyu karakterlerine sahip olsa da zaman zaman yakın kıyı özellikleri göstermiş olup kıyısal fitoplankton patlamaları orta istasyon

sınırlarına değin uzanmıştır. 2 no'lu orta istasyonunda fitoplankton gruplarının araştırma süresince biyokütle dağılımları incelendiğinde 1 no'lu istasyonda olduğu şekilde diatomelerin en baskın grubu oluşturduğu gözlenmektedir. Araştırma süresince toplam fitoplankton biyokütle yoğunlukları açısından sırası ile Diatomeler (% 85.6), Dinoflagellatlar (% 12.3), Kokkolitler (% 1), küçük flagellatlar -kamçılılar (% 0.8), Cyanobakteriler (% 0.002), Cryptomonadlar (% 0.03), Silicosphaera (% 0.11), ve son olarak Prasinophyceae (% 0.01) üyeleri oluşturmuştur. Chlorophycea türlerine hiç rastlanılmamıştır. Her bir grubun haftalık biyokütle dağılımları ise zaman içerisinde büyük farklılıklar göstermiştir.

Diatomeler en yüksek biyokütle değerine 5 Haziran 1997'de 3909 mg/m^3 ile ulaşmışlar ve bu dönemde toplam fitoplankton biyokütlesinin % 92'sini oluşturmuşlardır (Şekil 4.4-11a). Bu dönemde diatomelerden *Rhizosolenia fragilissima* (%25) ve *Rhizosolenia delicatula* (%25) toplam biyokütleye en büyük katkıyı yapmışlardır. İkinci büyük patlama (3170 mg/m^3) ise yine aynı dönemde 25 Haziran 1997'de gözlenmiş olup diatomelerden *Rhizosolenia alata* (%52) ve *Rhizosolenia alata f. gracillima* (%27) baskın olarak bulunmuşlardır. Bu patlamaları büyülüük sırası ile 2437 mg/m^3 ile 22 Mayıs 1997'deki ve 1275 mg/m^3 ile 24 Ekim 1997'deki patlamalar oluşturmuştur. En düşük değerler ise 7 Ağustos 1997 (0.09 mg/m^3) ve 21 Ağustos 1997 (0.14 mg/m^3) tarihlerinde elde edilmiştir. Diatomelerin araştırma süresince toplam biyokütle katkı payları ortalaması % 61 gibi yüksek bir değere ulaşmıştır. Haftalık biyokütle dağılımları logaritmik skala üzerinde incelendiğinde patlamaların kısa süreli ve geçici olduğu görülmektedir. (Şekil 4.4-11b). Genelde yaz dönemi ve Ekim-Kasım ayları büyük patlamaların oluşturduğu dönemleri oluşturmuştur.

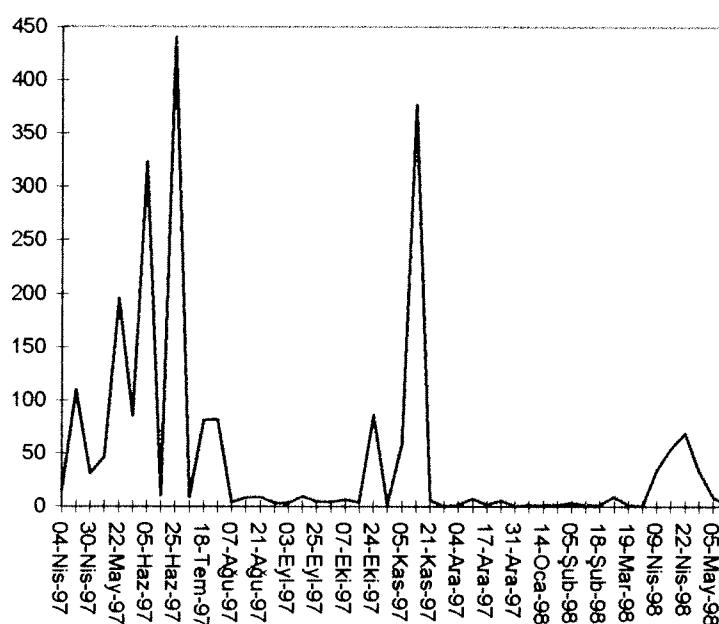


Şekil 4.4-11a. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla diatome biyokütle (mg/m^3) değişimi.



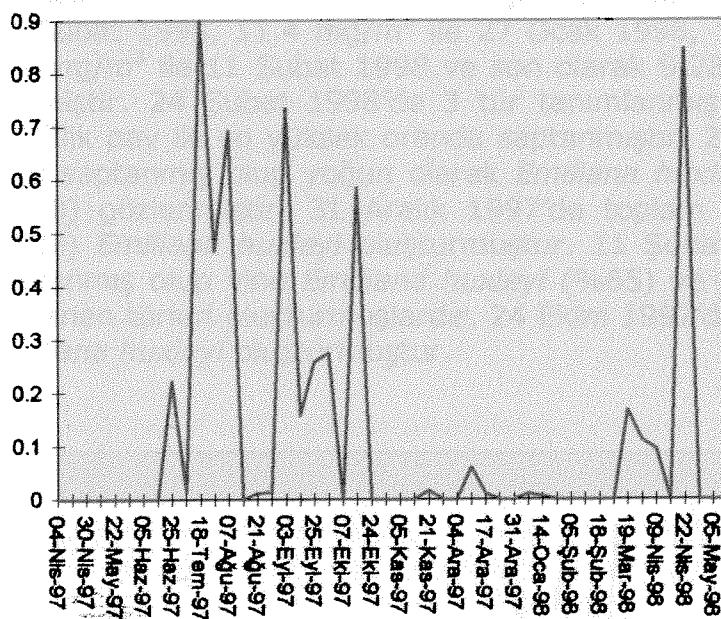
Şekil 4.4-11b. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla diatome biyokütle ($\log \text{ mg/m}^3$) değişimi.

Araştırma süresince Dinoflagellat biyokütle dağılımına bakıldığından en yüksek değerlere sırası ile 25 Haziran 1997 (440 mg/m^3), 12 Kasım 1997 (377 mg/m^3) ve 5 Haziran 1997'de (323 mg/m^3) ulaşılmıştır (Şekil 4.4-12). 25 Haziran 1997'de patlama yapan türleri *Peridinium granii* (% 40), *Exuviaella cordata* (%12) ve *Exuviaella compressa* (% 8) oluşturmuştur. 12 Kasım 1997 döneminde yoğunlukla *Gymnodinium sp* (%87.5) gözlenmiştir. 5 Haziran 1997'de baskın olarak *Ceratium macroceros* (%38) ve *Gymnodinium sp.* (%22) gözlenmiştir.

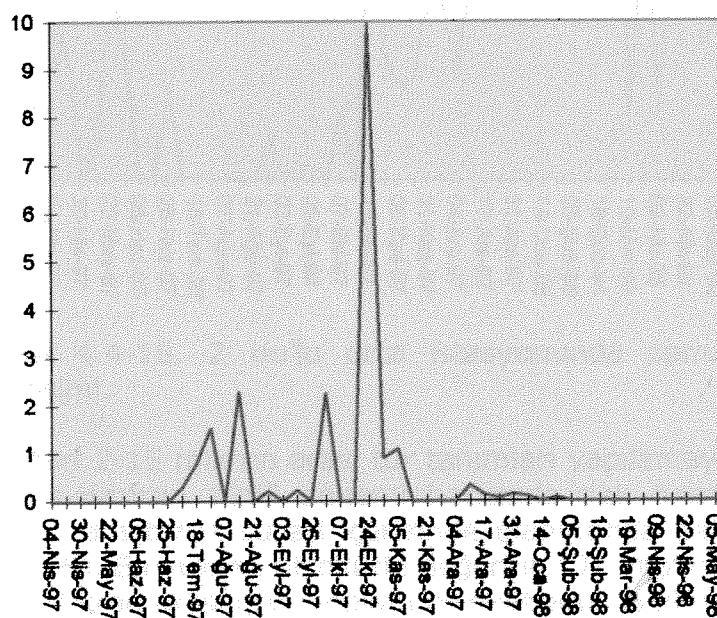


Şekil 4.4-12. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla dinoflagellat biyokütle (mg/m^3) değişimi.

1. İstasyonda olduğu şekilde Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları ile Ağustos ve Eylül ayları Dinoflagellatların en az yoğunlukta gözlemediği ayları oluşturmaktır. Cryptomonad grubundan *Hillea fusiformis* türü araştırma süresince 1 mg/m^3 biyokütle değerinin altında kalmış ve en yüksek değere 18 Temmuz 1997'de 0.9 mg/m^3 ile ulaşmıştır (Şekil 4.4-13). 1. İstasyonda olduğu şekilde yaz ve sonbahar dönemlerinde planktonda sürekli ve diğer zamanlara oranla yüksek düzeylerde bulunmuştur.



Şekil 4.4-35. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla Cryptomonad biyokütle (mg/m^3) değişimi.

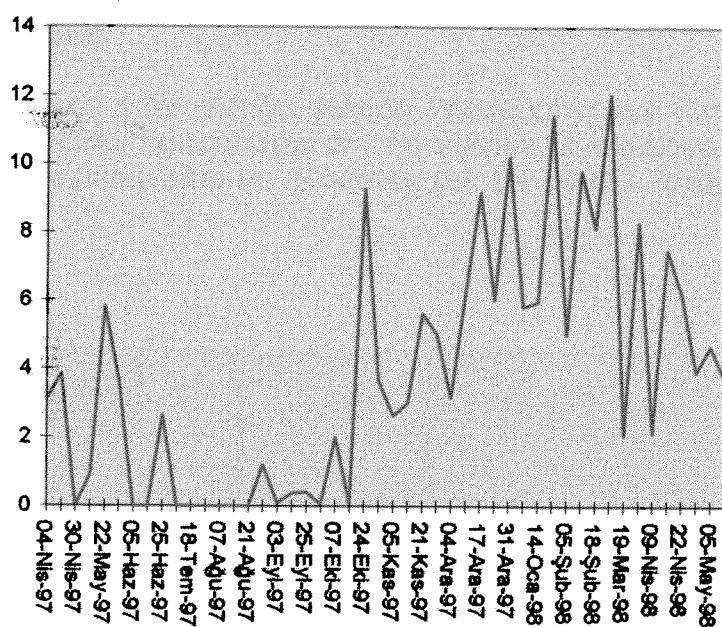


Şekil 4.4-14. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla Silicosphaera biyokütle (mg/m^3) değişimi.

Silicosphaera grubu üyeleri diğer gruplara oranla daha az süreklilik göstermiş olup genelde Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında planktonda hiç rastlanılmamıştır (Şekil 4.4-14). En yüksek biyokütleye 9.95 mg/m^3 ile 24 Ekim

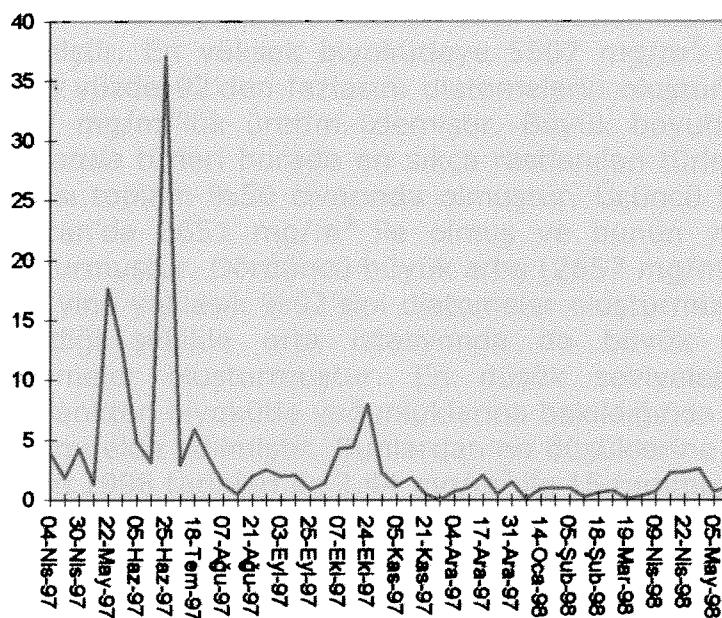
1997'de ulaşılmıştır ve tamamı ile *Distephanus crux* (%100) türü tarafından oluşturulmuştur.

2 no'lu orta istasyonunda Kokkolit biyokütle dağılımları incelendiğinde (Şekil 4.4-15) 1 no'lu açık istasyonunda gözlediği üzere Ekim 1997 dönemine degen herhangi belirgin bir artış gözlenmemekte ve bunu yüksek değerler izlemektedir. Genelde kiş dönemi ve ilkbahar başlangıcı göreceli olarak diğer mevsimlerle kıyaslandığında en yüksek biyokütle değerlerini vermiştir. En yüksek biyokütle değerleri 12 mg/m^3 ile 24 Şubat 1998, 11.4 mg/m^3 ile 27 Ocak 1998, 10.2 mg/m^3 ile 31 Aralık 1997 ve 9.8 mg/m^3 ile 11 Şubat 1998 ve son olarak 9.28 mg/m^3 ile 24 Ekim 1997'de elde edilmiştir. 24 Şubat 1998'de 3 tür tanımlanmış olup bunlardan *Emiliana huxleyi* %55'lik pay ile en yüksek oranda saptanmıştır. 27 Ocak 1998'de toplam 9 kokkolit türü saptanmış olup yoğun olarak *Emiliana huxleyi* (%45) ve *Coccolithus sibogae* (%40) gözlenmiştir. 31 Aralık 1997'de toplam 7 tür saptanmış olup çoğunluğu (%86) *Emiliana huxleyi* oluşturmuştur. 11 Şubat 1998'de toplam 7 Kokkolit türü saptanmış olup yine *Emiliana huxleyi* (%65) ve *Coccolithus sibogae* (%20) en sık gözlenen türleri oluşturmuştur. 24 Ekim 1997'de kokkolit biyokütlesinin tamamını *Emiliana huxleyi* oluşturmuştur.



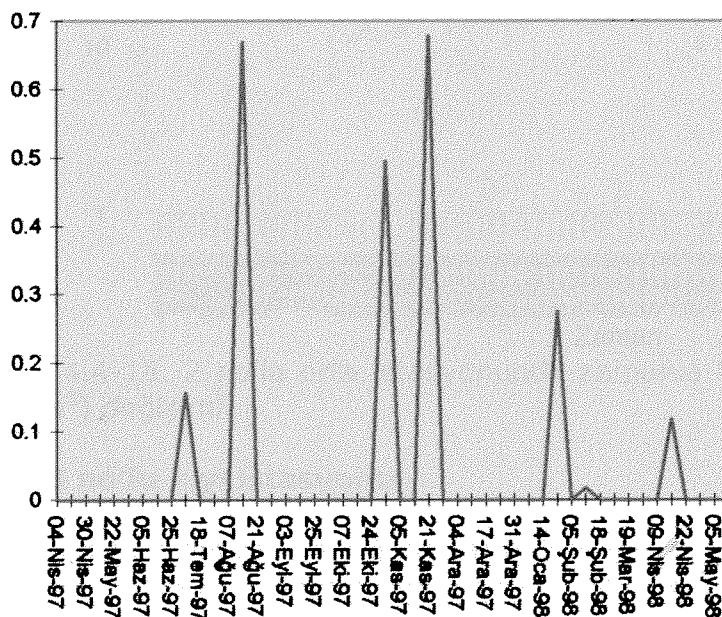
Şekil 4.4-15. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla Kokkolit biyokütle (mg/m^3) değişimi.

Boyları 2-15 mikron arası tür tanımları yapılamayan küçük kamçılıların biyoküteleri Mayıs-Haziran 1997 dönemi haricinde pek önemli bir değişiklik göstermemiştir ve bütün araştırma süreci içerisinde planktonda daima mevcut bulunmuşlardır (Şekil 4.4-16). En yüksek biyokütle değerine (37 mg/m^3) 25 Haziran 1997'de ulaşmış olup 6-8 mikron arası grup toplam biyokütlenin %39'unu oluşturmuştur.



Şekil 4.4-16. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla küçük kamçılılar biyokütle (mg/m^3) değişimi.

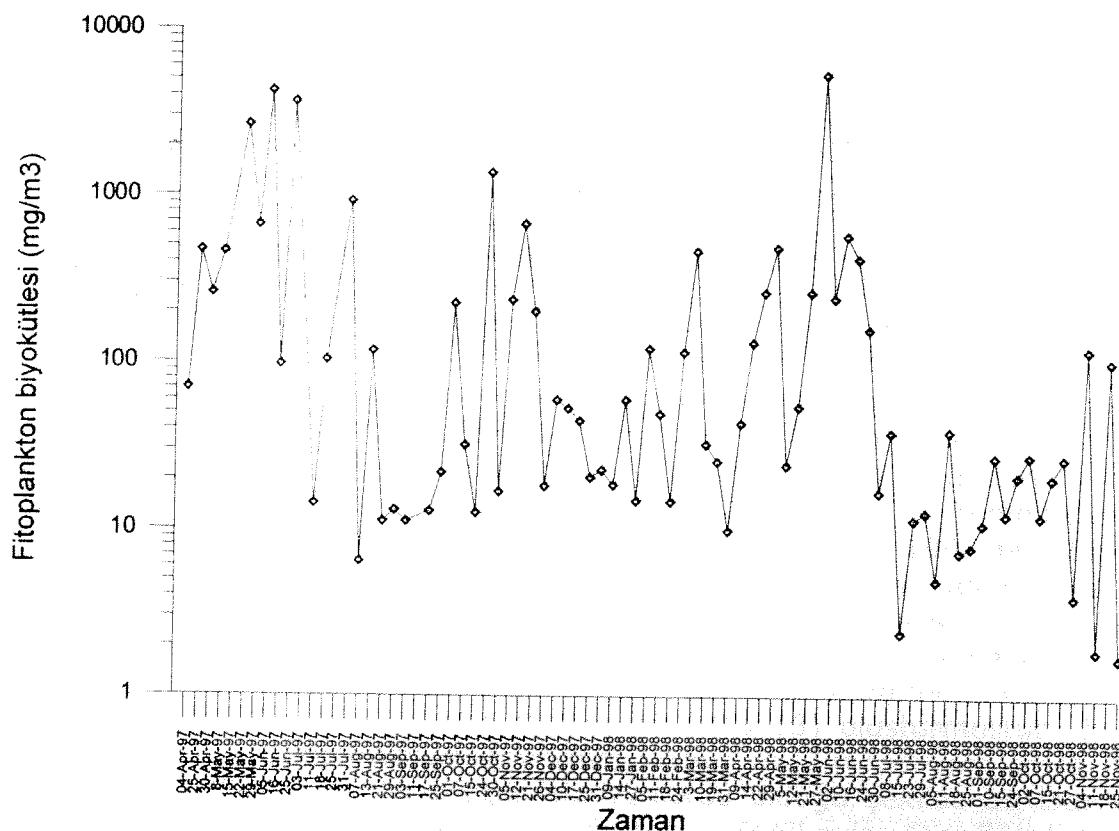
İstasyon 1'de olduğu şekilde Prasinophyceae türleri planktonda çok seyrek olarak kısa süreli bulunmuşlardır. En yüksek biyokütleye ($0.67 \text{ mg}/\text{m}^3$) ile 21 Kasım 1997 de ulaşılmış olup bu dönemde tek tür olarak *Poropila dubia* saptanmıştır (Şekil 4.4-17).



Şekil 4.4-17. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla Prasinophyceae biyokütle (mg/m^3) değişimi.

Orta istasyonda toplam fitoplankton biyokütlesine daha geniş bir zaman süreci içinde (4 Nisan 1997-25 Kasım 1998) bakıldığından özellikle İlkbahar sonu yaz başlarının (Mayıs -Haziran 1997 ve 1998) en verimli dönemler olduğu göze çarpar

(Şekil 4.4-18). Bunu daha zayıf patlamaların gözlendiği Ekim-Kasım ayları izlemiştir. En yüksek biyokütleye 5607 mg/m^3 ile 27 Mayıs 1998'de ulaşılmıştır. Bunu yüzde 92'den fazlasını diatomelerin oluşturduğu 5 Haziran 1997'deki toplam 4237 mg/m^3 'luk üretim izlemiştir. Büyük boyutlu *Rhizosolenia fragilissima* ve *R. delicatula* türleri burada en sıkça rastlanılan türler olusturmuşlardır ve her ikisinin katkısı toplam %50 civarında olmuştur. Üçüncü büyük artış ise yine aynı ayda 25 Haziran'da 3651 mg/m^3 ile olmuş ve bunun yine yaklaşık %87'sini diatomeler oluşturmuştur. Dördüncü büyük artış (2657 mg/m^3) ise 22 Mayıs 1997'de gözlenmiş olup yine yaklaşık %92'sini diatomeler oluşturmuştur. Kısaca en açık istasyonda da izlendiği şekilde orta istasyonda da büyük plankton patlamalarını öncelikle diatomeler oluşturmuştur. En düşük seviyeler ise logaritmik skala üzerinde fitoplankton biyokütle yoğunluklarına bakıldığından yaz sonu - Eylül ayı dönemi ile kış dönemi elde edilmiştir. Bunlardan en düşüklerine 1.74 mg/m^3 ile 11 ve 25 Kasım 1998 tarihleri ile 2.44 mg/m^3 ile 15 temmuz 1998 tarihinde rastlanmıştır.



Şekil 4.4-18. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla toplam fitoplankton biyokütle ($\log \text{ mg/m}^3$) değişimi.

I.C. 3 no'lu kıyı istasyonu

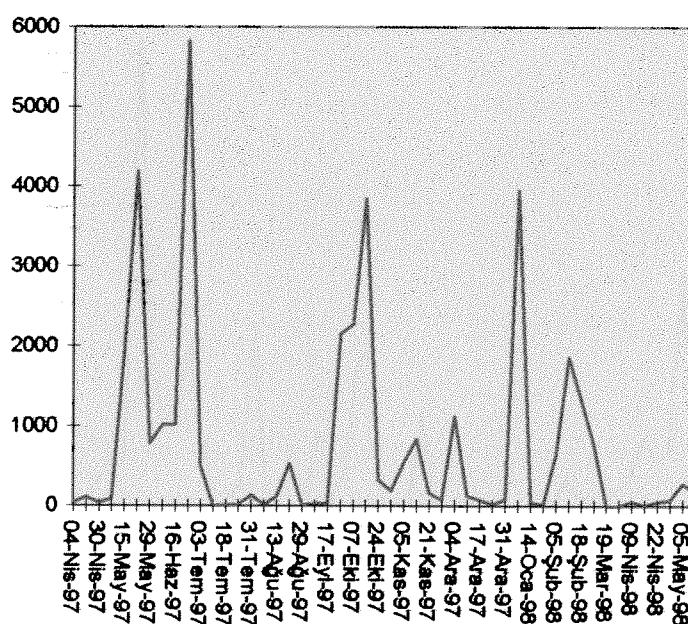
Kıyı istasyon bütünü ile siğ su karakterlerine sahip olup toplam 20 metre derinliğe sahiptir. İstasyonu çoğunlukla etkisi altına alan Lamas Deresi girdisi ve kıyıda oluşan rüzgar ve dalga hareketleri sonucu karışıklar nedeni ile bu istasyonda besin tuzları daima yeterli düzeylerde olmuş ve dolayısı ile açık istasyonlara oranla daha sık ve şiddetli fitoplankton patlamaları oluşmuştur.

3 no'lu orta istasyonunda fitoplankton gruplarının araştırma süresince biyokütle dağılımları incelendiğinde 1 ve 2 no'lu istasyonlarda olduğu şekilde diatomelerin en baskın grubu oluşturduğu gözlenmektedir. Araştırma süresince toplam fitoplanktonu biyokütle yoğunlukları açısından sırası ile Diatomeler (% 89.6), Dinoflagellatlar (%

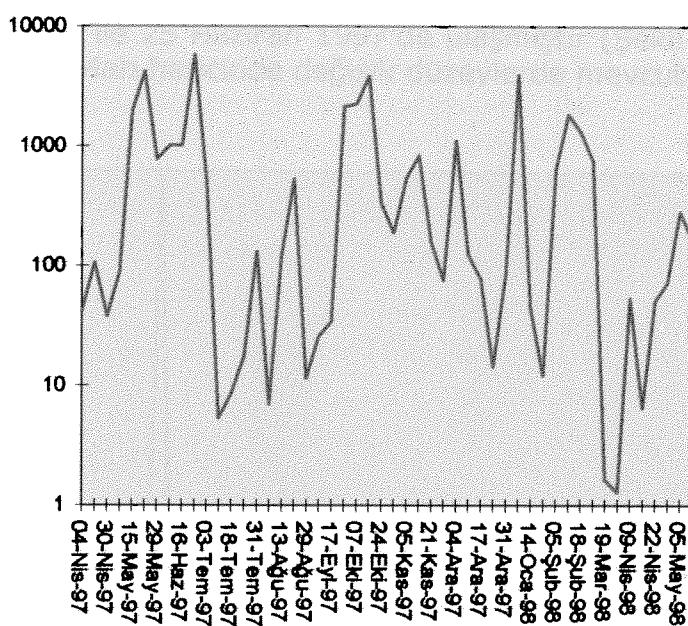
9), küçük flagellalılar - kamçılılar (% 0.64), Kokkolitler (% 0.56), Cryptomonadalar (% 0.04), Cyanobakteriler (% 0.03), Silicosphaera (% 0.03), ve son olarak Prasinophyceae (% 0.01) üyeleri oluşturmuştur. Chlorophycea türlerine hiç rastlanılmamış olup Chrysophyceae'dan sadece *Dinobryon* sp. tanımlanmış olup katkısı % 0.0001 düzeyinde olmuştur. Her bir grubun haftalık biyokütle dağılımları ise zaman içerisinde büyük farklılıklar göstermiştir.

Diatomeler araştırma süresince farklı zamanlarda çok büyük patlamalar yapmıştır. En yüksek biyokütle değerine 25 Haziran 1997'de 5823 mg/m^3 ile ulaşmışlar ve bu dönemde toplam fitoplankton biyokütlesinin % 95'ini oluşturmuşlardır (Şekil 4.4-19a). Bu dönemde diatomelerden *Rhizosolenia alata* (%33) ve *Rhizosolenia alata f. gracillima* (%31) toplam biyokütleye en büyük katkıyı yapmışlardır. İkinci büyük patlama (4191 mg/m^3) ise 22 Mayıs 1997'de gözlenmiş olup diatomeler toplam fitoplankton biyokütlesinin %85'ini oluşturmuşlardır. Diatomelerden sadece *Leptocylindricus danicus* türü 3095 mg/m^3 biyokütle ile toplam diatome biyokütlesinin % 74'ünü oluşturmuştur. Bu patlamaları büyülü sırası ile 3951 mg/m^3 ile 9 Ocak 1998, 2276 mg/m^3 ile 7 Ekim 1997, 2152 mg/m^3 ile 25 Eylül 1997 ve 1855 mg/m^3 ile 11 Şubat 1998'deki patlamalar izlemiştir. En düşük değerler ise 1.6 ve 1.2 mg/m^3 ile 19 ve 31 Mart 1998 tarihlerinde elde edilmişlerdir (Şekil 4.4-19b). Diatomelerin araştırma süresince toplam biyokütleye katkı payları ortalaması % 70 gibi çok yüksek bir değere ulaşmıştır. Haftalık biyokütle dağılımları logaritmik skala üzerinde incelendiğinde patlamaların kısa süreli ve geçici olduğu görülmektedir. Genelde Nisan, Temmuz - Ağustos ve Kasım-Aralık aylarında düşük düzeyde biyokütle elde edilmiştir.

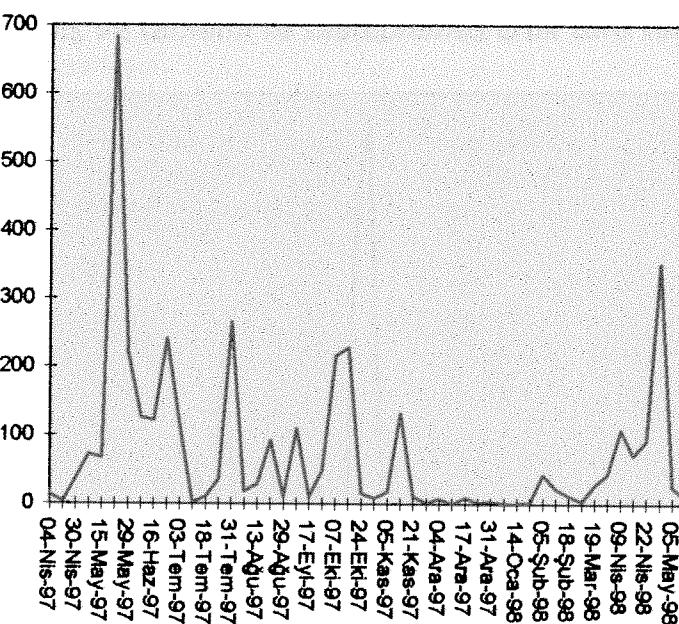
Dinoflagellat biyokütlesinde zamanla değişime bakıldığından sıcak dönemlerde daha büyük patlamaların olduğu gözlenir (Şekil 4.4-20). Araştırma süresince Dinoflagellat biyokütle dağılımına bakıldığından en yüksek değerlere sırası ile 22 Mayıs 1997 (683 mg/m^3), 29 Nisan 1998 (352 mg/m^3), 31 Temmuz 1997 (265 mg/m^3), 25 Haziran 1997 (240 mg/m^3) ve 15 Ekim 1997'de (228 mg/m^3) ulaşılmıştır. 22 Mayıs 1997'de patlama yapan türleri *Gymnodinium* sp (% 28), *Peridinium depressum* (% 23), *Prorocentrum* sp (% 20) oluşturmuştur. 29 Nisan 1998'deki patlamayı birkaç tür birden yapmış olup en önemlilerini sırası ile *Gonyaulax polyedra* (% 18), *Ceratium furca v. eugramma* (% 17) *Polykrikos schwartzii* (% 14), ve *Gyrodinium fusiforme* (% 13) oluşturmuştur. 31 temmuz 1997'de bollukla *Gymnodinium splendens* (%58) ve *Gymnodinium crassum* (% 36) gözlenmiştir. Birinci ve ikinci açık istasyonlarda olduğu şekilde bu istasyonda da Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları ile Ağustos ve Eylül ayları Dinoflagellatların en az yoğunlukta gözlediği ayları oluşturmuştur.



Şekil 4.4-41a. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla diatome biyokütle (mg/m^3) değişimi.

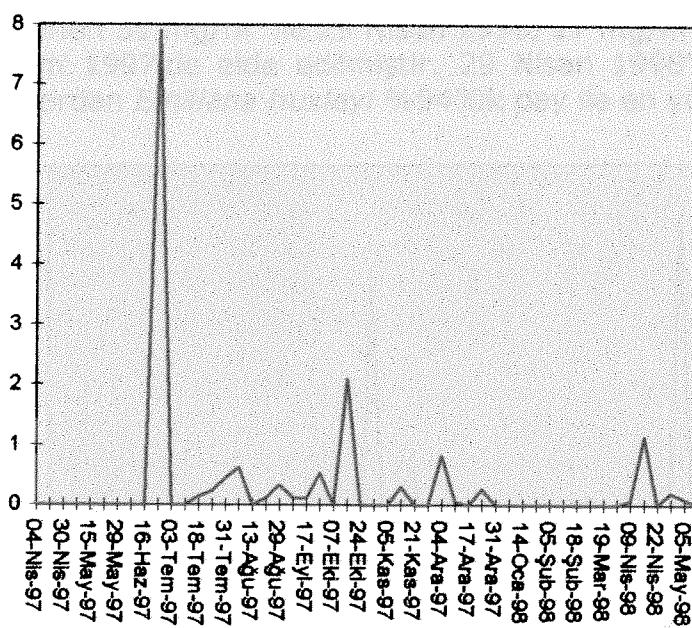


Şekil 4.4-19b. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla diatome biyokütle ($\log \text{mg}/\text{m}^3$) değişimi.



Şekil 4.4-20. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla dinoflagellat biyokütleye (mg/m^3) değişimi.

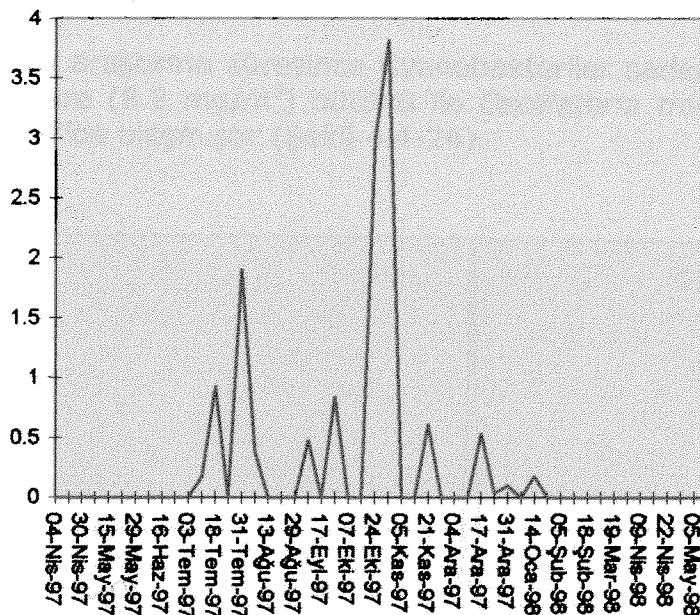
Cryptomonad grubundan *Hillea fusiformis* bu istasyonda en yüksek değere $7.9 \text{ mg}/\text{m}^3$ ile 25 Haziran 1997'de ulaşmıştır (Şekil 4.4-21). Planktonda Ocak-Şubat ve Mart ayları haricinde değişik düzeylerde mevcut bulunmuştur.



Şekil 4.4-21. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla Cryptomonad biyokütleye (mg/m^3) değişimi.

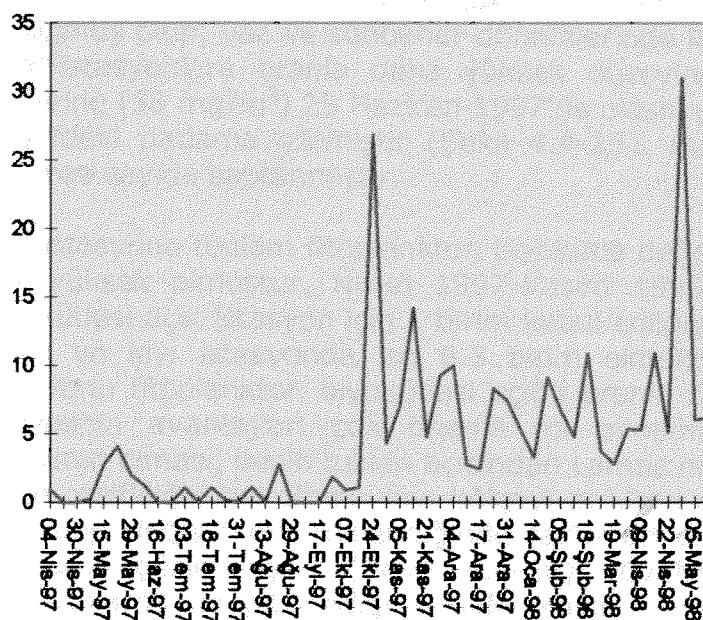
Silicosphaera grubu üyeleri diğer gruplara oranla daha az süreklilik göstermiş olup genelde açık istasyonlarda da görüldüğü şekilde Şubat, Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında planktonda hiç rastlanılmamıştır (Şekil 4.4-22). En yüksek biyokütleye $3.8 \text{ mg}/\text{m}^3$ ile 30 Ekim 1997'de ulaşılmıştır ve tamamı ile *Ebria tripartita*

(%100) türü tarafından oluşturulmuştur. Aynı ayın 24'ünde ise 3 mg/m^3 seviyesine ulaşılmış ve tamamı ile *Distephanus crux* türü tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 4.4-22. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla Silicosphaera biyokütle (mg/m^3) değişimi.

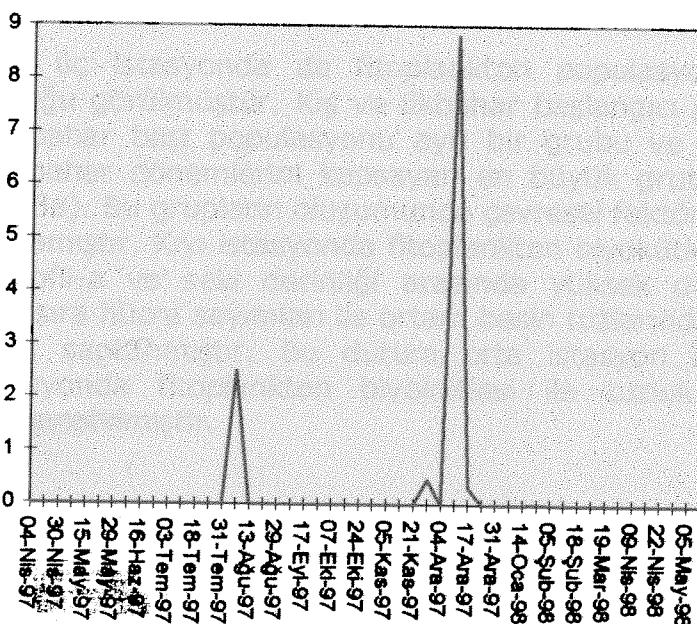
3 no'lu kıyı istasyonunda Kokkolit biyokütle dağılımları incelendiğinde (Şekil 4.4-23) açık istasyonlarda gözlenildiği şekilde Ekim 1997 dönemine deşin herhangi belirgin bir artış görülmemekte ve bunu yüksek değerler izlemektedir. En yüksek biyokütle değerleri 31 mg/m^3 ile 29 Nisan 1998, 27 mg/m^3 ile 24 Ekim 1997, 14 mg/m^3 ile 12 Kasım 1997'de elde edilmiştir. 29 Nisan 1998'de toplam 3 tür tanımlanmış olup bunlardan *Emiliania huxleyi* %94'lük pay ile en yüksek oranda saptanmıştır.



Şekil 4.4-23. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla Kokkolit biyokütle (mg/m^3) değişimi.

24 Ekim 1997'de toplam 4 kokkolit türü saptanmış olup yoğun olarak *Emiliana huxleyi* (%85) gözlenmiştir. 12 Kasım 1997'de ise tek tür olarak *Emiliana huxleyi* saptanmıştır.

Tüm araştırma süresince Cyanobakteriler sadece 5 kez gözlenmiş olup en yüksek değere (8.8 mg/m^3) bütünü ile *Oscillatoria thiebautii* türünün katkısı ile 10 Aralık 1997'de ulaşmıştır (Şekil 4.4-24).



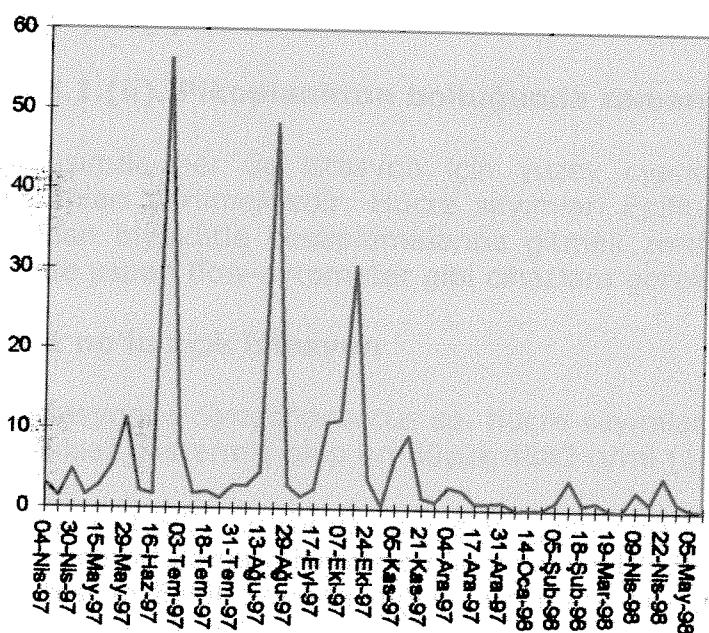
Şekil 4.4-24. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla Cyanophyceae biyokütle (mg/m^3) değişimi.

Boyları 2-15 mikron arası küçük kamçılılar, kıyısal planktonda daima mevcut bulunmuş olup, yaz ve sonbahar dönemlerinde kısmen büyük patlamalar yapmış ve açık istasyonlara oranla daha yüksek düzeylere çıkmıştır. En yüksek biyokütle değerine (56 mg/m^3) 25 Haziran 1997'de ulaşmış ve bunu 48 mg/m^3 ile 21 Ağustos 1997'deki patlama izlemiştir (Şekil 4.4-25). Bu grup kiş ve bahar dönemlerinde daha az sayıda saptanmıştır.

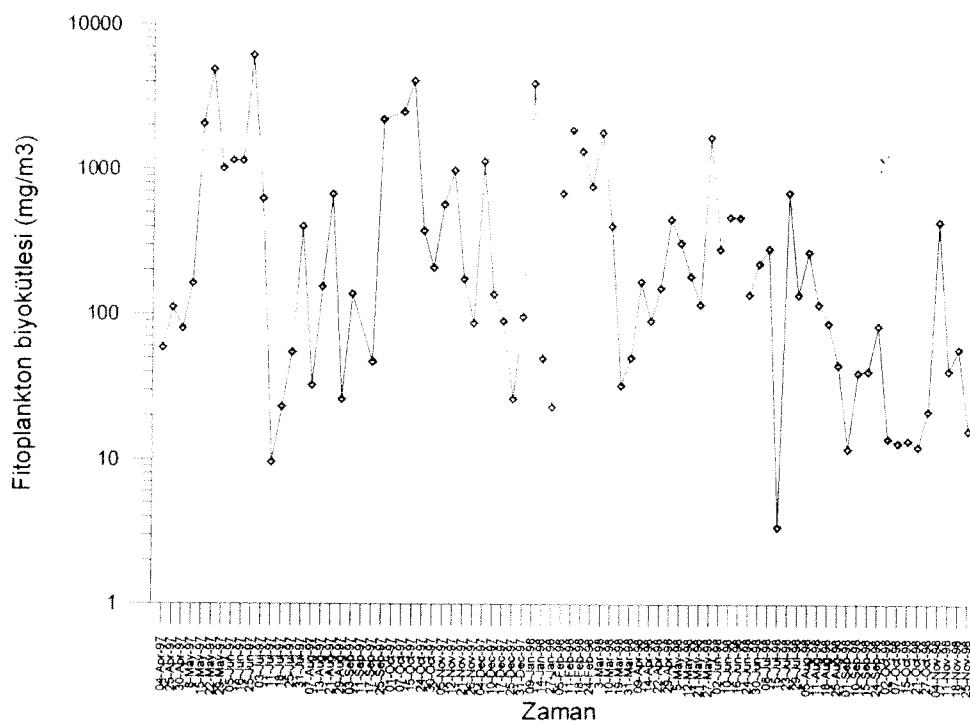
Kıyı istasyonu toplam fitoplankton biyokütle değerleri diğer iki açık istasyona oranla çok yüksek olmuştur. Nisan 1997-Kasım 1998 dönemi için toplam fitoplankton biyokülesi açık istasyon için 1 birim kabul edildiğinde bu rakam orta istasyonda 3.4 birim ve kıyı istasyonda ise 6.3 birim olmaktadır. Kısaca bu süreç içinde kıyı istasyonu fitoplankton biyokülesi açığa oranla 6.3 kat fazla olmuştur. Burada kıyı bölgesinin avantajları çok önemli rol oynamaktadır. Kıyıda dalgalarla sürekli karışımının olması, besin tuzları açısından Lamas nehir girdilerinden sıkça etkilenmesi, türce çeşitliliğin bol olması kıyı bölgeyi açıklara oranla avantajlı kılmaktadır. Kıyıda biyokütle değişimleri irdelendiğinde farklı dönemlerde büyük ve sık patlamalarınoluştuğu gözlenmiştir (Şekil 4.4-26). Özellikle en büyük patlamalar açık istasyonlarda da gözlendiği şekilde Mayıs - Haziran 1997 döneminde olmuş ve bunları Ekim ayı izlemiştir. 25 Haziran 1997'de toplam 6127 mg/m^3 ile tüm araştırma sürecinin en yüksek değerine ulaşılmış olup bunun yüzde 95'ini diatomeler oluşturmuştur. Büyük boyutlu *Rhizosolenia alata* ve *Rhizosolenia alata f gracillima* türleri burada en sıkça rastlanılan türleri oluşturmuşlardır ve her ikisinin katkısı toplam %65 civarında olmuştur. İkinci büyük artış ise 22 Mayıs 1997'de

4884 mg/m³ ile olmuş ve bunun yine yaklaşık %86'sını diatomeler oluşturmuştur. Üçüncü büyük artış (4110 mg/m³) ise 15 Ekim 1997'de gözlenmiş olup yine yaklaşık %94'ünü diatomeler oluşturmuştur. Kisaca en açık ve orta istasyonlarda da izlendiği şekilde kıyı istasyonunda da büyük plankton patlamalarını öncelikle diatomeler oluşturmuştur. En düşük seviye ise diğer iki istasyonda da görüldüğü şekilde Atlantik sularının yoğun olarak basen işgal ettiği 15 Temmuz 1998'de (3.42 mg/m³) elde edilmiştir. Bunu 11 Temmuz 1997'deki 9.55 mg/m³'luk ve 1 Eylül 1998'deki 11.89 mg/m³'luk üretimler izlemiştir.

Her üç istasyonda da fitoplankton populasyonunda mevsimsel gruplaşmaların olduğu görülmüştür. Kış ve İlkbahar başlangıcı populasyonu bir grubu, Geç yaz ve sonbahar başı populasyonu ayrı bir grubu ve geriye kalan diğer bahar, yaz ve sonbahar dönemlerini kapsayan en büyük grubu oluşturmaktadır (Uysal ve diğ., 2003a). Bu grupların oluşumunda çevresel faktörlerden deniz suyu sıcaklığı etkin rol oynamıştır. Kıyı istasyonda fitoplankton biyokütlesi ile toplam askıda madde (TSS), klorofil-a ve sekili derinliği arasında yüksek düzeyde ilişki bulunmuştur. Bunun yanısıra hücre sayımları ile ortam besin tuzlarından azot ve silikat arasında da yakın ilişki saptanmıştır. Bu durum orta istasyon için de geçerli olup sadece açık istasyonda fitoplankton biyokütlesi ile tuzluluk arasında çok yakın bir ilişki saptanabilmistir.



Şekil 4.4-25. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla küçük kamçılılar biyokütle (mg/m³) değişimi.



Şekil 4.4-26. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla toplam fitoplankton biyokütlesi ($\log \text{mg/m}^3$) değişimi.

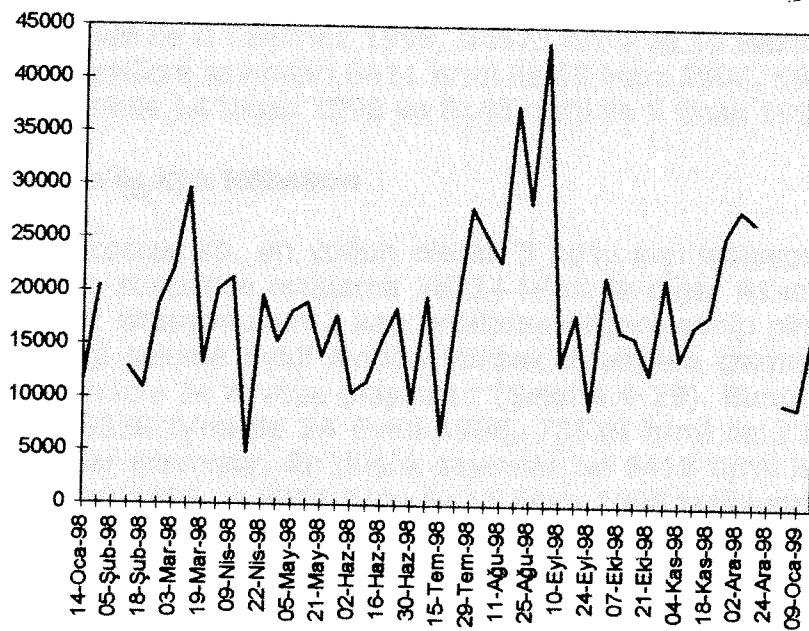
4.4.8.1.(ii). Pikoplankton bolluğuunda zamanla değişim

Bu kısımda her üç istasyon için yüzey cyanobakteri *Synechococcus* sp. bolluk dağılımları verilmektedir. Hücre sayımları Epifluoresans mikroskopta yapıldığı için buradan biyokütle hesaplamalarına gitmek zordur. Bunun için sayımları otomatik şekilde yapan flow-cytometer gibi cihazlara gereksinim vardır.

I.B. 1 no'lu açık istasyon

Bu istasyonda *Synechococcus* sp. hücre sayımları yıl boyunca haftalık bazda büyük farklılıklar göstermiş olup en düşük 4882 h/ml (14 Nisan 1998) ve en yüksek 43520 h/ml (1 Eylül 1998) arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.4-27). Tüm araştırma süresince ortalama mililitrede hücre sayısı 18355 olmuştur. özellikle Temmuz sonu, Ağustos ve Eylül başında diğer zamanlara oranla yüksek sayımlar elde edilmiştir.

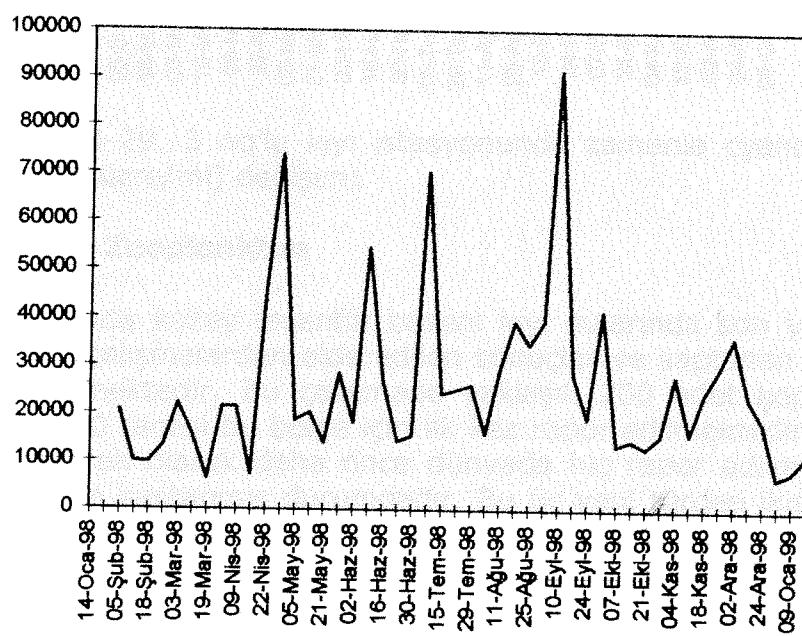
Mart ve Aralık aylarında da belirgin artışlar olmuştur. En yüksek değerler 43520 h/ml ile 1 Eylül 1998, 37620 h/ml ile 18 Ağustos 1998, 29650 h/ml ile 10 Mart 1998, 28460 h/ml ile 25 Ağustos 1998'de elde edilmiştir. En düşük hücre sayımları 4882 h/ml ile 14 Nisan 1998, 6770 h/ml ile 15 Temmuz 1998, 9266 h/ml ile 24 Eylül 1998 ve 9504 h/ml ile 9 Ocak 1999'da elde edilmiştir. Olumsuz hava koşulları nedeni ile bazı seferler gerçekleştirilemeden zaman serisinde kopukluk olmuş, o seferlere ait sonuç verilememiştir.



Şekil 4.4-27. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla cyanobakteri *Synechococcus* sp. bolluk (hücre/ml) değişimi.

I.B. 2 no'lu orta istasyon

2 no'lu orta istasyonunda *Synechococcus* sp. hücre sayımları 1 no'lu açık istasyonunda olduğu şekilde yıl boyunca haftalık bazda büyük farklılıklar göstermiştir. Ortalama ml'de 25513 hücre bulunmuş olup en düşük ve en büyük sayımlar 6411 h/ml ile 19 Mart 1998 ve 91805 h/ml ile 10 Eylül 1998'de elde edilmiştir (Şekil 4.4-28). Dolayısı ile ortalama değer açısından açık istasyonuna oranla yaklaşık 7160 h/ml daha yüksek sayıda çıkmıştır.

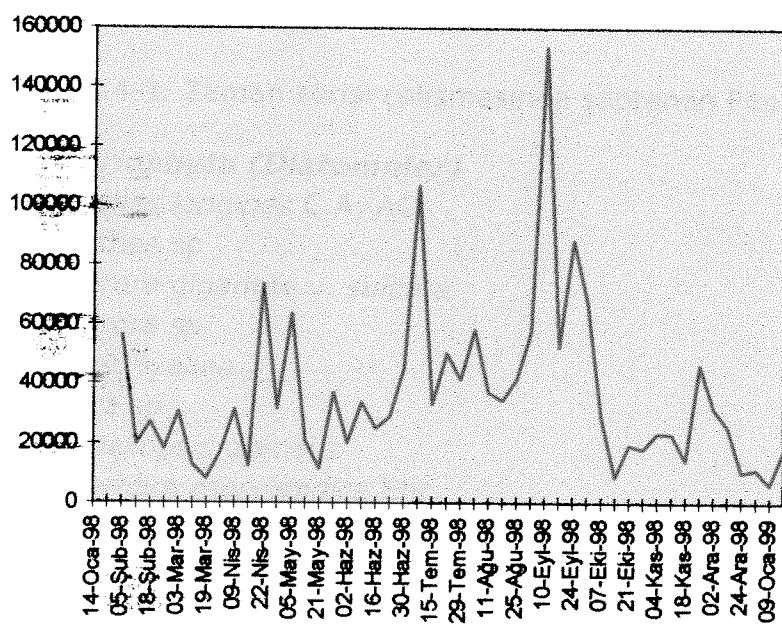


Şekil 4.4-28. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla cyanobakteri *Synechococcus* sp. bolluk (hücre/ml) değişimi.

özellikle Nisan ve Eylül ayları arası dönemde önemli patlamalar gözlenmiştir. En yüksek değerler 91805 h/ml ile 10 Eylül 1998, 73923 h/ml ile 29 Nisan 1998, 70477 h/ml ile 8 Temmuz 1998, 54573 h/ml ile 10 Haziran 1998'de elde edilmiştir. En düşük hücre sayımları 6411 h/ml ile 19 Mart 1998, 6883 h/ml ile 30 Aralık 1998, 7335 h/ml ile 14 Nisan 1998 ve 8143 h/ml ile 9 Ocak 1999'da elde edilmiştir.

I.C. 3 no'lu kıyı istasyon

Synechococcus sp. en yoğun olarak 3 no'lu kıyı istasyonunda saptanmış olup tüm araştırma süresince ortalama 36224 h/ml ile diğer iki istasyondan daha fazla ve 1 no'lu açık istasyonunun 2 katı ortalama değere sahip olmuştur. Diğer istasyonlarda gözlemediği şekilde Eylül ayında yüksek düzeylere çıkmış ve 10 Eylül'de mililitrede 153605 hücre ile zirveye ulaşmıştır (Şekil 4.4-29). Bunu 106665 h/ml ile 8 Temmuz 1998, 88358 h/ml ile 24 Eylül 1998, 73538 h/ml ile 22 Nisan 1998 tarihlerindeki patlamalar izlemiştir. En düşük sayımlar ise 6418 h/ml ile 9 Ocak 1999, 8227 h/ml ile 19 Mart 1998 ve 8911 h/ml ile 15 Ekim 1998 tarihlerinde elde edilmiştir.



Şekil 4.4-29. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla cyanobakteri *Synechococcus* sp. bolluk (hücre/ml) değişimi.

4.4.8.2. Zooplankton

Bu kısımda kuzey levantin baseni kıyı sularında son yıllarda zooplankton üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ve saptanın türler (Tablo 4.4-2, bkz EK 2) verilmektedir. Bu çalışmada yaklaşık 200 adet kopepod türü saptanmış olup bunun 70 tanesi bu bölge için ilk kez rapor edilmektedir (Uysal ve diğerleri, 2002). Bunlara ek olarak daha önce dünyada hiç rapor edilmemiş yeni 3 türün bölgede varlığı da saptanmış durumdadır. Bu üç yeni türden ikisi bulundukları bölgenin yer adları ile *Calanopia metu* ve *Calanopia levantina* olarak tarafımızdan isimlendirilmişlerdir (Uysal ve Shmeleva, 2004). Bunlardan *Calanopia metu* bölgede bol olarak bulunmuştur. Ayrıca bu iki yeni türün naupli ve ergin bireyi de kapsayan tüm gelişim safhalarının bölgede mevcut olması Levant baseninin bu türlerin gelişimi için uygun ortamı oluşturduğu söylenebilir. Diğer üçüncü yeni türe ise *Scaphocalanus emine* adı verilmiştir (Uysal ve Shmeleva, 2002). Fethiye koyu ve İskenderun körfezi zooplankton türleri de dahil olmak üzere Levantin baseni için

yeni sayılan mevcut tüm kopepod türleri tablo 4.4-3'de verilmiştir. Sonuç olarak Levantin baseninde daha önce literatürde de yer alan türlerle birlikte toplam 233 kopepod türü mevcut bulunmaktadır (Berdugo, 1968; Cazanova, 1973; Lakkis, 1973; Kovalev ve Shmeleva, 1982). Bu türlerin birçoğu Akdenizde yaygın olup bir kısmı ise Kızıl Deniz kökenli olup daha sonra Akdeniz faunasına katılmışlardır. Calanopia cinsine ait *Calanopia elliptica*, *C. media*, *C. americana*, *C. biloba* ve bunların yanısıra *Centropages furcatus* türleri Indo-Pasifik kökenli türleri oluştururlar. Listede mevcut *Ctenocalanus citer* ise Antarktik kökenli bir türdür.

Levantin baseni kıta sahanlığı sularında kopepod populasyonları ortam faktörlerinden en çok deniz suyu sıcaklığından etkilenmektedirler. Bölgede yüzey suyu sıcaklığı 16 ve 30 °C arasında değişmekte olup en soğuk ve sıcak sular Mart ve Ağustos aylarında oluşmaktadır. Kopepodlar Türkçe en yüksek çeşitliliğe sıcak yaz aylarında ve kış döneminde Aralık ve Ocak aylarında ulaşmaktadır (Uysal ve diğ, 2003b)

Tablo 4.4-1. Zaman serisi çalışmasında saptanan Fitoplankton türleri

Bacillariophyta (Diatomeler)

- Achnanthes longipes* C.A. AG.
Achnanthes sp
Amphiprora gigantae v. *sulcata*
Amphiprora sp
Amphora hyalina
Amphora sp
Asterionellopsis glacialis
Asterolampra marylandica Ehr.
Asteromphalus flabellatus
Asteromphalus robustus Castr.
Asteromphalus sp
Bacteriastrum biconicum
Bacteriastrum comosum
Bacteriastrum delicatulum Cl.
Bacteriastrum elegans Pav.
Bacteriastrum elongatum Cl.
Bacteriastrum hyalinum Laud.
Bacteriastrum mediterraneum
Bacteriastrum sp
Biddulphia mobiliensis
Biddulphia sp
Centrica sp
Cerataulina bergenii H. Perag.
Cerataulina sp
Chaetoceros affinis Laud.
Chaetoceros affinis var. *willei* (Gran) Hust.
Chaetoceros anastomosans
Chaetoceros brevis
Chaetoceros compressus Laud.

Chaetoceros concavicornis
Chaetoceros curvisetus Cleve
Chaetoceros constrictus
Chaetoceros coronatus
Chaetoceros costatus
Chaetoceros dadayi Pav.
Chaetoceros danicus Cleve
Chaetoceros decipiens
Chaetoceros densus
Chaetoceros dichaeta
Chaetoceros didymus
Chaetoceros didymus v. *anglica*
Chaetoceros didymus v. *protuberans*
Chaetoceros diversus Cleve.
Chaetoceros dubius
Chaetoceros eibenii
Chaetoceros insignis
Chaetoceros laciniosus Schütt
Chaetoceros lorenzianus Grun.
Chaetoceros lorenzianus var. *solitarius*
Chaetoceros pendulus
Chaetoceros peruvianus
Chaetoceros pseudocurvisetus
Chaetoceros radicans
Chaetoceros rigidus
Chaetoceros scabrorus
Chaetoceros seiracanthus
Chaetoceros septentrionalis
Chaetoceros simplex
Chaetoceros socialis Laud.
Chaetoceros sp
Chaetoceros subsecundus
Chaetoceros subtilis
Chaetoceros wighamii
Corethron hystrix
Coscinodiscus asteromphalus
Coscinodiscus gigas
Coscinodiscus granii
Coscinodiscus janischii
Coscinodiscus jonesianus
Coscinodiscus sp
Cyclotella sp
Dactyliosolen mediterraneus Perag.
Detonula confervacea
Eucampia cornuta
Eucampia zodiacus
Grammatophora oceanica

Grammatophora sp
Guinardia flaccida (Castr.) Perag.
Gyrosigma sp.
Hemiaulus hauckii Grun.
Hemiaulus membranaceus
Hemiaulus sinensis
Hemiaulus sp.
Leptocylindrus danicus Cleve
Leptocylindrus minimus Gran
Licmophora sp.
Melosira moniliformis
Melosira sp.
Navicula cancellata Donk.
Navicula membranacea Cleve
Navicula sp
Nitzschia closterium (Ehr.) W. Sm)
Nitzschia delicatissima Cleve.
Nitzschia delicatula
Nitzschia pungens
Nitzschia pungens v. *Atlantica*
Nitzschia seriata Cleve
Nitzschia sp
Nitzschia tenuirostris Mer.
Pennata sp.
Pleurosigma elongatum W. Sm.
Pleurosigma normanii
Pleurosigma sp
Rhizosolenia alata Brightw.
Rhizosolenia alata f. *gracillima*
Rhizosolenia alata f. *indica*
Rhizosolenia bergenii
Rhizosolenia calcar-avis M. Schultze
Rhizosolenia delicatula Cleve
Rhizosolenia fragilissima Berg
Rhizosolenia hebetata
Rhizosolenia hebetata f. *semispina*
Rhizosolenia robusta
Rhizosolenia setigera
Rhizosolenia sp.
Rhizosolenia stolterfothii Perag.
Rhizosolenia styliformis Brightw.
Rhizosolenia styliformis v. *Longissima*
Skeletonema costatum (Grev.) Cleve
Streptotheca thamensis Shrubs.
Striatella unipunctata (Lyngb.)
Surirella sp
Thalassionema nitzschioides Hust.

Thalassionema sp.
Thalassiosira aestivalis
Thalassiosira decipiens
Thalassiosira excentrica (Ehr.) Cl.
Thalassiosira parva
Thalassiosira rotula
Thalassiosira sp
Thalassiosira subsalina
Thalassiothrix delicatula
Thalassiothrix frauenfeldii Grun.
Thalassiothrix longissima
Thalassiothrix mediterranea Pav.
Thalassiothrix mediterranea var. *pacifica*
Thalassiothrix sp
Pyrrophyta (Dinoflagellatlar)
Achradina pulchra Lohm.
Achradina sulcata Lohm.
Amphidinium curvatum
Amphidinium extensum
Amphidinium sp
Amphisolenia bidentata
Brachydinium capitatum
Centrodinium sp.
Ceratium arietinum
Ceratium arietinum f. *regulare*
Ceratium candelabrum
Ceratium candelabrum v. *curvatum*
Ceratium candelabrum f. *depressum*
Ceratium contortum v. *subcontortum*
Ceratium declinatum
Ceratium extensum (Gourr.) Cl.
Ceratium furca (Ehr.) Clap.&Lachm.
Ceratium furca v. *eugramma*
Ceratium fusus (Ehr.) Dujard.
Ceratium fusus var. *setae* (Ehr.) Jörg.
Ceratium hexacanthum
Ceratium horridum (Cleve) Gran.
Ceratium longipes v. *balticum*
Ceratium macroceros
Ceratium massiliense f. *protuberans*
Ceratium minutum Jörg.
Ceratium pentagonum Gourr.
Ceratium pentagonum f. *robustum*
Ceratium pentagonum f. *subrobustum*
Ceratium pulchellum
Ceratium setaceum
Ceratium sp

Ceratium teres Kof.
Ceratium trichoceros (Ehr.) Kof.
Ceratium tripos (O. F. Müll.)
Ceratium tripos v. atlantica
Ceratium tripos v. pulchellum
Ceratium tripos v. tropidoneis
Ceratocorys horrida Stein
Cladopyxis brachiolata
Cochlodinium brandtii
Cochlodinium sp
Dinophysis acuta Ehr.
Dinophysis caudata Sav.-Kent.
Dinophysis fortii
Dinophysis ovum
Dinophysis sacculus
Dinophysis sp.
Diplopsalis lenticula Bergh
Exuviaella compressa Ostf.
Exuviaella cordata Ostf.
Exuviaella marina Cienk.
Exuviaella sp
Glenodinium foliaceum
Glenodinium paululum Lind.
Glenodinium rotundum
Glenodinium sp.
Glenodinium splendens
Gonyaulax birostris
Gonyaulax diacantha
Gonyaulax diegensis Kof.
Gonyaulax digitalis (Pouchet) Kof.
Gonyaulax monocantha
Gonyaulax polyedra Stein
Gonyaulax polygramma Stein
Gonyaulax sp.
Gonyaulax spinifera (Clap. Et Lachm.) Bütschli.
Gymnodinium crassum
Gymnodinium gracile Bergh
Gymnodinium najadeum Schill.
Gymnodinium pseudonoctiluca
Gymnodinium simplex (Lohm.) Kof.&Swezy
Gymnodinium sp
Gymnodinium splendens Leb.
Gymnodinium variabile
Gymnodinium wulfii Schill.
Gyrodinium flavum
Gyrodinium fusiforme Kof.&Swezy

Gyrodinium lachryma (Meun.) Kof.&Swezy
Gyrodinium nasutum (Wulff) Schill.
Gyrodinium pepo (Schütt) Kof.&Swezy
Gyrodinium pingue (Schütt) Kof.&Swezy
Gyrodinium sp.
Gyrodinium spirale (Bergh) Kof.&Swezy
Massartia rotundata
Ornithocercus heteroporus
Oxytoxum adriaticum Schill.
Oxytoxum caudatum Schill.
Oxytoxum curvatum (Kof.) Kof.
Oxytoxum depressum
Oxytoxum gladiolus Stein
Oxytoxum gracile
Oxytoxum loginum
Oxytoxum longiceps
Oxytoxum longum
Oxytoxum mediterraneum Schill.
Oxytoxum minutum
Oxytoxum ovale
Oxytoxum parvum Schill.
Oxytoxum rampii
Oxytoxum reticulatum
Oxytoxum scolopax Stein
Oxytoxum sp
Oxytoxum sphaeroideum Stein
Oxytoxum tesselatum
Oxytoxum turbo
Oxytoxum variabile Schill.
Oxytoxum viride
Peridinea (Cyst)
Peridinium bispinum
Peridinium breve
Peridinium brochii
Peridinium claudicans
Peridinium conicum
Peridinium crassipes Kof.
Peridinium depressum
Peridinium divergens Ehr.
Peridinium globulus Stein
Peridinium granii Ostf.
Peridinium mediterraneum
Peridinium nipponicum
Peridinium pedunculatum Schütt
Peridinium pellucidum
Peridinium pentagonum
Peridinium pyriforme

Peridinium sinicum Matz.
Peridinium solidicorne
Peridinium sp
Peridinium sphaericum
Peridinium steinii
Peridinium triquetrum (Ehr.) Leb.
Peridinium trochoideum (Stein) Lemm.)
Phalacroma acutum
Phalacroma rotundatum (Clap.&Lachm.)
Phalacroma sp
Podolampas palmipes Stein.
Podolampas spinifera Okam.
Polykrikos hartmanni
Polykrikos schwartzii Bütschli
Pronoctiluca acuta
Pronoctiluca pelagica Fabro-Domer.
Pronoctiluca spinifera
Prorocentrum adriaticum
Prorocentrum dactylus
Prorocentrum gibbosum
Prorocentrum gracile
Prorocentrum micans Ehr.
Prorocentrum scutellum Schröd.
Prorocentrum sp
Prorocentrum triestinum
Protoceratium reticulatum (Clap.&Lachm.)
Bütschli)
Protoceratium sp.
Ptychodiscus noctiluca
Pyrocystis obtusa
Pyrophacus horologicum
Warnowia sp
Chrysophyta
Acanthoica acanthos (Schill.) Delf
Acanthoica coronata
Acanthoica sp
Calcisolenia granii
Calcisolenia granii v.closterium
Calcisolenia granii var. cylindrothecaeformis
Schill.
Calyptrosphaera globosa
Calyptrosphaera mirabilis
Calyptrosphaera oblonga Lohm.
Calyptrosphaera sp
Calyptrosphaera sphaeroidea
Calyptrosphaera uvella
Ceratoithus cristatus

Coccolithinae sp.
Coccolithus fragilis
Coccolithus leptoporus (Murr. Et Black.) Schill.
Coccolithus pelagicus (Wall.) Schill.
Coccolithus sibogae
Coccolithus sp
Coccolithus wallichii (Lohm.) Schill.
Deutschlandia anthos Lohm.
Dictyocha fibula
Dinobryon sp
Discosphaera thomsoni Ostf.
Discosphaera tubifera (Murr. Et Black.) Ostf.
Distephanus crux (Ehr.) Haeckel
Distephanus speculum (Ehr.) Haeckel
Distephanus speculum v. pentagonum
Distephanus speculum v. septenarius
Distephanus speculum v. speculum
Ebria tripartita (Schim.) Lemm.
Emiliania huxleyi (Lohm.) Hay&Mohl.
Halopappus sp.
Halopappus vahselii Lohm
Hermisinium adriaticum Zach.
Lohmanosphaera adriatica
Michaelsarsia splendens
Ophiaster hydroideus (Lohm.) Lohm.
Periphylllophora mirabilis
Pontosphaera echinoyer
Pontosphaera nigra Schill.
Pontosphaera stagnicola
Pontosphaera syracusana
Rhabdosphaera claviger
Rhabdosphaera hispida Lohm.
Rhabdosphaera longistylis Schill.
Rhabdosphaera sp
Rhabdosphaera stylifera Lohm.
Scyphosphaera apsteinii Lohm.
Syracosphaera bifenestrata
Syracosphaera cordiformis
Syracosphaera corii Schill.
Syracosphaera cornifera Schill.
Syracosphaera cupulifera
Syracosphaera echimofera
Syracosphaera heimii Lohmann.
Syracosphaera mediterranea
Syracosphaera prolongata
Syracosphaera pulchra Lohmann.
Syracosphaera quadricornu Schill.

Syracosphaera radiata

Syracosphaera sp

Syracosphaera spinosa

Syracosphaera subsalca

Chlorophyta

Hillea fusiformis (Schill.) Schill.

Poropila dubia Schill.

Pterosperma cristatum Schill.

Pterosperma jorgensenii Schill.

Pterosperma mediterranea

Pterosperma polygonum

Pterosperma sp

Cyanophyta

Nostoc sp

Oscillatoria sp.

Oscillatoria thiebautii

Tanımlanmayan zeytin-yeşili tür

Euglenophyta

Eutreptia lanowii

Eutreptia sp.

Küçük Kamçılılar

Tablo 4.4.2. Zaman serisi çalışmasında saptanan Kopepod türleri

KOPEPODLAR

Acartia clausi Giesbrecht, 1889

Acartia danae Giesbrecht, 1889

Acartia latisetosa Crichagin

Acartia negligens Dana, 1849

Acartia sp.

Acartia tonsa Dana

Acrocalanus gibber Giesbrecht 1888

Acrocalanus longicornis

Acrocalanus monachus

Acrocalanus sp Giesbrecht

Aetideus giesbrechti

Arietellus sp.

Bradyponicus sp.

Calanoides carinatus Wilson

Calanoidae gen. sp.

Calanopia americana Dahl

Calanopia biloba Bowman

Calanopia elliptica

Calanopia levantina

Calanopia metu

Calanopia minor A.Saft, Wilson

Calanopia nova

Calocalanus adriaticus

Calocalanus atlanticus Shmel.
Calocalanus attenuatus gr.
Calocalanus contractus
Calocalanus elegans
Calocalanus elegans
Calocalanus elongatus
Calocalanus gracilis Tanaka
Calocalanus gresei Shmel.
Calocalanus grezei
Calocalanus kristalli
Calocalanus lomonosovi Shmel.
Calocalanus longisetus
Calocalanus minor Shmel.
Calocalanus neptunus
Calocalanus ovalis
Calocalanus pavo Dana, 1849
Calocalanus pavoninus
Calocalanus plumatus
Calocalanus plumulosus Claus, 1863
Calocalanus sp.
Calocalanus styliremis Giesbrecht, 1888
Calocalanus vivesei Shmel.
Candacia aethiopica Dana
Candacia bispinosa
Candacia longimana
Candacia parasimplex Brodsky
Candacia simplex Giesbrecht, 1892
Candacia sp.
Candacia truncata
Canuella furcigera Lang
Centropages Bradyi Wheeler, 1899
Centropages caribbeanensis Taisoo Park
Centropages furcatus (Dana)
Centropages kroyeri
Centropages ponticus
Centropages sp.
Centropages velificatus
Centropages violaceus
Chiridius sp.
Clausocalanus arcuicornis Dana, 1849
Clausocalanus furcatus Brady, 1883
Clausocalanus jobei Frost, Flem
Clausocalanus lividus Frost, Flem
Clausocalanus mastigophorus (Claus)
Clausocalanus minor
Clausocalanus paululus
Clausocalanus parapergens Frost, Flem
Clausocalanus pergens Farr.
Clausocalanus plumulosus
Clausocalanus sp.
Clytemnestra rostrata
Clytemnestra scutellata Dana, 1852
Copepoda sp. (tanımlanamadı)

Copilia mirabilis
Copilia quadrata Dana, 1842
Copilia sp.
Corina granulosa
Corina sp.
Corissa parva
Corycaeidae sp.
Corycaeus clausi
Corycaeus flaccus
Corycaeus furcifer
Corycaeus giesbrechti
Corycaeus limbatus
Corycaeus sp.
Corycaeus speciosus Dana, 1849
Corycaeus typicus Kröyer, 1849
Corycella gracilis
Corycella rostrata
Corycella sp.
Ctenocalanus citer Bowman, Heron
Ctenocalanus sp.
Cyclopina gracilis Claus
Cyclopoidae gen. sp. (tanimlanamadı)
Cymbasoma sp.
Delius nudus Sewell
Diaixis pygmaea T.Scott
Disco mediterranea Gordejeva
Disco sp.
Discoidea mediterranea
Discoidea sp.
Eucalanus attenuatus Dana, 1848
Eucalanus crassus Giesbr
Eucalanus monachus
Eucalanus sewelli Fleminger
Eucalanus sp.
Eucalanus subcrassus Giesbr
Euchaeta acuta Giesbrecht, 1888
Euchaeta hebes
Euchaeta marina Prestandrea, 1833
Euchaeta sp.
Euchirella sp. Giesbrecht
Euterpina acutifrons
Euterpina sp.
Haloptilus acutifrons
Haloptilus longicornis Claus 1863
Haloptilus sp.
Harpacticoida gen.sp. (tanimlanamadı)
Heterorhabdus papilliger Claus, 1863
Heterorhabdus sp.
Lubbockia aculeata
Lubbockia sp.
Lubbockia squillimana Claus, 1863
Lucicutia Clausi Giesbrecht, 1889
Lucicutia flavicornis Claus, 1863

Lucicutia gaussae Grice
Lucicutia gemina Farran, 1905
Lucicutia longicornis
Lucicutia ovalis Wolfenden, 1911
Lucicutia sp.
Macrosetella gracilis Dana, 1852
Mecynocera Clausi J.C. Thompson, 1888
Mesocalanus tenuicornis
Metridia lucens Boeck
Microcalanus pusillus Sars
Microsetella norvegica Boeck, 1864
Microsetella rosea Dana, 1852
Monstrilla sp.
Nannocalanus minor (Claus 1863)
Neocalanus gracilis
Neocalanus robustior Giesbr
Oculosetella gracilis Dana
Oithona atlantica
Oithona attenuata
Oithona calcarva
Oithona decipiens
Oithona fallax Farran
Oithona hamata Rosendorn
Oithona linearis Giesbrecht, 1891
Oithona nana
Oithona plumifera Baird, 1843
Oithona setigera Dana, 1849
Oithona similis Claus, 1863
Oithona simplex
Oithona sp.
Oithona tenuis
Oithona vivida
Oncaeа atlantica Shmel.
Oncaeа bathyalis
Oncea conifera Giesbrecht, 1892
Oncea curta Sars
Oncea dentipes
Oncea ivlevi
Oncea media
Oncea mediterranea Claus, 1863
Oncea minima
Oncea minuta Giesbrecht, 1892
Oncea neobscura Razouls
Oncea notopus Giesbr.
Oncea obscura Farran, 1908
Oncea ornata
Oncea ovalis
Oncea parobscura Shmel.
Oncea prendeli
Oncea similis
Oncea sp.
Oncea subtilis
Oncea tenuimana Giesbr.

Oncaeа tenella
Oncaeа tregoubovi
Oncaeа venella Philippi
Oncaeа venusta
Oncaeа vodjanitskii
Oncaeа zernovi
Pachos punctatum
Paracalanus aculeatus Giesbrecht 1888
Paracalanus denudatus Sewell
Paracalanus dubius
Paracalanus nanus
Paracalanus nudus
Paracalanus parvus (Claus 1863)
Paracalanus sp.
Paradisco sp.
Paroithona parvula Farran, 1908
Paroithona sp.
Parvocalanus crassirostris
Parvocalanus elegans Andronov
Parvocalanus latus Andronov
Parvocalanus sp.
Penilia avirostris
Phaenna sp. Claus
Phaenna spinifera Claus 1863
Pleuromamma abdominalis Lubbock,
1856
Pleuromamma gracilis Claus, 1863
Pleuromamma sp.
Pontellidae sp. (tanimlanamadi)
Pontellina plumata Dana, 1849
Pontellina sp.
Pontoeciella abyssicola
Prodico gracilis
Prodico mediterranea
Prodico sp.
Sapphirina angusta
Sapphirina gemma
Sapphirina ovatolanceolata
Sapphirina sp.
Scaphocalanus sp.
Scolecithricella minor Brady 1883
Scolecithricella sp.
Scolecithrix Bradyi Giesbrecht, 1888
Scolecithrix sp.
Spinocalanus magnuis Wolf
Spinocalanus sp.
Stephos scotti Cr.O.Sars
Temora stylifera Dana, 1848
Xanthocalanus agilis Giesbr.

Tablo 4.4.3. Levantin baseninde ilk defa rapor edilen Kopepod türleri.

Kopepod Türleri	Seyrek	Yaygın	Yoğun
<i>Neocalanus robustior</i> Giesbr	+		
<i>Calanoides carinatus</i> Wilson	+		
<i>Eucalanus crassus</i> Giesbr	+		
<i>Eucalanus subcrassus</i> Giesbr	+		
<i>Eucalanus elongatus</i> (Dana)	+		
<i>Eucalanus sewelli</i> Fleminger	+		
<i>Eucalanus</i> sp.	+		
<i>Xanthocalanus agilis</i> Giesbr.	+		
<i>Scaphocalanus</i> sp	+		
<i>Parvocalanus latus</i> Andronov		+	
<i>Parvocalanus crassirostris</i>			+
<i>Parvocalanus elegans</i> Andronov		+	
<i>Paracalanus denudatus</i> Sewell			+
<i>Delius nudus</i> Sewell		+	
<i>Acrocalanus monachus</i>		+	
<i>Acrocalanus gibber</i> Giesbr.		+	
<i>Calocalanus gresei</i> Shmel.			+
<i>Calocalanus lomonosovi</i> Shmel.	+		
<i>Calocalanus atlanticus</i> Shmel.	+		
<i>Calocalanus minor</i> Shmel.	+		
<i>Calocalanus vivesei</i> Shmel.	+		
<i>Calocalanus gracilis</i> Tanaka		+	
<i>Clausocalanus jobei</i> Frost, Flem	+		
<i>Clausocalanus lividus</i> Frost, Flem		+	
<i>Clausocalanus mastigophorus</i> (Claus)		+	
<i>Clausocalanus pergens</i> Farr.		+	
<i>Clausocalanus parapergens</i> Frost, Flem	+		
<i>Ctenocalanus citer</i> Bowman, Heron		+	
<i>Spinocalanus magnus</i> Wolf	+		
<i>Scolecithricella</i> sp	+		
<i>Diaixis pygmaea</i> T.Scott	+		
<i>Stephos scotti</i> Cr.O.Sars	+		
<i>Centropages furcatus</i> (Dana)		+	
<i>Centropages caribbeanensis</i> Taisoo Park	+		
<i>Microcalanus pusillus</i> Sars		+	
<i>Lucicutia gaussae</i> Grice		+	
<i>Candacia aethiopica</i> Dana	+		
<i>Candacia parasimplex</i> Brodsky		+	
<i>Calanopia americana</i> Dahl	+		
<i>Calanopia biloba</i> Bowman	+		
<i>Calanopia minor</i> A.Saft, Wilson	+		
<i>Calanopia metu</i>		+	
<i>Calanopia levantina</i>	+		
<i>Calanopia</i> sp.	+		

<i>Metridia lucens</i> Boeck		+	
<i>Acartia latisetosa</i> Crichagin	+		
<i>Acartia tonsa</i> Dana	+		
<i>Acartia danae</i> Giesb.		+	
<i>Oithona hamata</i> Rosendorn		+	
<i>Oithona fallax</i> Farran	+		
<i>Oculosetella gracilis</i> Dana		+	
<i>Disco mediterranea</i> Gordejeva	+		
<i>Prodisko</i> sp.	+		
<i>Disko</i> sp.	+		
<i>Oncaeа curta</i> Sars		+	
<i>Oncaeа notopus</i> Giesbr.		+	
<i>Oncaeа venella</i> Philippi		+	
<i>Oncaeа obscura</i> Farr.		+	
<i>Oncaeа atlantica</i> Shmel.	+		
<i>Oncaeа parobscura</i> Shmel.			
<i>Oncaeа neobscura</i> Razouls	+		
<i>Oncaeа tenuimana</i> Giesbr.	+		
<i>Corycaeus</i> sp.	+		
<i>Corycaeus</i> sp. 2.	+		
<i>Canuella furcigera</i> Lang	+		
<i>Cyclopina gracilis</i> Claus	+		
<i>Bradyponicus</i> sp.	+		
<i>Monstrilla</i> sp.	+		

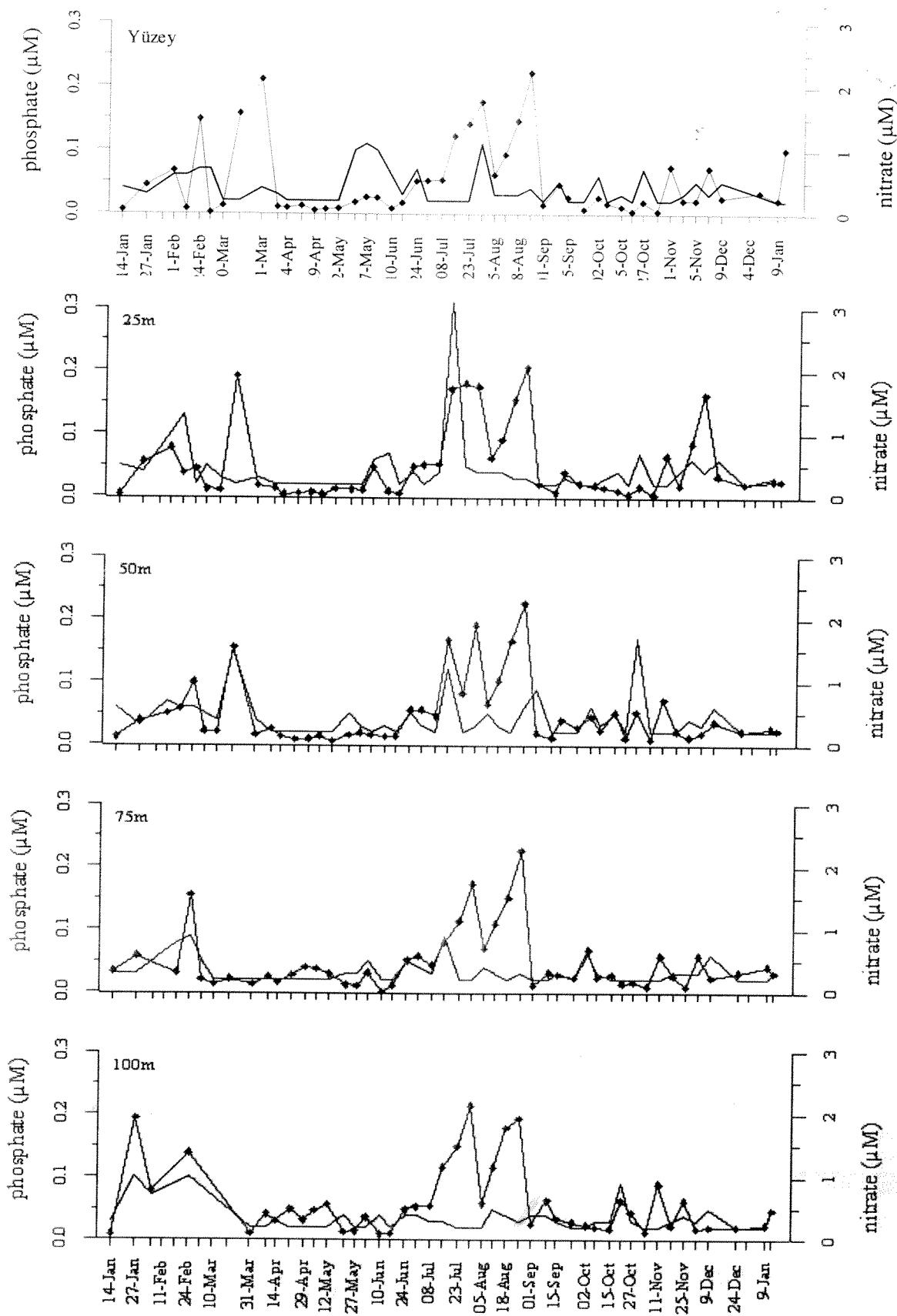
4.4.8.3. Besin Tuzları

Açık, orta ve kıyı istasyonlarında farklı derinliklere ait fosfat ve nitrat derişimlerinde zamanla değişim şekil 4.4-30, 4.4-31 ve 4.4-32'de verilmektedir. Açık istasyonda yüzeyde nitrat konsantrasyonu 0.02 ve 2.23 μM arasında değişmektedir. Kış sonu, ilkbahar başlangıcı ve yaz ortasında önemli artışlar gözlenmiştir. Aralık ve Ocak aylarında tabandan yüzeye dikey karışım nedeniyle üst derinliklere doğru besin tuzları girdisi olmakta ve Ocak ayında artış gösteren bu besin tuzları Şubat ayında fitoplanktonca kullanılmaktadır. Dolayısı ile Şubat içinde fitoplankton biyokütlesinde artış, besin tuzları derişiminde bir azalış söz konusudur. Mart ayında ilk 50 metrede artış gösteren nitrat stoku Nisan ve Mayıs aylarındaki yüksek fitoplankton biyokütlesi tarafından kullanılarak tüketilmiştir. Temmuz ortasından Ağustos sonuna deðin her üç istasyonda örneklenen tüm derinliklerde yüksek oranda nitrat artışı (yaklaşık 2 μM nitrat) gözlenmiştir. Önceden de açıkladığı şekilde bu duruma, o dönemde tüm kita sahanlığını daha derinlerden adveksiyon yolu ile taşıınarak kaplayan, yüksek besin tuzu içeren Atlantik kökenli sular neden olmaktadır. Bu sular göreceli olarak düşük tuzlulukta olup (38.9 ppt) bölgede yaklaşık 1.5 ay kadar kalmıştır. Bu sular derinlerden yukarı taşındığı için özünde yeterince askı yük yani canlı fitoplankton içermemektedir. Dolayısı ile istenildiği kadar diğer faktörler (yüksek besin tuzu derişimi, yeterli ışık) uygun olsa dahi özünde tohumlamayı yapacak hücreleri (fitoplankton) içermemiði için ortam belirli bir süre planktonca fakir kalmaktadır (yüksek besin tuzuna karþın düşük klorofil içeriði fenomenonu – high nutrient low chlorophyll case). Bu süreç Temmuz ortasından sonuna deðin sürmüþ ve Ağustos başından itibaren hücrelerin yeni ortam şartlarına aklimitizasyonu ile Ağustos ortalarına deðin fitoplanktonda belirgin bir artış

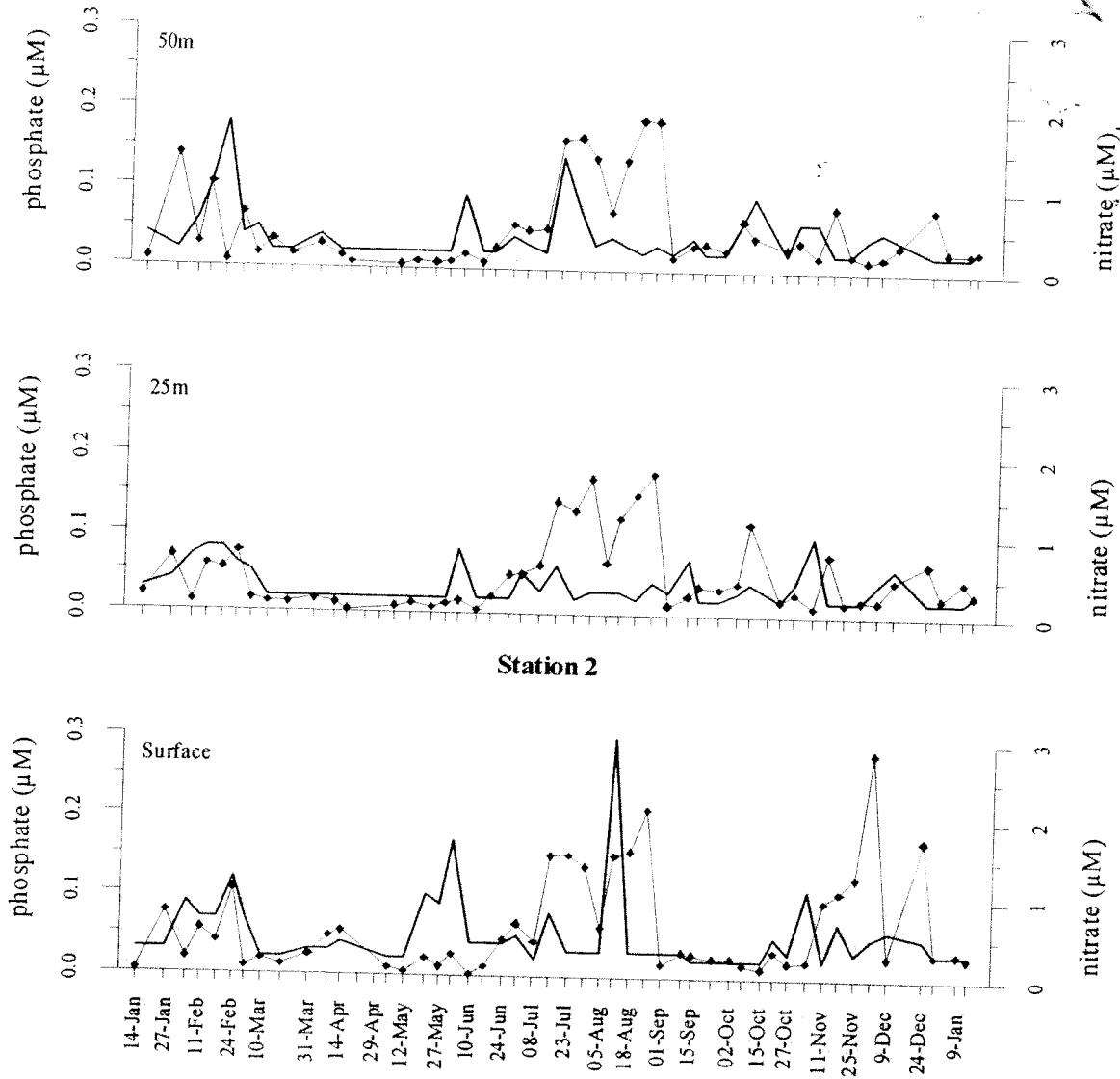
gözlenmiştir. Eylül ayından itibaren artan fitoplankton biyokütlesine paralel olarak besin tuzları derişiminde azalma görülmüştür. Ekim başlarında yüzeydeki yoğun fitoplankton biyokütlesi nitrat derişiminde önemli azalmaya neden olmuştur. 25 m derinlikte nitrat derişimi yüzey ortalamasına oranla 3 kat daha düşük olmuştur. 100 m derinlikte ise diğer üst derinliklerde gözlenmeyen kış sonu artış gözlenmiştir.

Zaman içindeki orta istasyon besin tuzları derişimlerindeki değişimler açık istasyonu ile benzerlikler göstermiştir. Kış dönemi yüzeyden tabana yoğun dikey karışımlarla üst sulara taşınım olmuştur. Yüzeye taşınan besin tuzları fitoplankton tarafından Şubat döneminde yoğun olarak kullanılmıştır. Mart başında bu kullanım daha çok artmış ve fitoplankton biyokütlesi 478 mg/m^3 'e çıkararak besin tuzu derişimlerinde ani bir düşüşe neden olmuştur (Şekil 4.4-31). Nisan ayı içinde fitoplankton biyoması önemli oranda ve sürekli artış göstermiş, dolayısı ile besin tuzları kullanımı artmıştır. İlkbahar sonu yaz başlangıcında fitoplankton aşırı patlamalar yapmış ve yüzeyde mevcut nitratı önemli oranda tüketmiştir. Eylül ve Ekim aylarında yüzeyde besin tuzları kullanım nedeni ile iyice düşmüş ve Kasım ayında nitratta görülen önemli artış fitoplanktonda da aynı şekilde ani ve önemli iniş ve çıkışlara neden olmuştur.

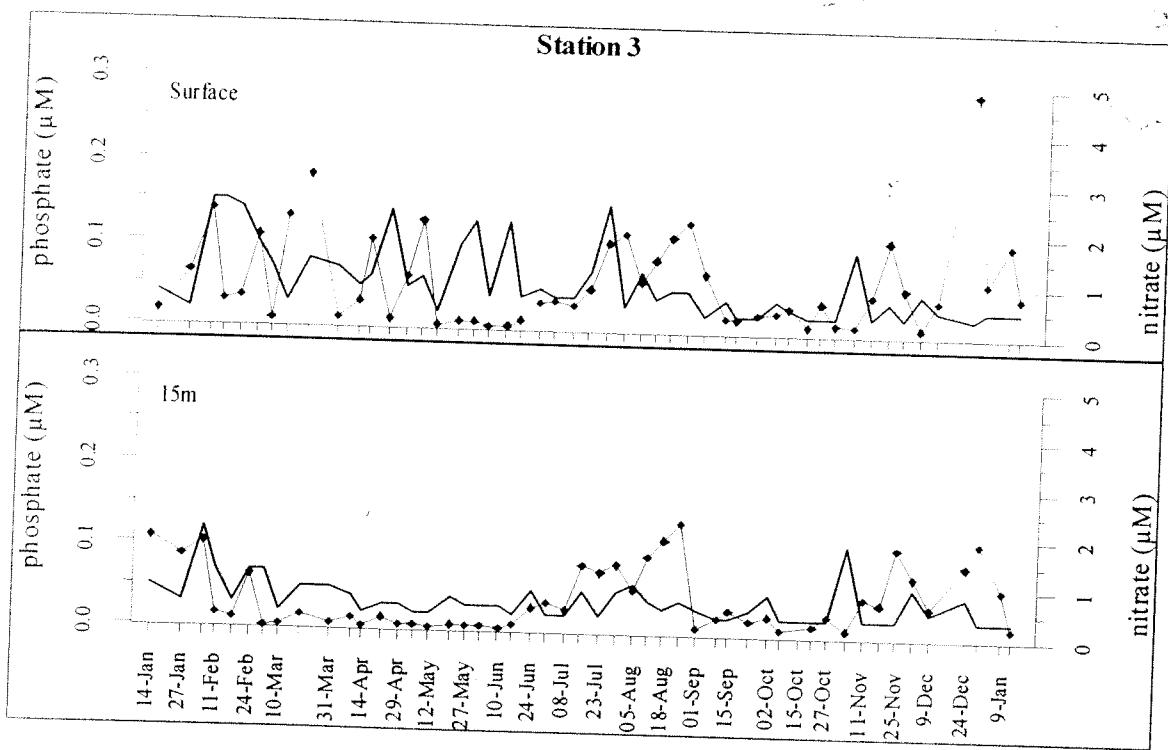
Kıyı istasyonu ise açık ve orta istasyona oranla sığ olması ve kıyısal dinamiklerden, karışımlardan, nehir girdilerinden sık ve düzensiz olarak etkilenmesi nedeni ile özellikle yüzey sularında besin tuzları derişimleri ve fitoplankton biyokütlesi açısından çok farklı bir görüntü vermiştir (Şekil 4.4-32). Kıyı yüzey sularında yıl boyunca, orta ve açık istasyonlara oranla niceł ve nitel açıdan çok yüksek olan fitoplankton üretimine rağmen sürekli girdiler nedeni ile besin tuzlarında belirgin, uzun süreli artış veya azalışlar gözlenmemiştir. Buna karşın 15 m derinlikte ise direkt olarak nehir girdilerinden etkilenmediği için belirgin azalma ve artış süreçleri göze çarpmaktadır.



Şekil 4.4-30. Açık istasyonunda farklı derinliklerde fosfat (düz çizgi) ve nitrat (ışaretli çizgi) konsantrasyonlarında zamanla değişim.



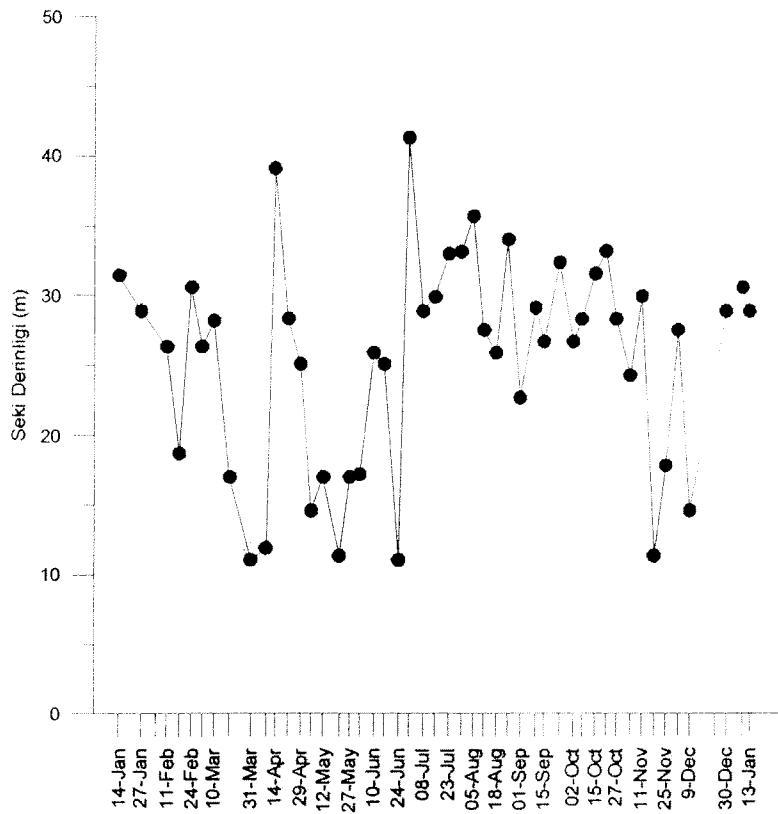
Şekil 4.4-31. Orta istasyonda farklı derinliklerde fosfat (düz çizgi) ve nitrat (işaretli çizgi) konsantrasyonlarında zamanla değişim.



Şekil 4.4-32. Kıyı istasyonunda farklı derinliklerde fosfat (düz çizgi) ve nitrat (işaretli çizgi) konsantrasyonlarında zamanla değişim.

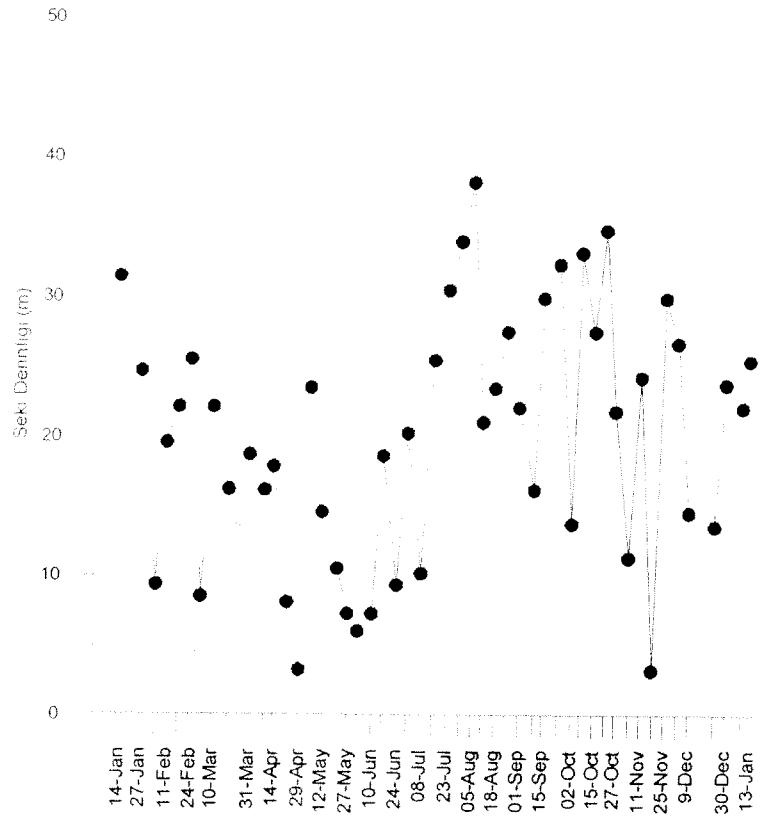
4.4.8.4. Seki Derinliği

Seki derinliği ortamda askı yük miktarının azalış veya artışı ile ters orantılı olarak artış veya azalış göstermektedir. Açık istasyonda yıl boyunca seki derinliği en yüksek 41.3 m ve en düşük 11 m arasında değişim göstermiş ve ortalama seki derinliği 25.5 m olmuştur (Şekil 4.4.33). Fitoplankton patlamalarının yoğun olarak gözleendiği ilkbahar aylarında seki derinliğinde önemli düşüş gözlenmiştir. Buna karşın planktonca verimsiz yaz ve sonbahar dönemlerinde ise seki derinliğinde artış söz konusudur.



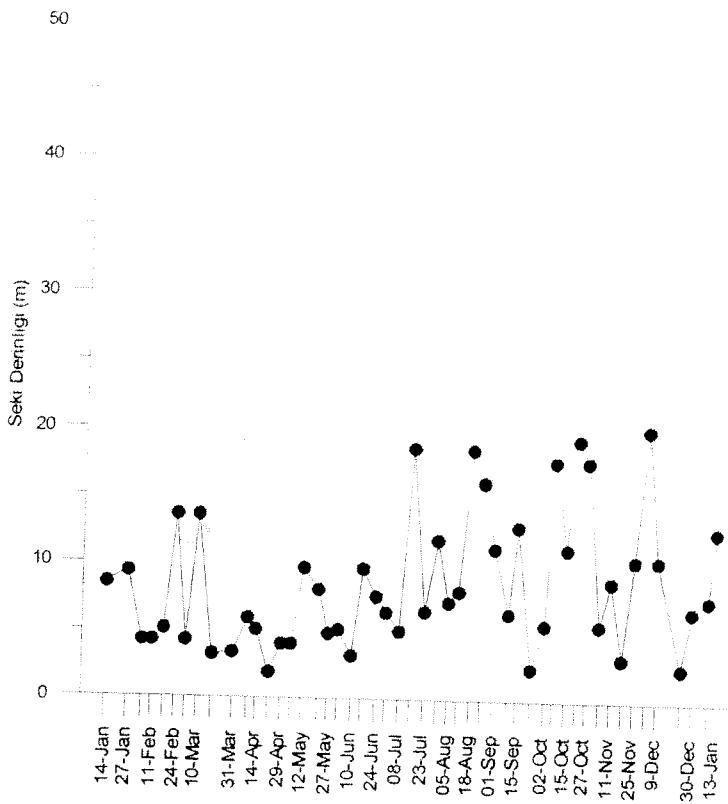
Şekil 4.4.33. Açık istasyonda zamanla seki derinliğinde değişimler.

Orta istasyonda yıl boyunca seki derinliği en yüksek 38.2 m ve en düşük 3.2 m arasında değişim göstermiş ve ortalama seki derinliği 20 m olmuştur (Şekil 4.4.34). Açık istasyona oranla bu istasyon kıyısal girdilerden daha çok etkilendiği için ani fitoplankton patlamalarına daha sıkça rastlanılmıştır. Kış sonu, İlkbahar ve İlkyaz dönemlerinde sıkça rastlanan fitoplankton patlamaları nedeni ile genelde seki derinliğinde ani ve büyük düşüşler gözlenmiştir. Yaz sonu ve sonbahar dönemlerinde arası gözlenen patlamaların yanısıra genelde düşük üretim nedeni ile seki derinliğinde artış söz konusudur.



Şekil 4.4.34. Orta istasyonda zamanla seki derinliğinde değişimler.

Kıyı istasyonda ise açık ve orta istasyonlara oranla çok farklı bir durum oluşmuştur. Kıyıda yıl boyunca seki derinliği en yüksek 20.5 m ve en düşük 2 m arasında değişim göstermiş ve ortalama seki derinliği 8.6 m olmuştur (Şekil 4.4.35). Açık istasyon ile kıyı istasyon arasında yıl boyunca ortalama değerler baz alındığında üretim açısından 6.3, seki derinliği açısından 3 kat bir fark mevcuttur. Kıyıda kış sonu ve ilkbahar döneminde birincil üretmeye bağımlı olarak seki derinliklerinde belirgin düşüşler gözlenmiştir.



Şekil 4.4.35. Kıyı istasyonda zamanla seki derinliğinde değişimler.

4.5 Balıkçılık

4.5.1 Giriş

Akdeniz tarihsel gelişimi içerisinde pekçok kez kapanmış, yeniden oluşmuş ve kimi zamanda buzlar altında kalmıştır. Her defasında da fauna ve flora yok olmuş ve Akdeniz yeniden yurtlandırılmıştır. Son olarak Pliocene ve Pleistocene döneminde Akdeniz'in Atlantik Okyanusuna bağlanmasıдан sonra basen iliman Atlantik kökenli türlerce yurtlandırılmıştır. öte taraftan Doğu Akdeniz, yıllık ortalama yüzey sıcaklığı dikkate alındığında subtropik hatta tropiğe yakın iklim kuşağında yer almaktadır. Bu durumda yaşayan türlerin kökeni ile içerisinde yaşadıkları iklim kuşağı arasında çelişki olduğundan biyolojik çeşitlilik kısıtlı kalmıştır. Akdeniz kendi içerisinde tür zenginliği açısından karşılaştırıldığında yakın bir geçmişe kadar batı Akdeniz'in doğu Akdeniz'e göre çok daha zengin olduğu ortaya çıkmaktadır.

1869'da Kızıldeniz'in Süveyş kanalı yoluyla Akdeniz'e bağlanması takiben IndoPasifik kökenli iliman deniz türlerin Akdeniz'e geçişleri gerçekleşmiştir. İlk önceleri Nil nehrinin tatlısu havzası Süveyş kanalının çıkışını etkilediğinden Lesespiyen türlerin Akdeniz'e geçisi kısıtlı kalmış, ancak 1964-70 yıllarında Aswan barajı için Nil nehrinin sularının tutulmaya başlamasını takiben Süveyş kanalı önündeki tatlısu bariyeri kalkmış ve türler serbestçe Akdeniz'e geçip yayılım göstermeye başlamıştır. Bugün toplam 55 balık türünün bu yolla Akdeniz'e geçtiği rapor edilmiştir (Golani, 1993)

Bu türlerin bir bölümü Akdeniz ekosistemine hidrolojik yapı bakımından son derece uygun olduklarından yeni ortama kolayca uyum sağlamışlardır. Bugün bazı Lesespiyen türlerin dağılımı Ege Denizine kadar ulaşmıştır. Ülkemizde çeşitli zamanlarda yapılan araştırmalar sonucunda Akdeniz sahillerimiz boyunca çok

önemli oranlarda Lesepsiyen türün yayılım gösterdiği, hatta ekonomik olarak avlanıldığıları bulunmuştur (Akyüz, 1957; Gücü ve ark, 1994; Gücü ve Bingel 1995, Bizsel ve Cihangir, 1997). Ancak göçün sürekli devam etmesi ve yeni yeni türlerin ekosisteme dahil olarak değişimlere sebep olması Lesepsiyen balıkların izlenmesini zorunlu kılmaktadır.

Diğer taraftan Türkiye'nin Akdeniz sahilinde ilk balıkçılık araştırmaları 1950'lere kadar gitmektedir. 1953'te Numann ilk bilimsel araştırmayı gerçekleştirmiştir (özarslan, 1974) ve bu Aasen ve Akyüz (1956) ve Akyüz (1957) tarafından İskenderun Körfezi balıkçılığının durumunu inceleyen çalışmalarla devam etmiştir. Bölgedeki balık stokları İsraili araştırmacılarca da incelenmiş ve özellikle derin su stoklarının varlığına dikkat çekilmiştir (Ben Yami, 1971). Daha sonra yöre balıkçılığının geliştirilmesi amacıyla Devlet Planlama Teşkilatı'ncı desteklenen ve 1980-1984 dönemini kapsayan bir çalışma Bingel (1981, 1982, 1987) ve Bingel ve ark. (1993) tarafından gerçekleştirılmıştır. Gücü ve Bingel (1993) yöredeki en önemli ticari balıklardan biri olan barbunya stoklarını incelemiş ve bu balık türü için uygulanması gereken balıkçılık yönetim planı önermiştir. Bölge balıkçılığında önemli bir rol oynayan Kızıldeniz göçmeni balıkların balıkçılığa etkileri Gücü ve ark. (1994) tarafından incelenmiştir. Gücü ve Bingel (1994a) yöredeki av kompozisyonunu inceleyerek farklı derinliklerde oluşmuş komünite yapılarını belirlemiştir. Yine aynı araştırmacılar Türkiye'nin Akdeniz sahilleri boyunca uygulanmakta olan avcılığı yorumlayarak uygulanması gereken balıkçılık yönetim planları hazırlamışlardır (Gücü ve Bingel, 1994b). Daha sonraları Gücü (1995, 1997) balıkçılık ekosisteminin matematiksel modelini hazırlamış ve türler arasındaki ilişki ve bunun balıkçılıkla olan ilişkilerini tanımlamıştır.

Bu çalışmalar sonucunda ortaya çıkan sonuç Doğu Akdeniz sahilinin ve özellikle de Batı İçel sahillerindeki dar kıyı sahanlığına sahip bölgenin balık stokları açısından oldukça fakir olmasıdır. Ancak yörenin sosyo-ekonomik yapısından kaynaklanan olaksızlıklar nedeni ile balıkçılık son yıllarda iş alanı olarak önem kazanmıştır. Önceleri küçük kıyı balıkçılığı şeklinde başlayan avcılık, bilinçsiz yaklaşımlar nedeni ile trol ve gırırg gibi gelişmiş avcılık yöntemleriyle devam etmiştir. Kıt sahanlığının dar olmasından dolayı yörede uygulanan 3 mil yasağına uymayan troller kısa sürede bölgedeki balık stoklarını yıpratmışlardır. Avın azalması ile giderek daha çok kıyıya yaklaşan troller buralarda bulunan deniz çayırlarının ve balıkların yavruluk alanlarının (nursery ground) tahribine neden olmuşlardır. Bölgedeki Sahil Güvenlik kontrolleri 1997 yılına kadar Alanya ve Taşucu'nda üstlenen Sahil Güvenlik botları yürüttüğünden son derece yetersiz kalmıştır. Bunun sonucuda 1980'li yıllarda önemli balık stoklarına sahip olan bölge bugün verimsizleştirilmiştir. Bunun yanında tür zenginliğinde de önemli azalmalar dikkati çekmektedir. 1997 yılında Bozyazı limanına bir Sahil Güvenlik botu gönderilmiş, 1999 yılı başında da bir sürat motoru ile kontrol kuvvetleri güçlendirilmiştir. Ancak Sahil Güvenlik botunun kapsam alanının çok geniş olması nedeni ile belli bölgelerde etkin olamamıştır. Bu bölgelerin başında botun bağlı bulunduğu Bozyazı limanı civarı gelmektedir. Kontrollerin etkinleştirilmesinin ardından bir yıl gibi kısa sürede balık stoklarında toparlanma yöre balıkçıları tarafından hissedilmeye başlanmıştır. Kızılliman burnunun doğusunda kalan kesim ise Sahil Güvenlik kuvvetlerinin etkin olamaması nedeni ile artık Bozyazı önlerinde avlanamayan trollerin başlica av sahası olmuştur.

Bugün Akdeniz'de balıkçılığın dağınık yapısı, balık türlerinin çeşitliliği ve özellikle Akdeniz balıkçılık kültürü dikkate alındığında bilinen klasik yöntemlerle balıkçılık yönetim planlarının yapılamadığı ortak görüş olarak bilim camiasında dile getirilmektedir. Son yıllarda Akdeniz'de balıkçılığın yönetiminde uygulanabilecek en

uygun yöntem olarak anılan "Kumbaralık" alanlar (No-Fish-Zone) gerek balık stoklarında sürdürülebilir yüksek ürünün elde edilmesinde gerekse biyolojik çeşitliliğin korunmasında dikkat çekmektedir.

Sonuç olarak sunulan raporda Doğu Akdeniz Balık ve Balıkçılığı 3 aşamalı olarak incelenmiştir. İlk aşamada Lesepsiyen balıkların Doğu Akdeniz ekosistemindeki yeri doğu Akdeniz genelinde incelenmiştir. İkinci aşamada sabit 3 istasyondaki değişimler izlenmiştir. Son aşamada ise 20 yıllık zaman dilimi içerisinde dar kıt sahanlığına sahip alanda balıkçılık etkisi ile meydana gelen değişimler ile koruma altına alınan yıpranmış bir ekosistemin gelişimi izlenmeye başlanmıştır.

4.5.2 Materyal ve Metodlar

Kuzeydoğu Akdeniz balık faunasına Kızıldeniz yoluyla katılan Indo-Pasifik kökenli balıkların ekosistemdeki yerlerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada örneklemeye aylık değişimlerin izlenmesi amacıyla Temmuz 1996-Haziran 1999 tarihleri arasında, ODTÜ DBE açıklarında, farklı derinliklerdeki 3 istasyonda (Tablo 4.5-1) ve basen genelindeki durumun belirlenmesi amacıyla da Kasım 1996 da Kıbrıs, Mersin ve İskenderun körfezlerini kaplayacak şekilde 14 istasyonda gerçekleştirılmıştır (Tablo 4.5-2). Ayrıca Kilikya'nın dar kıt sahanlığına sahip batı sahillerindeki değişimin incelenmesi için Şekil 4.5-1'de verilen haritada gösterilen istasyonlarda 4 Mayıs 1999 ve 5 Kasım 1999 tarihlerinde 2 sefer düzenlenmiştir (Tablo 4.5-3.). örneklemelerin tümü trol ağları kullanılarak yapılmıştır. Trol ağ göz genişliği torbada 22 mm'dir. Trol çekim süresi taban yapısı, av verimi ve hava şartları dikkate alınarak 30-60 dakika arasında tutulmuştur. Trol derinlikleri Gücü ve Bingel (1995)'in gerçekleştirdikleri araştırma sonucunda farklılaşmış olarak buldukları 0-25 metre (yakın kıyı-infralittoral zon), 25-50 metre (geçiş zonu) ve 50 -100 metre (circalittoral zon) olarak seçilmiştir. Seferler farklı araştırma tekneleri kullanılarak gerçekleştirilmiş olup bu teknelere ait özellikler Tablo 4.5-4'de verilmiştir.

Tablo 4.5-1. Aylık örneklemeye tablosu

Tarih	İstasyon derinlikleri		
23 Temmuz 1996	21-32	50-45	70-64
29 Ağustos 1996	20-25	40-50	50-75
13 Eylül 1996	18-22	30-48	Ağ iptal edildi
16 Ekim 1996	21-32	40-50	50-75
14 Kasım 1996	Fırtına nedeniyle çalışma iptal edildi		
10 Aralık 1996	21-25	35-50	50-75
28 Nisan 1998	21-25	35-50	50-75
26 Mayıs 1998	21-25	35-50	50-75
17 Haziran 1998	21-25	35-50	50-75
14 Temmuz 1998	21-25	35-50	50-75
28 Eylül 1998	21-25	35-50	50-75
23 Ekim 1998	21-25	35-50	50-75
4 Mart 1999	21-25	35-50	50-75
22 Nisan 1999	21-25	35-50	50-75
28 Mayıs 1999	21-25	35-50	50-75
22 Haziran 1999	21-25	35-50	50-75

Tablo 4.5-2. Kuzeydoğu Akdeniz seferinde yapılan örneklemeye istasyonları

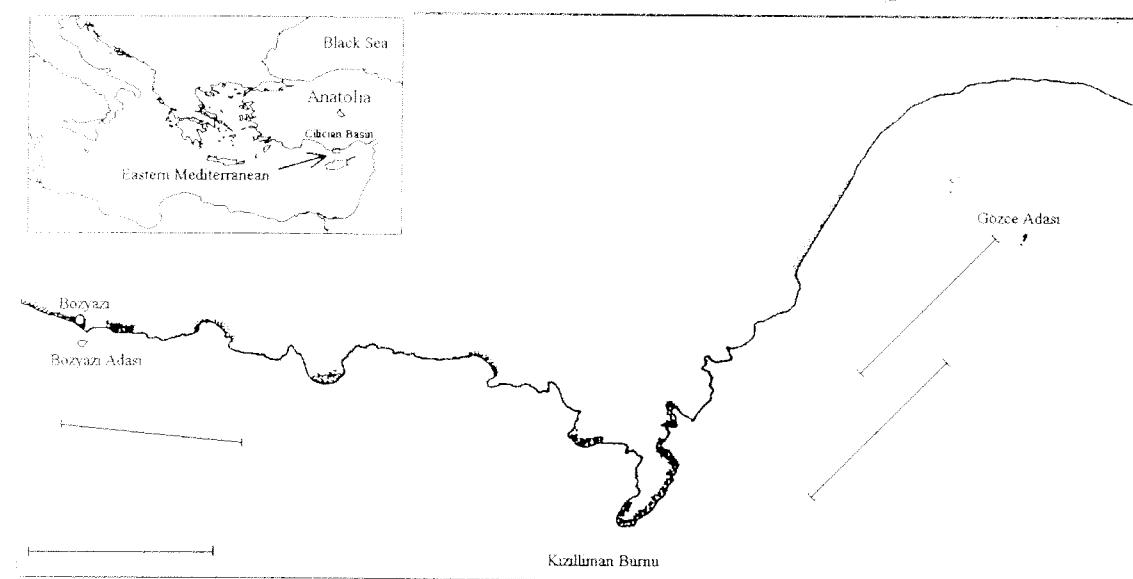
İstasyon No	Başlangıç Boylamı	Başlangıç Enlemi	Bitiş Boylamı	Bitiş Enlemi	Derinlik (m)
1	36.3158	34.1448	36.3259	34.1575	58-56
2	36.3783	34.5437	36.3550	34.5755	36-39
3	36.3806	35.0216	36.3606	35.0362	14-19
4	36.3049	35.2410	36.3061	35.2515	17-17
5	36.3157	35.3826	36.3269	35.3929	67-64
6	36.4167	36.0186	36.4252	36.0336	63-61
7	36.5023	36.0274	36.4927	35.5890	40-46
8	36.4828	35.5280	36.4704	35.5160	20-22
9	36.3878	35.4278	36.3623	35.4074	49-38
10	36.1996	35.0682	36.2123	35.0526	77-79
11	36.3177	34.5643	36.3308	34.5486	57-54
12	36.4372	34.3504	36.4199	34.3134	22-29
13	35.1164	33.5674	35.1056	33.5783	70-76
14	35.1734	32.5308	35.1899	32.5340	83-90

Tablo 4.5-3. Batı Kilikya dar kör sahanlığı balık stoklarının izlenmesi seferinde seçilen örneklemeye istasyonları

İstasyon No	Başlangıç Boylamı	Başlangıç Enlemi	Bitiş Boylamı	Bitiş Enlemi	Derinlik (m)
1	36.3158	34.1448	36.3259	34.1575	53
2	36.3783	34.5437	36.3550	34.5755	59
3	36.3806	35.0216	36.3606	35.0362	37
4	36.3049	35.2410	36.3061	35.2515	37
5	36.3157	35.3826	36.3269	35.3929	27
6	36.4167	36.0186	36.4252	36.0336	40
7	36.5023	36.0274	36.4927	35.5890	65
8	36.4828	35.5280	36.4704	35.5160	35
9	36.3878	35.4278	36.3623	35.4074	15
10	36.1996	35.0682	36.2123	35.0526	58

Tablo 4.5-4. Trol çekimlerinde kullanılan araştırma teknelerinin ve ağılarının özelliklerini

TEKNE ADI / YAPISI	TEKNE UZUNLUĞU (m)	MOTOR GÜCÜ HP	KURŞUNLU HALAT UZUNLUĞU (HEADROPE)	AĞ Göz AÇIKLIĞI
R/V Lamas	16.5	120	19 metre	28 mm
R/V Bilim	40	750	42 metre	28 mm
Hacı Ahmet Ali	19	190	36 metre	28 mm



Şekil 4.5-1. 1999 yılında infralittoral ve sirkalittoral zonlarda gerçekleştirilen trol çekimlerinin yerleri.

Balık stoklarının ne kadar yıpratıldığıın sayısallaştırılabilmesi için geçmiş ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'nce Devlet Planlama Teşkilatı desteği ile henüz yöre stokları yıpratılmamış durumda olduğu 1983-84 yıllarında gerçekleştirilen araştırmada örneklemeye yapılan istasyonlar seçilmiştir ve Kızılırmak Burnu'nun batısında ve doğusunda farklı littoral (infralittoral ve sirkalittoral) zonlarda trol çekimleri yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı alanlar Şekil 4.5-1'de verilen harita üzerinde gösterilmiştir. Araştırmamanın yapıldığı mevsim yine karşılaşmaların anlamlı olması bakımından aynı tutulmuş ve trol seferi 4 Mayıs 1999'da gerçekleştirilmiştir. Trol çekim süresi 1984 yılında 15 dakika ile sınırlı tutulmasına rağmen geçen 15 yıllık süre içerisinde balık stoklarındaki azalma dikkate alınarak trol çekim süresi bu araştırmada iki katına çıkartılmıştır. Elde edilen sonuçlar daha sonra 30 dakikaya standardize edilmiştir.

Trol çekimlerinde yakalanan balıklar türlerine göre ayrıldıktan sonra ağırlıkları gram cinsinden ölçülmüştür. Daha sonra balıkların total boyları santimetre cinsinden (en yakın cm aralığına tamamlanarak) ölçülmüştür.

Trol çekimlerinde kullanılan araştırma teknelerinin ve ağılarının özellikleri Tablo 4.5-4'de verilmiştir. Her üç teknenin boyları ve motor güçleri farklı olmasına rağmen, çalışmalarda trol çekim hızı sabit tutulduğundan av gücünde önemli bir fark olmadığı kabul edilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi çalışmalarda kullanılan ağıların göz açıklıkları aynıdır, ancak kullanılan trol ağılarının taradığı alanı belirleyen kurşunlu halat (headrope) uzunlukları birbirinden farklıdır. Bu farklılığın biyokütle değerlerinde hataya yol açmaması için, av değerleri trol ağılarının kanat açma boyları (wing spread) oranı ile çarpılarak düzeltilmiştir. Kanat açma boyu, WS, Sparre and Venema (1992) tarafından verilen

$$WS = h * X_2$$

ilintisi kullanılarak hesaplanmıştır. Burada h kurşunlu halat botunu (head rope), X_2 halatin bükülme oranıdır. X_2 Bingel (1981) tarafından doğu Akdeniz'de kullanılan troler için 0.6 olarak verilmiştir.

4.5.3 Sonuçlar

Araştırma sırasında gerçekleştirilen tüm seferler boyunca 54 familyaya ait 115 tür balık tespit edilmiş olup bunlardan 20 tanesi Süveyş kanalı yoluyla Akdenize geçen Lesepsiyen türlerdendir (Tablo 4.5-5).

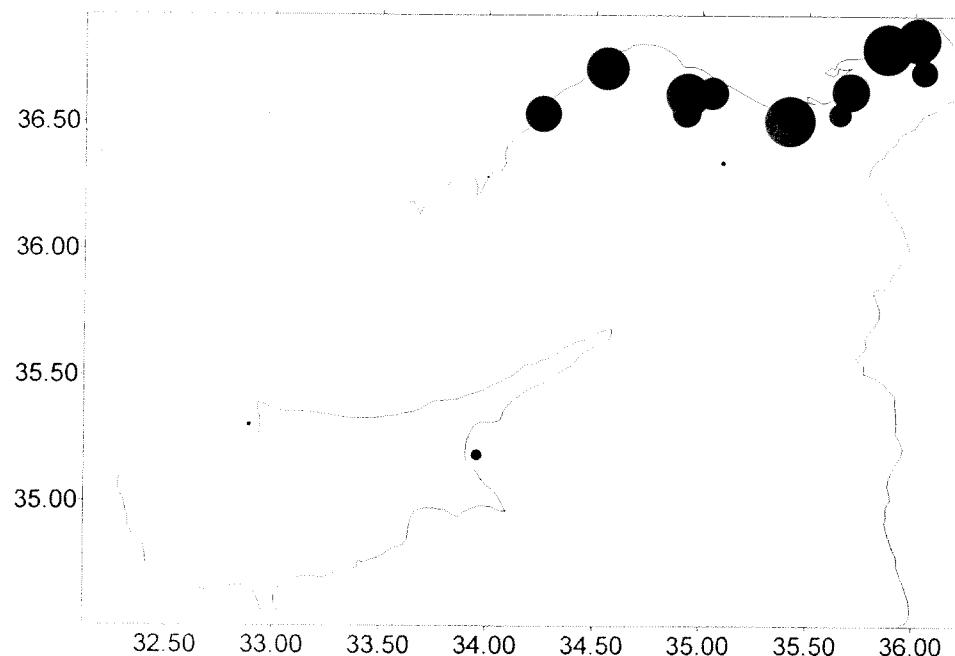
Tablo 4.5-5. Tüm seferler boyunca elde edilen balık türleri (altı çizili olarak verilenler Lesepsiyen balıklardır).

Scyliorhinidae	Synodontidae
<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Saurida undosquamis</i> (Richardson, 1848)
Triakidae	<i>Synodus saurus</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Mustelus mustelus</i> (Linnaeus, 1758)	Muraenidae
Rhinobatidae	<i>Muraena helena</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Rhinobatos rhinobatos</i> (Linnaeus, 1758)	Ophichthidae
Torpedinidae	<i>Echelus myrus</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Torpedo marmorata</i> (Risso, 1810)	Macroramphosidae
<i>Torpedo nabiliana</i> (Bonaparte, 1835)	<i>Macroramphosus scolopax</i> (Linnaeus, 1758)
Rajidae	Syngnathidae
<i>Raja (Raja) clavata</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Hippocampus hippocampus</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Raja (Raja) miraletus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Hippocampus ramulosus</i> (Leach, 1814)
<i>Raja (Raja) radula</i> (Delaroche, 1809)	<i>Syngnathus sp.</i>
Dasyatidae	Merlucciidae
<i>Dasyatis pastinaca</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)
Gymnuridae	Holocentridae
<i>Gymnura altevela</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Sargocentron rubrum</i> (Forsskal, 1775)
Myliobatidae	Zeidae
<i>Myliobatis aquila</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Zeus faber</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Pteromylaeus bovinus</i> (E. Geoffroy St.-Hilaire, 1817)	Serranidae
Clupeidae	<i>Epinephelus aeneus</i> (Geoffroy St. Hilaire, 1809)
<i>Dussumeria acuta</i> (Valenciennes, 1847)	<i>Mycteroperca rubra</i> (Bloch, 1793)
<i>Etrumeus teres</i> (DeKay, 1840)	<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	<i>Serranus hepatus</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	<i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Sardinella maderensis</i> (Lowe, 1839)	Teraponidae
Engraulidae	<i>Pelates quadrilineatus</i> (Bloch, 1790)
<i>Engraulis encrasiculus</i> (Linnaeus, 1758)	Apogonidae
Cepolidae	<i>Apogon (Apogon) imberbis</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Apogon taeniatus</i> (Cuvier, 1828)
	Sparidae

<i>Cepola rubescens</i> (Linnaeus, 1766)		
Pomatomidae		
<i>Pomatomus saltator</i> (Linnaeus, 1766)		
Carangidae		
<i>Alectis alexandrinus</i>		
<i>Alepes djedaba</i> (Forsskal, 1775)		
<i>Caranx cryos</i> (Mitchill, 1815)		
<i>Caranx ronchus</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)		
<i>auriga</i> (Valenciennes, 1843)		
<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)		
<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)		
Leiognathidae		
<i>Leiognathus klunzingeri</i>		
Haemulidae		
<i>Pomadasys incisus</i> (Bowdich, 1825)		
Sciaenidae		
<i>Argyrosomus regius</i> (Asso, 1801)		
<i>Umbrina cirrosa</i> (Linnaeus, 1758)		
Sillaginidae		
<i>Sillago sihama</i> (Forsskal, 1715)		
Mullidae		
<i>Mullus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Mullus surmuletus</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Upeneus asymmetricus</i> (Lachner, 1954)		
<i>Upeneus moluccensis</i> (Bleeker, 1855)		
Trachinidae		
<i>Trachinus araneus</i> (Cuvier, 1829)		
<i>Trachinus draco</i> (Linnaeus, 1758)		
Uranoscopidae		
<i>Uranoscopus scaber</i> (Linnaeus, 1758)		
Siganidae		
<i>Siganus luridus</i> (Ruppell, 1828)		
<i>Siganus rivulatus</i> (Forsskal, 1775)		
Trichiuridae		
<i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)		
Scombridae		
<i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1780)		
Gobiidae		
<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i> (Valenciennes, 1837)		
<i>Iascaris</i> (Risso, 1810)		
<i>Gobius niger</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Oxyurichthys papuensis</i> (Valenciennes, 1837)		
Boopidae		
<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Dentex dentex</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Dentex macrophthalmus</i> (Bloch, 1791)		
<i>Diplodus annularis</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Diplodus sargus sargus</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Diplodus vulgaris</i> (E. Geoffroy St.-Hilaire, 1817)		
(Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)		
<i>Lithognathus mormyrus</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1826)		
<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Pagrus aurata</i> Linnaeus, 1758		
Centracanthidae		
<i>Centracanthus cirrus</i> (Rafinesque, 1810)		
<i>Spicara flexuosa</i> (Rafinesque, 1810)		
<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)		
Pomacentridae		
<i>Chromis chromis</i> (Linnaeus, 1758)		
Labridae		
<i>Coris julis</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Pteragogus pelycus</i> (Randall, 1981)		
<i>Symphodus ocellatus</i> (Forsskal, 1775)		
<i>Symphodus rostratus</i> (Bloch, 1797)		
<i>Xyrichtys novacula</i> (Linnaeus, 1758)		
Scaridae		
<i>Parisoma (Eucarus) cretense</i> (Linnaeus, 1758)		
Triglidae		
<i>Lepidotrigla cavillone</i> (Lacepede, 1801)		
<i>Trigla lucerna</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Trigla lyra</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Triglaporus lastoviza</i> (Bonnaterre, 1788)		
Citharidae		
<i>Citharus linguatula</i> (Linnaeus, 1758)		
Bothidae		
<i>Arnoglossus imperialis</i> (Rafinesque, 1810)		
<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum, 1792)		
<i>Bothus podas</i> (Delaroche, 1809)		
Soleidae		
<i>Microchirus ocellatus</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Microchirus varigatus</i> (Donovan, 1802)		
<i>Monochirus hispidus</i> (Rafinesque, 1814)		
<i>Solea vulgaris</i> (Quensel, 1806)		
Cynoglossidae		

Callionymidae		<i>Cynoglossus sinus arabici</i> (Chabanaud, 1931) (Valenciennes, 1837)
<i>Callionymus</i>	<i>filamentosus</i>	<i>Syphurus nigrescens</i> (Rafinesque, 1810)
Blenniidae		Echeneididae
<i>Blennius ocellaris</i> (Linnaeus, 1758)		<i>Echeneis naucrates</i> (Linnaeus, 1758)
Sphyraenidae		Balistidae
<i>Sphyraena</i>	<i>chrysoteania</i>	(Klunzinger, 1884)
<i>Sphyraena sphyraena</i> (Linnaeus, 1758)		<i>Balistes carolinensis</i> (Gmelin, 1788)
<i>Sphyraena viridensis</i> (Cuvier, 1829)		Monacanthidae
Mugilidae		<i>Stephanolepis diaspros</i> (Fraser-Brunner, 1940)
<i>Liza ramada</i> (Risso, 1826)		Tetraodontidae
Scorpenidae		<i>Lagocephalus spadiceus</i> (Richardson, 1844)
<i>Scorpaena notata</i> (Rafinesque, 1810)		
<i>Scorpaena porcus</i> (Linnaeus, 1758)		
<i>Scorpaena scrofa</i> (Linnaeus, 1758)		

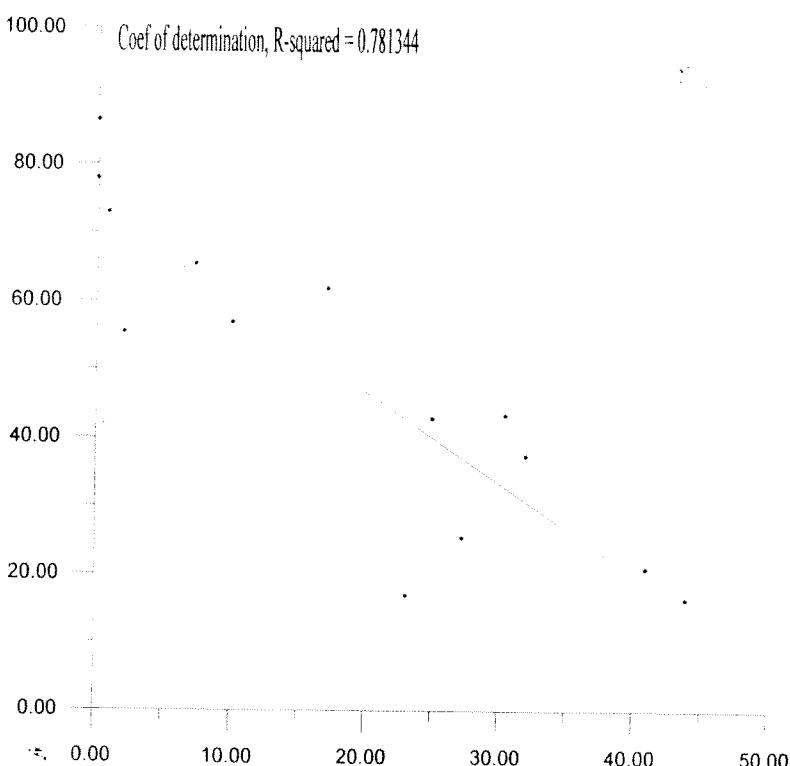
Bölgesel olarak elde edilen toplam tür sayısında Lesepsiyen balıkların oranları Şekil 4.5-2'de gösterilmiştir. Mersin ve İskenderun körfelerinde kıyı kesiminde yakalanan türlerin ortalama olarak %24'lük bir bölümünü Lesepsiyen türler oluşturmaktadır (Şekil 4.5-3.). Kıbrıs sahillerinde yeterli sayıda trol çekimi yapılamamakla beraber oldukça düşük sayıda Lesepsiyen balığa rastlanmıştır.



Şekil 4.5-2. Lesepsiyen balıkların toplam tür sayısındaki oranları (%)

Lesepsiyen türlerin toplam tür kompozisyonun içerisindeki değişimleri derinliğe göre incelendiğinde genel olarak derin sularda daha az Lesepsiyen türe rastlandığı dikkati

çekmektedir. Şekil 4.5-3'te derinliğe karşı Lesepsiyen türlerin oranları verilmiş ve istatistik olarak oldukça iyi bir uyum bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.5-3. Lesepsiyen tür sayısının derinlikle olan ilişkisi

Lesepsiyen türlerin toplam av içerisindeki oranlarının bölgesel dağılımı ise Şekil 4.5-4'de gösterilmiştir. Bu şekle göre İskenderun körfesinin özellikle sığ suları Lesepsiyen türlerin önemli miktarlara ulaştığı alanlardır. Bu türler toplam avın %44'ünü oluşturacak seviyelere ulaşabilmektedirler. Sefer esnasında elde edilen toplam avın tür kompozisyonu ve avdaki yüzdeleri Tablo 4.5-6'da verilmiştir. Bu tabloya göre bölgede trol avcılığından harcanan güç başına düşen av miktarının %20'sini Lesepsiyen türler oluşturmaktadır. Ayrıca balıklar ekonomik önemleri ve yakalanma yüzdeleri itibarıyla ele alındıklarında *Upeneus moluccensis*, *Saurida undosquamis* ve *Etmureus teres* gibi türlerin yüksek av verimleri ve ekonomik değerleri ile dikkat çekmektedirler.

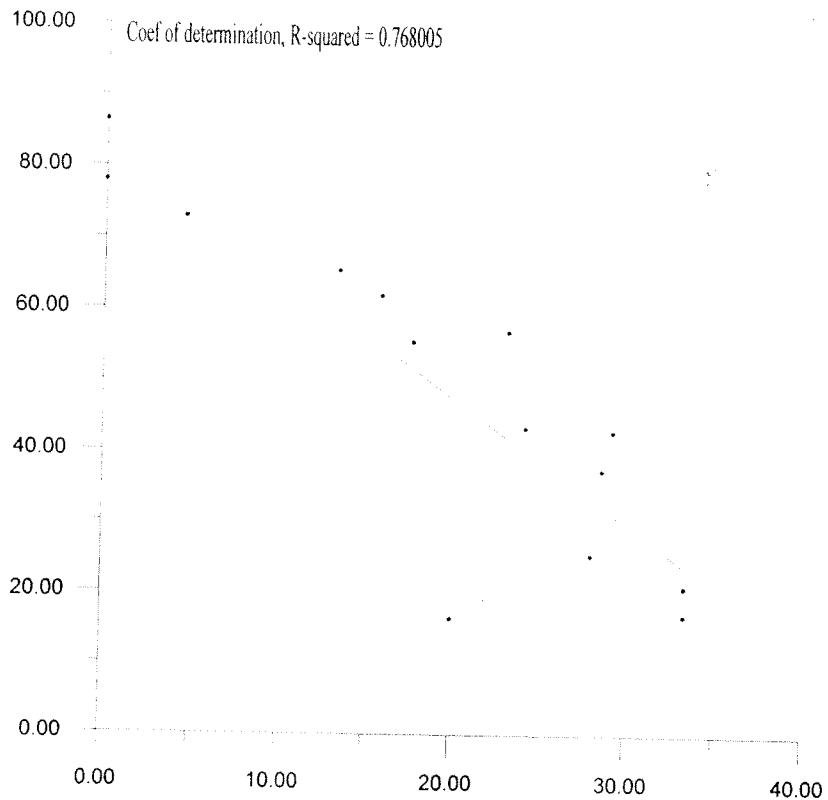
Elde edilen Lesepsiyen türlerin av miktarının derinliğe göre değişimi tür sayısı ile derinlik arasında ilişkiye benzer olarak bulunmuştur; yani derinlik arttıkça elde edilen Lesepsiyen türlerin av miktarı da düşmektedir (Şekil 4.5-4).

Tablo 4.5-6. Kasım 1996 seferinde yakalanan balıkların miktarları (gr/30dak.) ve ortalama av gücü başına düşen birim av (CPUE, gr/saat) Koyu basılanlar Lesepsiyan türlerdir.

Tür / İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	CPUE
<i>Apogon nigripinnis</i>											9				1
<i>Cynoglossus sinusarabici</i>						20		5	13		68	111			18
<i>Dussumeria acuta</i>			50				75	30	535			777			122
<i>Etmureus teres</i>	625	9									532				458

<i>Leiognathus klunzingeri</i>	75	185	315	583		100	205	1079	102		5	777			1004
<i>Oxyurichthys papuensis</i>						90	20		5		4				10
<i>Pelates quadrilineatus</i>		40	10		300	430	750	675	2300	130		145	55	150	2
<i>Sargocentron rubrum</i>									0						13
<i>Saurida undosquamis</i>								35	150						429
<i>Sillago sihama</i>															13
<i>Sphyraena chrysoteania</i>								10	50	35					3
<i>Stephanolepis diaspros</i>					33										8
<i>Upeneus assymetricus</i>	5	575	382	150	40		235	3790	190		10	943			3
<i>Upeneus moluccensis</i>		0	5					0							1189
<i>Toplam Lesespiyen</i>	120	657	419	106	470	870	132	1715	480		223	800	150		3271
<i>Alectis alexandrinus</i>				235											20
<i>Arnoglossus laterna</i>				33	70	200	10	100	170	19	48	200	70	5	77
<i>Balistes carolinensis</i>				225					100	265					49
<i>Blennius ocellaris</i>					30		23	530		8	25	48	144	210	18
<i>Boops boops</i>	65	53	53							25	2		230	4	189
<i>Caranx cryos</i>								40							3
<i>Caranx rhonchus</i>				25	125		10	430	50						53
<i>Cepola macrophthalmia</i>							122	105	65		141	77			1
<i>Citharus linguatula</i>							0	0		132	5				339
<i>Dasyatis pastinaca</i>							180		350						58
<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>										5					0
<i>Dentex dentex</i>									100						8
<i>Diplodus annularis</i>		180	192					45	2770	10		44			383
<i>Echelus myrus</i>															65
<i>Engraulis encrasicolus</i>	200	125	335			70	400	15	525		19	242	33	330	1029
<i>Epinephelus aeneus</i>		00	100					60	1200		115	13	388		874
<i>Gobius niger jozo</i>						50	70	60	10	200		24	610		1000
<i>Liza ramada</i>						800		225	140		159	242		800	85
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	2					200	40							30	97
<i>Macroramphosus scolopax</i>															113
<i>Merluccius merluccius</i>												145			15
<i>Microchirus ocellatus</i>											19				1
<i>Monochirius hispidus</i>															2
<i>Mullus barbatus</i>				18	216	105	160	125	1625	152	121	677	277	220	2182
<i>Mullus surmuletus</i>	80						55		0	5	9			800	88
<i>Mustelus mustelus</i>										103					859
<i>Pagellus acarne</i>	40	10					40			12	422	793	55	515	1884
<i>Pagellus erythrinus</i>							60		80	45	107	5	440	1272	677
<i>Pagrus pagrus</i>									150		8	97		100	32
<i>Pomadasys incisus</i>											281				51

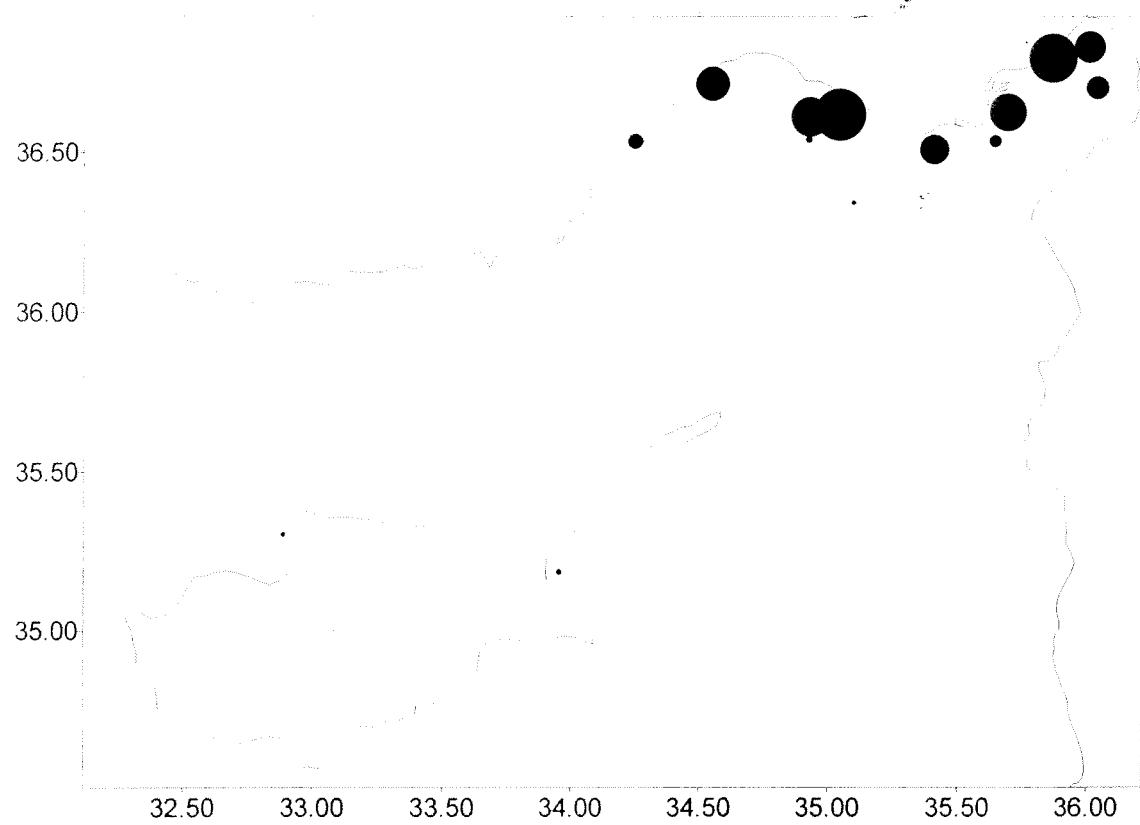
<i>Pteromylaeus bovinus</i>			40										3		
<i>Raja radula</i>			106	67									0		
<i>Sardina pilchardus</i>	380	240	0						625			5	200	691	
<i>Sardinella aurita</i>			10	42					13			710		1	
<i>Sardinella maderensis</i>									13			1		116	
<i>Scomber japonicus</i>			10						50			299		255	
<i>Scorpaena notata</i>									23			5	10	3	
<i>Scorpaena scrofa</i>												550	800	46	
<i>Scyliorhinus canicula</i>												800		67	
<i>Serranus cabrilla</i>												110	50	96	
<i>Serranus hepatus</i>	8	2	3				120	10	3	66	97	44	700	490	102
<i>Solea vulgaris</i>								140	700	150	730	406	499		98
<i>Sparus aurata</i>								0		125	0				389
<i>Sphyraena sphyraena</i>			50								48				4
<i>Sphyraena viridensis</i>															4
<i>Spicara cinereus</i>												350	190	45	
<i>Spicara flexuosa</i>	300	800	435	200	630	110	8	70	495	150	581	499	200	320	
<i>Sympodus nigrescens</i>									19					2	
<i>Syngnathus abaster</i>										3					0
<i>Synodus saurus</i>										75			400		40
<i>Trachinus draco</i>										23			5	2	
<i>Trachurus trachurus</i>	2	40	375	500	137	70	85	1340	450	94	310	6	370	847	
<i>Trichiurus lepturus</i>							90	151	260	15	47				148
<i>Trigla lucerna</i>						400	300	35	200	120	394	28	122	180	
<i>Trigla lyra</i>											67	110	600	30	103
<i>Uranoscopus scaber</i>												122	180	30	85
<i>Zeus faber</i>												125	0		28
Toplam yerli	108	139	538	355	602	423	395	2476	111	147	106	213	180	2722	12863
	1	74	8	0	0	5	0	0	50	59	34	11	55	4	
Toplam	120	205	958	461	649	510	527	4191	159	147	108	293	182	2722	16134
% Lesepsiyen	1	44	7	7	0	5	5	5	58	59	56	12	05	4	
	9.99	31.9	43.8	23.1	7.24	17.0	25.1	40.93	30.1	0	2.05	27.3	0.82	0	20.27
Tür sayýsý	13	14	20	12	15	19	23	27	29	24	17	25	22	22	71
Lesep. Tür #	3	4	4	4	2	3	7	9	6	0	3	8	1	0	14
Lesep. Tür %	23.0	28.5	20.0	33.3	13.3	15.7	30.4	33.33	20.6	0	17.6	32.0	4.55	0	19.72
	8	7	0	3	3	9	3	9	9	5	0				



Şekil 4.5-4. Lesepsiyen türlerin avdaki miktarlarının derinlikle olan ilişkisi

Aylık Trol Seferlerinin Değerlendirilmesi

Aylık trol seferleri sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 4.5.7-9. 'de özetlenmiştir. Her ne kadar çekilen trol sayısı kesim bir sonuç çıkartılmasına yetecek seviye de olmasa da genel olarak 0-25 ve 25-50 metreler arası Lesepsiyen türler tarafından tercih edilen derinlikler olduğu burada da vurgulanmıştır (Şekil 4.5-5.). özellikle Ekim ayında 0-25 metre arasında *Saurida undosquamis* ve *Leiognathus klunzingeri* türlerinin katkısıyla Lesepsiyen türler örneklemeye dönemi içerisindeki en yüksek miktara ulaşıp toplan avın %30'unu oluşturmuşlardır (Şekil 4.5-6.).



Şekil 4.5-5. Lesepsiyen balıkların toplam avdaki oranları (%).

Tablo 4.5-7. Aylık seferlerde yakalanan balıkların miktarları (gr / 30 dak) ve ortalama av gücü başına düşen birim av (CPUE, gr/saat)

Tarih / Derinlik	23 Temmuz 1996			29 Ağustos 1996			13 Eylül 1996			16 Ekim 1996			10 Aralık 1996			Toplam			CPUE
	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100	
<i>Callianthus filamentosus</i>																			
<i>Cynglossus sinusarabici</i>	5			10	100	100	10	25	20	15	20	15	3	2	1	30	14	2	
<i>Leiognathus klunzingeri</i>				5	5	310	20	450		120	110	70	5	9	1	30	19	14	
<i>Oxyurichthys papuensis</i>	700	480	500	20	120	70	50	50		230	175	50	50	26	1	78	19	14	
<i>Saurida undosquamis</i>				120	120	270	100	100		250	100	150	150	150	1	13	13	13	
<i>Sillago sihama</i>																			46
<i>Stephanolepis diaspros</i>	25		10		10	50	100	15	20										235
<i>Upeneus moluccensis</i>	50		10	155	200	475	310	305	1210	20	630	405	70	13	24	1	13	1	3
Lespsiyen Total	780	480	510	155	200	475	310	305	1210	20	630	405	70	617	282	269	269	396	
<i>Argyrosomus regius</i>																			56
<i>Argoglossus laterna</i>	650	30	300	20	250	350	25	250	600	120	350	40	700	180	70	303	306	180	269
<i>Brama brama</i>																			6
<i>Boatus boops</i>	370	20	7	120		25	180					8		40		136	4	8	52
<i>Cepola macrophthalma</i>																			2
<i>Citharus linguatula</i>	15	400	870		550	125	5	1000	25	1070	70	370	120	7	82	628	270	628	330
<i>Dasyatis pastinaca</i>	150	1350			3000	275					10	5		10	85	1	270	750	1
<i>Dellichthys testaceus</i>																			341
<i>Dentex dentex</i>																			1
<i>Dentex macrostoma</i>																			1
<i>Diplodus annularis</i>																			1
<i>Echelus myrus</i>	7	15	50			40	5									6	8	275	2
<i>Engraulis encrasicolus</i>		3					2									1	1	8	5
<i>Epinephelus aeneus</i>						600	6	500		330	20	200	150	20	1	0	1	1	1
<i>Gobius niger joso</i>	680	100	60	70	160	360	600	1400	4000	850	5	40	55	2	11	1	11	1	0
<i>Gymnura altivelia</i>	650	4650		2150						25	20				5	5	5	5	5
<i>Lepidotrigla cavillone</i>																1010	930	110	175
<i>Microchirius variegatus</i>	30	5300	10	4.48	35	15	42.5	5500	32000	1700	9000	2800	3380	800	160	6	15	6	57
<i>Mullus barbatus</i>												20	800	190	8	45	11	11	5
<i>Mullus surmuletus</i>												190	52	15	65	40	36	36	9
<i>Pagellus acarne</i>																			6
<i>Pagellus erythrinus</i>	105	120	350	30	20	25	10	25		350	250								6
<i>Pagrus pagrus</i>		180	40						200										4
<i>Pomadasys incisus</i>																			4
																90	90	88	57

Tablo 4.5-7. (Devam)

Tarih	23 Temmuz 1996			Ağustos 1996			13 Eylül 1997			Ekim 1996			10 Aralık 1996			Toplam		
	0-25	25-50	50-	0-25	25-50	50-	0-25	25-50	50-	0-25	25-50	50-	0-25	25-50	50-	0-100	CPUE	
<i>Raja miraletus</i>				1550			5			450	150		50	900	50	310	11	
<i>Raja radula</i>				25				20		25	90		10	20	4	270	38	
<i>Serranus cabrilla</i>	100			20	60			280	130			20		4	13	13	107	
<i>Serranus hepatus</i>																	4	
<i>Solea vulgaris</i>	55	7															13	
<i>Sparus aurata</i>	25			150													21	
<i>Spicara flexuosa</i>																	37	
<i>Synodus saurus</i>																	16	
<i>Torpedo nobiliana</i>	5			110			70										11	
<i>Trachurus trachurus</i>	220			120	370		10	150	40								18	
<i>Trigla lucerna</i>																	13	
<i>Trigla lyra</i>																	24	
<i>Uranoscopus scaber</i>	180			20			8										111	
<i>Zeus faber</i>																	3	
Med. Total	8380	12542	12572	4694	1595	8621	8564	34913	3035	11535	4800	5887	2083	12809	6112	12534	9700	9431
Total	9160	13022	13082	4849	1795	9096	8874	35218	4245	11555	4820	6517	2488	12879	6729	12816	9969	9827
% Leşepsiyen	8.52	3.69	3.90	3.20	11.14	5.22	3.49	0.87	28.50	0.17	0.41	9.67	16.28	0.54	9.17	2.20	4.03	
Diversity	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	36	34	36	
Leşepsiyen tür sayısı	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
Leşepsiyen tür yüzdesi	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	15.22	19.44	20.59	19.44	
																	15.22	

Table 4.5-8. Aylık seferlerde yakalanan balıkların miktarları (gr / 30 dak) ve ortalama av gücü başına düşen birim av (CPUE, gr/saat)

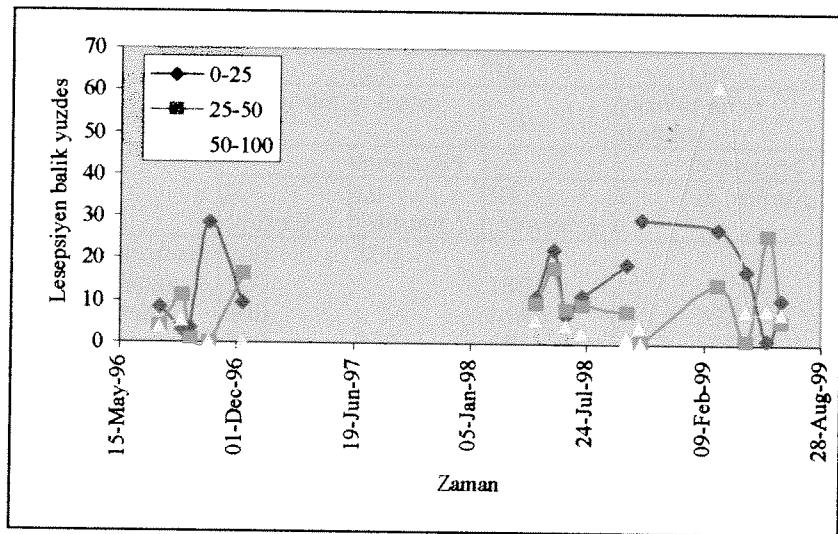
Tarih	28 Nisan 1998	26 Mayıs 1998	17 Hazır an	14 Uz temmuz 1998	28 Eylül 1998	22 Ekim 50-75	1998 23 Ekim 50-75 0-25 25-50	50-75	CPUE
Tür / Derinlik	0-25 25-50 50-100	0-25 25-50 50-100	0-25 25-50 50-100	0-25 25-50 50-100	0-25 25-50 50-100	0-25 25-50 50-75	0-25 25-50 50-75	0-25 25-50 50-75	
<i>Apogon taeniatus</i>	20	80	20	35	370	15	10	5	9
<i>Callionymus filamentosus</i>	70	150	200 70	260	130	85	45	50	35
<i>Cynoglossus sinusarabici</i>	30	5	160	100	200	140	120	7	96
<i>Leiognathus kyunzingeri</i>	433	7		220	520	170	40	300	109
<i>Oxyurichthys papuensis</i>	200	150	480 100	333	40	40	30	740	13
<i>Saurida undosquamis</i>	27			80	700	105	150	100	206
<i>Sillago sihama</i>				533	300	30	325		86
<i>Stephanolepis diaspros</i>				27		40			1
<i>Upeneus moluccensis</i>	20			13		60			5
<i>Upeneus asymmetricus</i>				20					
Lesepsiyen Total	340	305	920 170	1353	823	200	1390 1090 305	0	1045 170 60
<i>Argyrosomus regius</i>									568
<i>Arnoglossus imperialis</i>									
<i>Arnoglossus laterna</i>	490	550	33	330 120	200	1333 1400	70 100	390 5 20 100	190 15 900 190
<i>Balistes carolinensis</i>	300								356
<i>Boops boops</i>									22
<i>Bothus podas podas</i>									7
<i>Caranx cryos</i>									486
<i>Caranx rhonchus</i>									
<i>Cepola macrophthalmia</i>									
<i>Citharus linguatula</i>									
<i>Dasyatis pastinaca</i>									
<i>Dentex dentex</i>									
<i>Dentex macrophthalmus</i>									
<i>Diplodus annularis</i>									
<i>Engraulis encrasicolus</i>									
<i>Epinephelus aeneus</i>									
<i>Gobius niger jozo</i>	100	80	33	120	100	1100 480	50 205	220 10 100000	100 100
<i>Gymnura altevela</i>									42
<i>Lagocephalus spadiceus</i>									7
<i>Lepidotrigla cavillone</i>									0
<i>Lithognathus mormyrus</i>									
<i>Merluccius merluccius</i>	300	1150	67						189
<i>Monochirurus hispidus</i>									2627
<i>Mullus barbatus</i>	1000	500	27	950 400	1200	3200 733	3500 3700 5300	530 3100 6650 7	5 5 750 50 1119 10 11100 3429

Tablo 4.5-8. (devam)

Tarih	28	Nisan 199	26	Mayis 19	17	Haziran 1998	14	Temmu 1998	28	Eyul 1998	22	23	Ekim 1998	25-50	50-75	0-25	25-50	50-75	0-25	25-50	50-75	CPUE
Tür / Derinlik	0-25	25-50	50-	100	0-25	25-50	50-	100	0-25	25-50	50-75	0-25	25-50	50-75	0-25	25-50	50-75	0-25	25-50	50-75	CPUE	
<i>Mullus surmuletus</i>																						
<i>Mustelus mustelus</i>																						
<i>Pagellus acarne</i>																						
<i>Pagellus erythrinus</i>																						
<i>Pagrus pagrus</i>																						
<i>Pomadasys incisus</i>																						
<i>Raja miraletus</i>																						
<i>Raja radula</i>																						
<i>Raja clavata</i>																						
<i>Rhinobatos rhinobatos</i>																						
<i>Serranus cabrilla</i>																						
<i>Serranus hepatus</i>																						
<i>Solea lascaris</i>																						
<i>Solea vulgaris</i>																						
<i>Sparus aurata</i>																						
<i>Spicara flexuosa</i>																						
<i>Synodus saurus</i>																						
<i>Torpedo marmorata</i>																						
<i>Trachinus draco</i>																						
<i>Trachurus trachurus</i>																						
<i>Trigla lucerna</i>																						
<i>Trigla lyra</i>																						
<i>Umbrina cirrosa</i>																						
<i>Uranoscopus scaber</i>																						
<i>Zeus faber</i>																						
Med. Total	2790	2895	533	3190	785		18013	9253	40	4343	10690	10780	11200	5912	5924	16857	8890	12780	25	330	70	28
Total	3130	3200	567	4110	955		19367	10077	4543	12080	11870	11505	7292	6414	17147	9277	12820	3510	30535	14780	9641	
% Indo-pacific	10.86	9.53	5.88	22.38	17.80		6.99	8.17	4.40	11.51	9.18	2.65	18.92	7.64	1.69	4.17	0.31	29.77	0.56	0.41	5.89	
Diversity	15	11	13	16	8		26	20	14	21	17	20	17	12	20	18	12	14	13	21	57	
Sp_Lesep	5	3	2	4	2		8	6	1	6	3	4	4	5	4	1	3	2	2	10		
Sp_Lesep%	33.33	27.27	15.3	25.00	25.00		30.77	30.00	7.14	28.57	17.65	15.00	23.53	33.33	25.00	22.22	8.33	21.43	15.38	9.52	17.54	

Tablo 4.5-9. Aylık seferlerde yakalanan balıkların miktarları (gr / 30 dak) ve ortalama av gücü başına düşen birim av (CPUE, gr/saat)

Tarih	4 Mart 1999	22 Nisan 1999	28 Mayıs 1999	22 Haziran 1999	CPUE					
Tür / Derinlik	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100	
<i>Apogon taeniatus</i>	10	20								3
<i>Callionymus filamentosus</i>	10									40
<i>Cynoglossus sinusarabici</i>		20		10			70			
<i>Leiognathus klunzingeri</i>	40	15	8	55	20	5	70	8	10	11
<i>Oxyurichthys papuensis</i>							15	700	27	79
<i>Saurida undosquamis</i>	10	380	440	60		180	500	220	100	47
<i>Sillago sihama</i>									200	52
<i>Stephanolepis diaspros</i>	85									14
<i>Upeneus moluccensis</i>										193
<i>Upeneus assymetricus</i>	50			10						7
Lesepsiyen Total	205	435	448	125	30	185	25	655	275	1358
<i>Arnoglossus imperialis</i>							55		393	340
<i>Arnoglossus laterna</i>	290	70	20	170	350	240		1200	1510	30
<i>Boops boops</i>								5		167
<i>Bothus podas podas</i>				10			1180	5		790
<i>Caranx cryos</i>								8400		403
<i>Citharus linguatula</i>		220	70		100	340		50	560	5
<i>Dasyatis pastinaca</i>										15
<i>Diplodus annularis</i>										806
<i>Diplodus vulgaris</i>										171
<i>Gobius niger jozo</i>	10	50	30		40	50		25	120	1500
<i>Lepidotrigla cavillone</i>								65	45	125
<i>Lithognathus mormyrus</i>									35	3
<i>Merluccius merluccius</i>		200	130			1400				2
<i>Monochirius hispidus</i>										21
<i>Mullus barbatus</i>	20	1900	25	80	600	50		55	210	1400
<i>Mullus surmuletus</i>										105
<i>Pagellus acarne</i>										374
<i>Pagellus erythrinus</i>	40			10			30	90		6
<i>Pagrus pagrus</i>							75	55		4
<i>Raja miraletus</i>							120			30
<i>Raja radula</i>							630			77
<i>Rhinobatus rhinobatus</i>										10
<i>Scorpaena scrofa</i>										194
<i>Serranus cabrilla</i>							60			511
<i>Serranus hepatus</i>			2			15				5
<i>Solea vulgaris</i>										0
<i>Sparus aurata</i>										6
<i>Sparus caeruleostictus</i>										1
<i>Spicara flexuosa</i>	45			60	80	90		85	130	10
<i>Synodus saurus</i>		25			90				220	180
<i>Trachinus araneus</i>				200						25
<i>Trachinus draco</i>	140			50	40					38
<i>Trachurus trachurus</i>										77
<i>Trigla lucerna</i>				150	10	150		120		17
<i>Trigla lyra</i>		55						230	180	20
<i>Uranoscopus scaber</i>									150	0
<i>Zeus faber</i>										83
Med. Total	545	2670	277	590	3210	2185	2210	1860	3085	11231
Total	750	3105	725	715	3240	2370	2235	2515	3360	12589
% Indo-pacific	27.33	14.01	61.79	17.4	0.93	7.81	1.12	26.04	8.18	7.73
Diversity	12	12	8	11	12	9	8	14	12	43
Sp_Lesep	6	4	2	3	2	2	1	4	2	9
Sp_Lesep%	50.00	33.33	25.00	27.2	16.67	22.22	12.50	28.57	16.67	20.93
				8				5		
				7				5		
								7		



Şekil 4.5-6 Lesepsiyen balıkların toplam avdaki oranlarının aylık değişimi

4.5.4 Batı İçel dar kıt sahanlığı çalışması sonuçları

1984 ve 1999 yıllarında gerçekleştirilen araştırmada yakalanan balık türlerine ait biyokütle değerleri Tablo 4.5-10 ve 4.5-11'de verilmiştir. 1984 yılı biyokütle tablosundan görüldüğü gibi Kızılliman Burnu'nun batısına düşen bölge balık tür sayısı ve toplam ağırlıkları bakımından doğusuna oranla daha zengindir. Batıdaki toplam av değeri doğudakinden yaklaşık olarak iki kat fazladır. Kızılliman Burnu'nun doğusunda infralittoral ve sirkalittoral alanda toplam av değeri açısından önemli bir fark yoktur. Ancak burnun batısına düşen bölgede infralittoral alandaki toplam değer sirkalittoral alandaki değerden fazladır.

Aynı şekilde 1999 yılında Kızılliman Burnu'nun doğusunda kalan bölgedeki toplam av değeri, batısında kalan bölgedeki toplam değerden yaklaşık üç kat azdır. Ancak tür sayısı bakımından doğuda kalan bölge batıdan daha zengin görülmektedir. 1999'da Kızılliman Burnu'nun doğusunda ve batısında infralittoral ve sirkalittoral alanlardaki toplam av değerleri arasında önemli bir fark yoktur.

Tablo 4.5-10 Aylık seferlerde yakalanan balıkların miktarları (gr / 30 dak)

Süre (dakika)	30	30	30	30	30	
Yer	Kızılliman'ın batısı			Kızılliman'ın doğusu		
Tarih		Mayıs-84			Mayıs-84	
Tür / Derinlik	II (infralit.)	III (sirkalit.)	III (sirkalit.)	I	II (infralit.)	III (sirkalit.)
<i>Cynoglossus sinusarabici</i>	200	300				
<i>Lagocephalus spadiceus</i>	100		160			
<i>Saurida undosquamis</i>	900		1140			
<i>Stephanolepis diaspros</i>	700	320	40		382	300
<i>Upeneus asymmetricus</i>	140				1228	
<i>Upeneus moluccensis</i>					109	
Lesepsiyen Toplam	2040	620	1840	-	1719	800
<i>Arnoglossus laterna</i>	300	4	200		28	300
<i>Blennius ocellaris</i>			100			100
<i>Boops boops</i>	800					
<i>Bothus podas</i>	500	300	460		764	
<i>Citharus linguatula</i>	100		600			500
<i>Dasyatis pastinaca</i>					2318	
<i>Dentex dentex</i>			1900			
<i>Diplodus annularis</i>	3600		700		682	
<i>Diplodus vulgaris</i>	3100		4100		682	
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	300			1600		
<i>Macrorhamphosus scolopax</i>						240
<i>Merluccius merluccius</i>			700			100
<i>Mullus barbatus</i>	13300	16500	6600		16228	10900
<i>Mullus surmuletus</i>	200	3100			2182	
<i>Mustelus mustelus</i>				1640		
<i>Pagellus acarne</i>	100					
<i>Pagellus erythrinus</i>	4000	4900	2660		109	200
<i>Pagrus ehrenbergi</i>					409	5600
<i>Pagrus pagrus.</i>	4300	8100			2100	
<i>Raja miraletus</i>	2700				818	
<i>Scorpaena notata</i>	1200	3300			55	40
<i>Scorpaena porcus</i>	1200		140			
<i>Scorpaena scropha</i>		340				
<i>Serranus cabrilla</i>	4900	1300				200
<i>Serranus hepatus</i>	700	400	340			
<i>Solea vulgaris</i>			500			
<i>Spicara flexuosa</i>	2500	40	1500		96	1300
<i>Synodus saurus</i>			1000			
<i>Trachinus draco</i>			700		628	
<i>Trachurus trachurus</i>						
<i>Trigla lineata</i>	1500	2500	300		328	300
<i>Trigla lucerna</i>	1200		400			740
<i>Uranoscopus scaber</i>	1500		600			300
<i>Xyrichtys novacula</i>					137	
<i>Zeus faber</i>		4				
Akdeniz toplam	48000	47488	20040	-	27560	21120
Genel toplam	50040	48108	21880	-	29279	21920
Toplam tür sayısı	26	18	22	-	19	18
Ekonomik tür sayısı	14	11	11		11	10
% ekonomik tür	54	61	50		58	56
Ekonomik tür biyokütlesi	36840	41844	15440		23307	20040
% ekonomik tür biyokütlesi	74	87	71		80	91
Lesepsiyen tür sayısı	5	2	4	-	3	2
% Lesepsiyen türler	19	11	18	-	16	11
Lesepsiyen biyokütlesi	2040	620	1840	-	1719	800
% Lesepsiyen biyokütlesi	4.08	1.29	8.41	-	5.87	3.65

Tablo 4.5-10 Aylık seferlerde yakalanan balıkların miktarları (gr / 30 dak)

Süre	30	30	30	30	30	30
Yer	Kızılırmak'ın batısı			Kızılırmak'ın doğusu		
Tarih	Mayıs-99			Mayıs-99		
Tür / Derinlik	I	II	III (infralit.)	I	II (infralit.)	III (sirkalit.)
<i>Saurida undosquamis</i>	92					
<i>Upeneus moluccensis</i>	3035	106				40
<i>Upeneus assymetricus</i>	32			79		
Lesepsiyen Toplam	3159	106		79		40
<i>Arnoglossus laterna</i>						11
<i>Balistes carolinensis</i>					74	
<i>Blennius ocellaris</i>						5
<i>Boops boops</i>	32		238			
<i>Bothus podas podas</i>				53		
<i>Citharus linguatula</i>						3
<i>Coris julis</i>	5			42		
<i>Diplodus annularis</i>	844		739		216	
<i>Diplodus vulgaris</i>			924			179
<i>Hippocampus ramulosus</i>						
<i>Lepidotrigla cavillone</i>						5
<i>Microchirus ocellatus</i>						11
<i>Mullus barbatus</i>	475		185		84	
<i>Mullus surmuletus</i>	26		343			264
<i>Mustelus mustelus</i>			739			264
<i>Myliobatis aquila</i>	528					
<i>Pagellus acarne</i>			290			
<i>Pagellus erythrinus</i>	633		369		396	
<i>Pagrus pagrus</i>			290			185
<i>Raja radula</i>					132	84
<i>Rhinobatus rhinobatus</i>						1056
<i>Scorpaena scrofa</i>			158		3	
<i>Scorpaena notata</i>			53			106
<i>Scorpaena porcus</i>	13					
<i>Serranus cabrilla</i>	63		844		169	
<i>Serranus hepatus</i>	53		185		3	
<i>Spicara flexuosa</i>	633		238			106
<i>Spicara smaris</i>	185		765			206
<i>Syphodus ocellatus</i>	3		11		53	
<i>Syngnathus sp.</i>					5	
<i>Synodus saurus</i>					3	
<i>Trachinus araneus</i>					765	
<i>Triglaporus lastoviza</i>	13		79		343	
<i>Uranoscopus scaber</i>					26	
<i>Zeus faber</i>					69	
Akdeniz toplam	3507	6449		2494		2916
Genel toplam	6666	6555		2573		2956
Toplam tür sayısı	17	18		20		20
Ekonomik tür sayısı	10	10		5		8
% ekonomik tür	59	56		25		40
Ekonomik tür biyokütlesi	5815	3722		1593		1225
% ekonomik tür biyokütlesi	87	57		62		41
Lesepsiyen tür sayısı	3	1		1		1
% Lesepsiyen türler	18	6		5		5
Lesepsiyen biyokütlesi	3159	106		79		40
% Lesepsiyen biyokütlesi	47	2		3		1

Barbun balığının (*Mullus barbatus*) 1984 ve 1999'daki boy dağılım grafikleri incelendiğinde (Şekil 4.5-7), 1984'te her iki bölgede infralittoral ve sirkalittoral alanda benzer dağılım gösterdiği görülmektedir. Yine 1984'te özellikle batı kesiminden elde edilen balıkların boy dağılımından küçük boylu balıklar ile büyük boylu balıkların oranına bakıldığından arada çok büyük farklar olmadığı görülmektedir. Bu da stok üzerinde çok yüksek bir mortalitenin olmadığı görülmektedir.

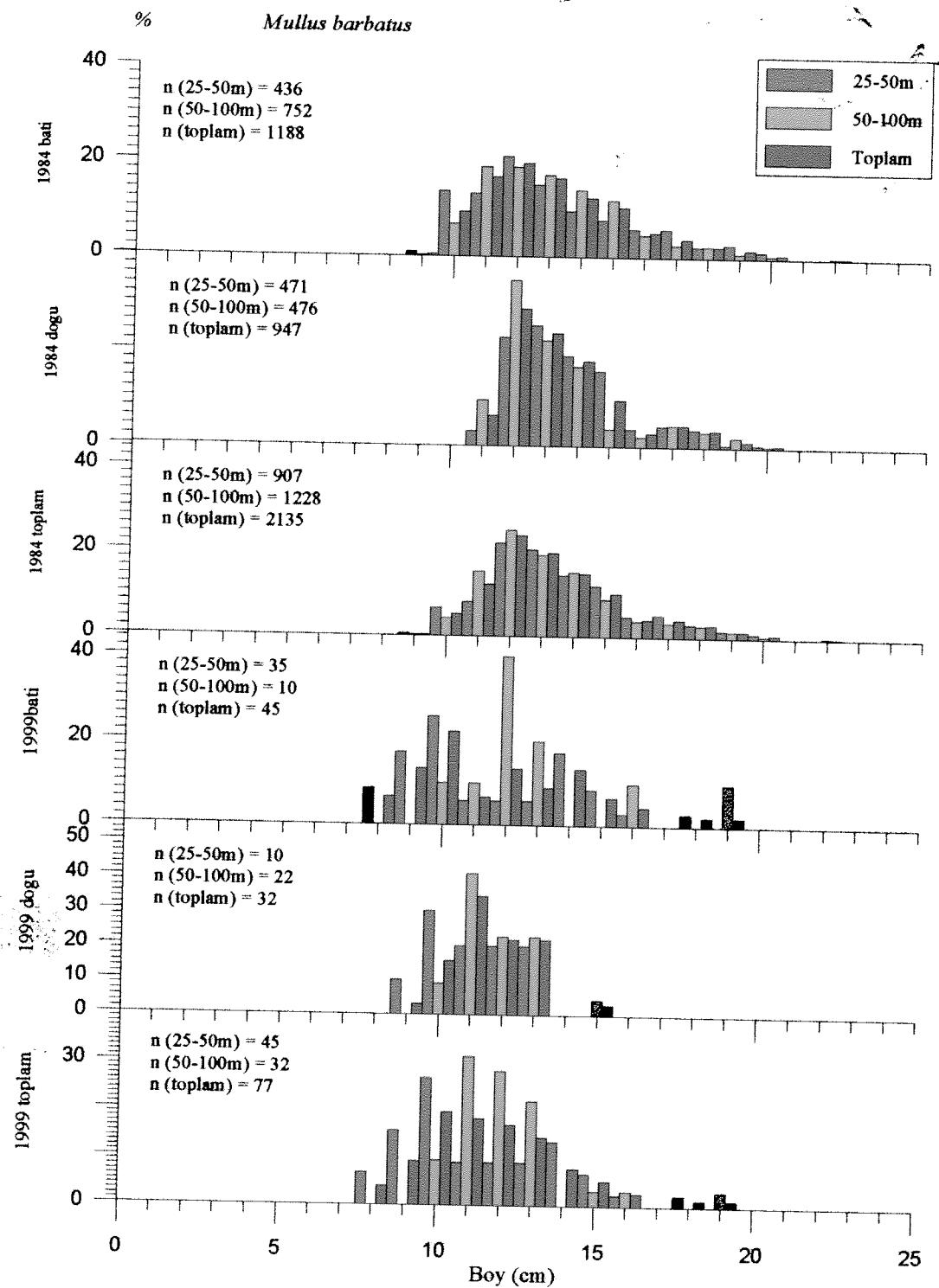
1999'da toplanan örnekler avlanma süresi 1984'e oranla iki kat daha fazla olmasına rağmen oldukça yetersizdir. Buna rağmen 1999 yılında yakalanan barbun balıklarının ortalama boylarının yaklaşık 2 cm azlığı ve 13.3 cm'den 11.7'ye düşüğü görülmektedir. Bu dönemde küçük boylu balıkların trol avcılığına kapalı olan 25-50 m arasında, biraz daha büyük boylu balıkların ise 50-100 m arasında bulunduğu gözlemlenmektedir.

Mercan balığının (*Pagellus erythrinus*) 1984 yılı boy dağılım grafiklerinde küçük boylu balıkların genellikle infralittoral alanda, büyük boylu balıkların ise sirkalittoral alanda bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.5-8). Yakalanan *P. erythrinus* bireylerinin yıllara göre ortalama boyuna bakıldığından önemli bir fark görülmemektedir; 1984'te ortalama boy 13.0 cm, 1999'da 12.6 cm'dir. Ancak 1984 yılında görülen 20-25 cm arası büyük boylu balıkların oluşturduğu grubun 1999'da yok olduğu görülmüştür. 1999 yılı verileri kendi içinde karşılaşıldığında Kızılliman Burnu'nun doğusunda kalan alanda yakalanan Mercan balıklarının boyca daha küçük oldukları görülmektedir.

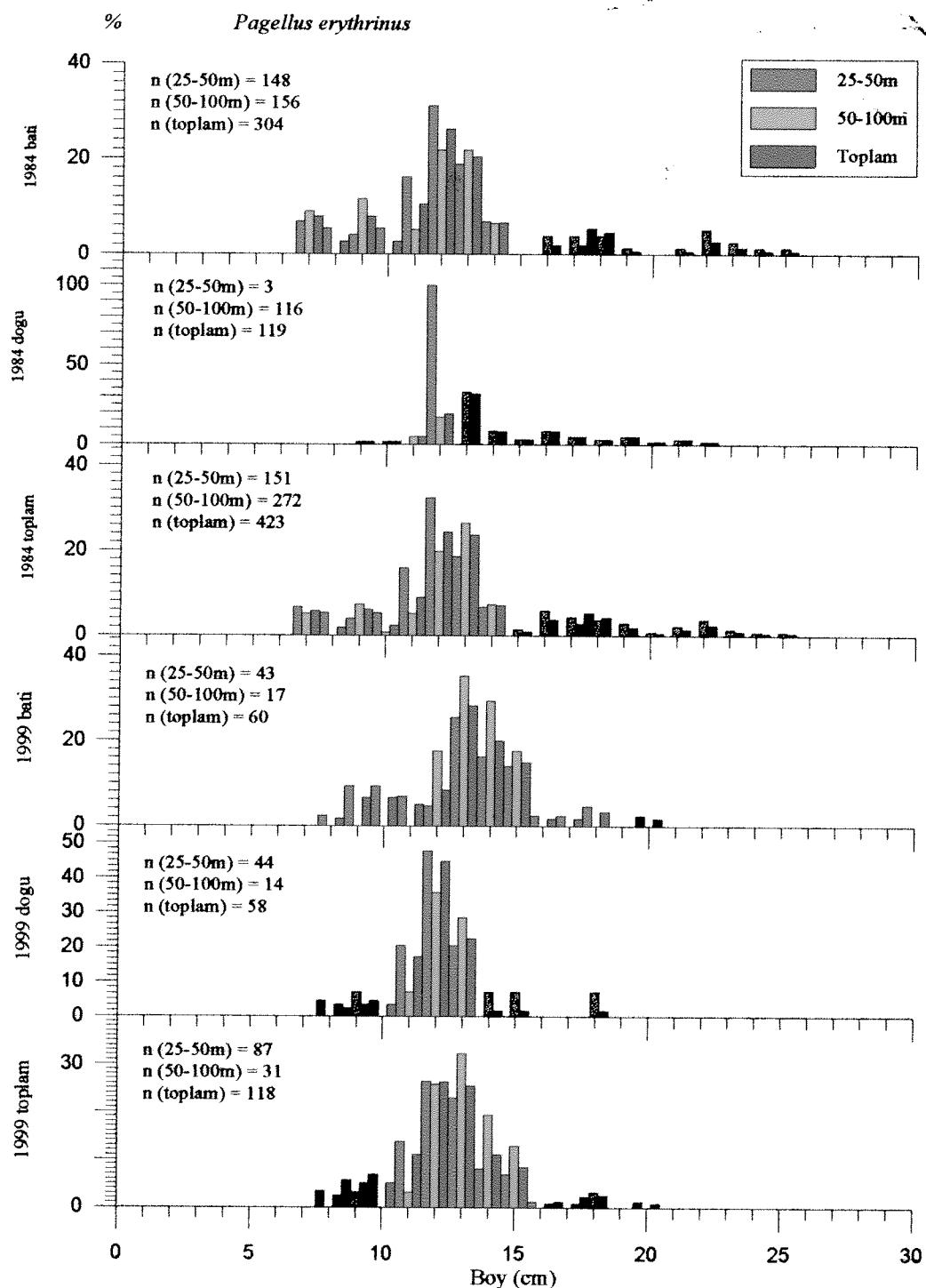
Paşa barbunu (*Upeneus moluccensis*)'nun boy dağılım grafiklerine bakıldığından, 1984 yılından 1999 yılına genel bir artış olduğu belirgin olarak görülmektedir (Şekil 4.5-9). Özellikle Kızılliman Burnu'nun batısında infralittoral alanda gerek biyokütle değerinde gerekse ortalama boyda artış olduğu bulunmuştur. Her iki zamanda yakalanan *U. moluccensis* bireylerinin ortalama boyları arasında belirgin bir fark yoktur; ortalama boy 1984'te 11.5 cm iken, 1999'da 11.15 cm'dir.

İzmarit (*Spicara flexuosa*)'nın boy dağılım grafikleri incelendiğinde, 1984 ve 1999'da türün Kızılliman Burnu'nun batı tarafında yoğunlaştiği görülmektedir (Şekil 4.5-10). Yakalanan *S. flexuosa* bireylerinin ortalama boyu 1984'ten 1999'a belirgin olarak azalmıştır; 1984'te ortalama boy 13.2 cm iken, 1999'da 9.5 cm'e düşmüştür.

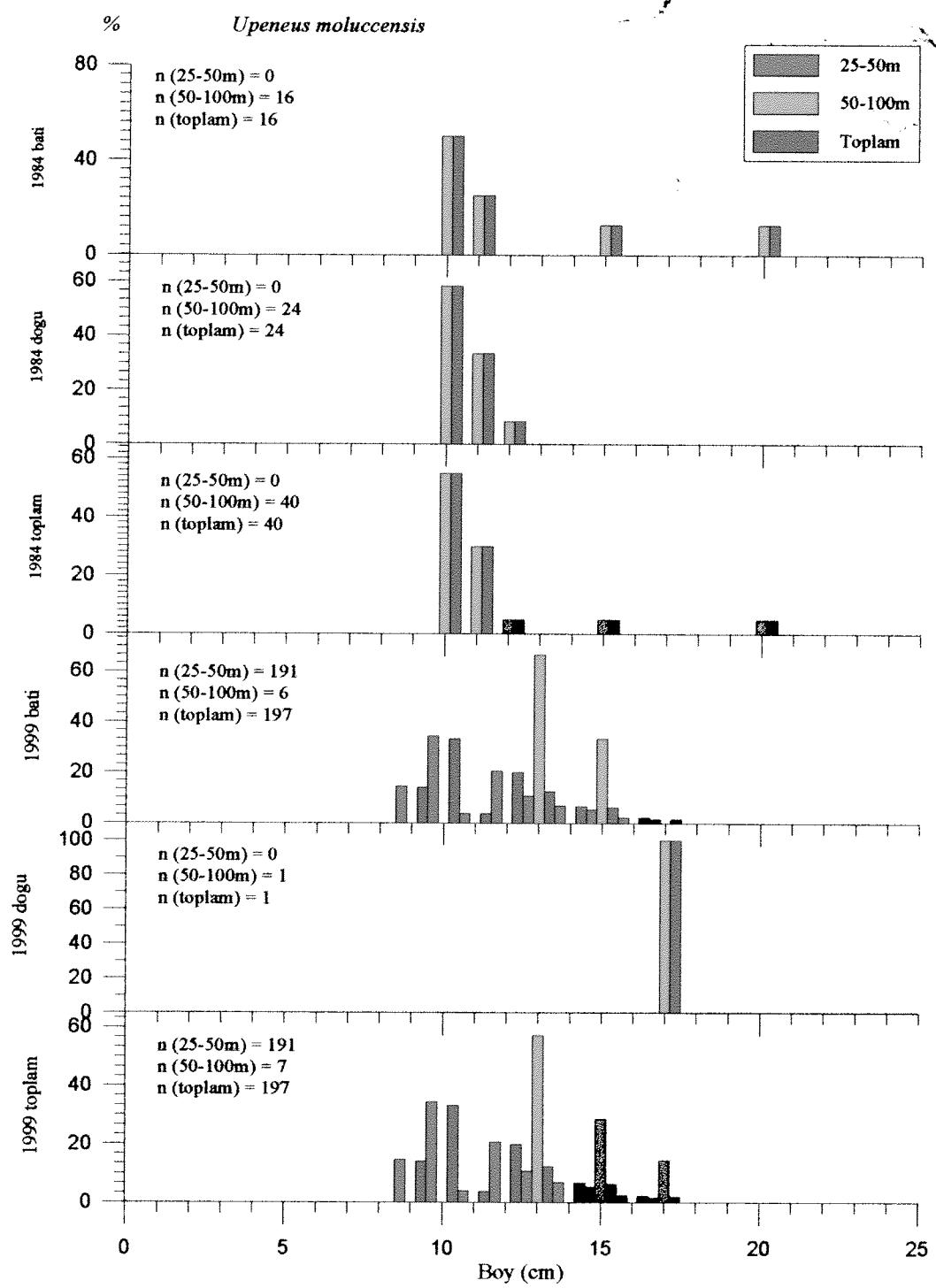
İsparoz (*Diplodus annularis*)'nın boy dağılım grafikleri incelendiğinde, her iki araştırmada da türün Kızılliman Burnu'nun batısında yoğun olduğu görülmektedir (Şekil 4.5.11). 1984'te *D. annularis* bireyleri burnun batısında ve doğusunda çoğulukla infralittoral alanda bulunurken, 1999 yılında bu aydın ortadan kaybolmuştur, bireyler her iki derinlik aralığında benzer dağılım göstermektedirler. Yakalanan balıkların ortalama boyları arasında fazla bir fark yoktur; 1984'te ortalama boy 11.5 cm iken, 1999'da 10.7 cm olmuştur. Ancak 1984 yılı batı grafiğinde görünen ve 12 cm'nin üstündeki büyük balıkların oluşturduğu grubun 1999 yılında kaybolduğu görülmektedir.



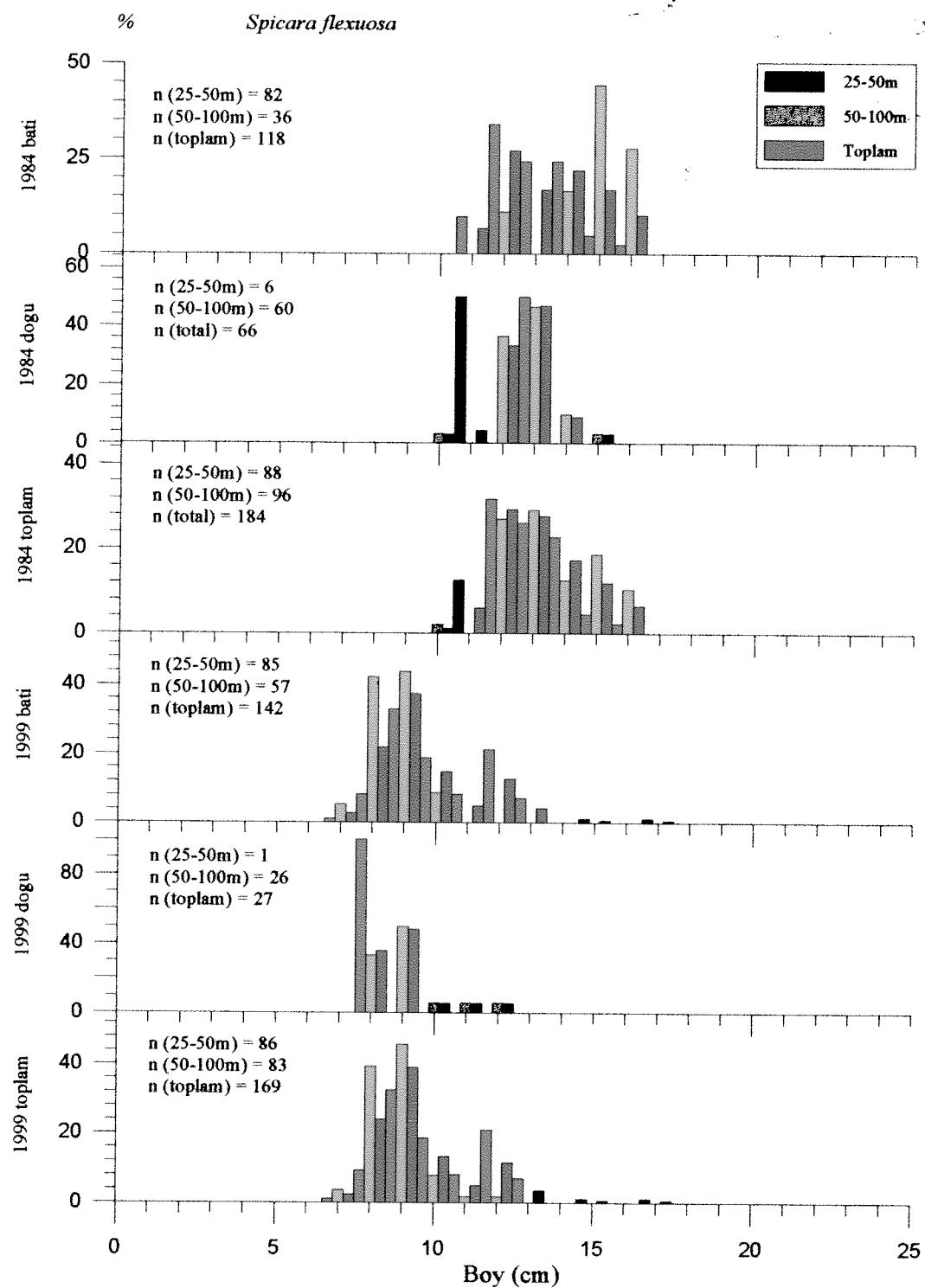
Şekil 4.5-7. Barbus balığı (*Mullus barbatus*)'nın 1984 ve 1999 yılı seferlerindeki % boy-frekans dağılımı. Yeşil bar infralittoral zon (25-50 m), kırmızı bar sirkalittoral zon (50-100 m), mavi bar her iki zonun toplamını göstermektedir.



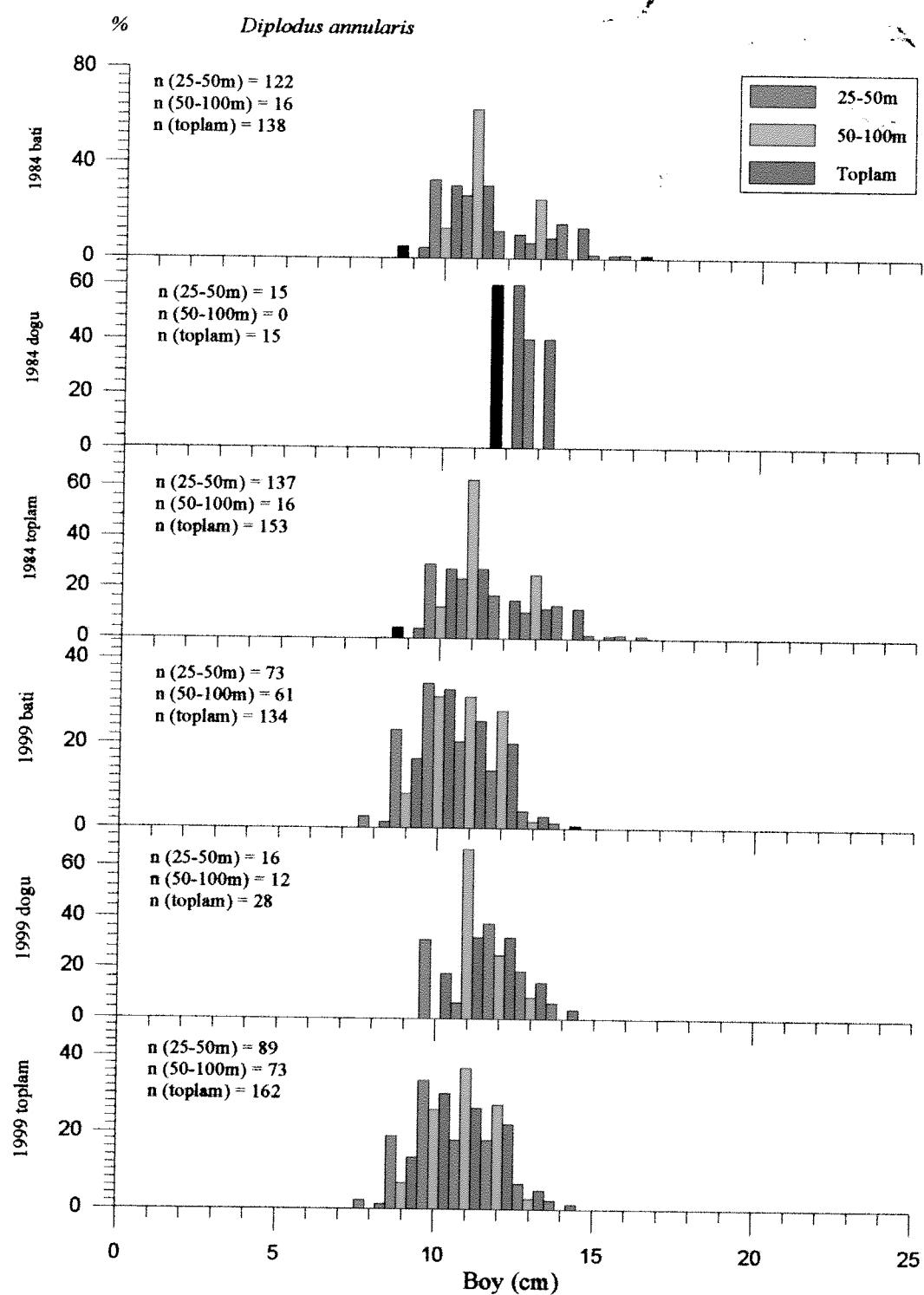
Şekil 4.5-8. Mercan balığı (*Pagellus erythrinus*)'nın 1984 ve 1999 yılı seferlerindeki % boy-frekans dağılımı. Yeşil bar infralittoral zon (25-50 m), kırmızı bar sirkalittoral zon (50-100 m), mavi bar her iki zonun toplamını göstermektedir.



Şekil 4.5-9. Paşa barbunu balığı (*Upeneus moluccensis*)'nın 1984 ve 1999 yılı seferlerindeki % boy-frekans dağılımı. Yeşil bar infralittoral zon (25-50 m), kırmızı bar sirkalittoral zon (50-100 m), mavi bar her iki zonun toplamını göstermektedir.



Şekil 4.5-10. İzmarit balığı (*Spicara flexuosa*)'nın 1984 ve 1999 yılı seferlerindeki % boy-frekans dağılımı. Yeşil bar infralittoral zon (25-50 m), kırmızı bar sirkalittoral zon (50-100 m), mavi bar her iki zonun toplamını göstermektedir.



Şekil 4.5-11. Isparoz balığı (*Diplodus annularis*)'nın 1984 ve 1999 yılı seferlerindeki % boy-frekans dağılımı. Yeşil bar infralittoral zon (25-50 m), kırmızı bar sirkalittoral zon (50-100 m), mavi bar her iki zonun toplamını göstermektedir.

4.5.5 Tartışma

4.5.5.1 Lesepsiyen Türler

Lesepsiyen balıkların Doğu Akdeniz sahillerindeki dağılımlarına ait son çalışmalarдан bir olan Gücü ve ark (1994) aynı bölge için *Apogon nigripinnis*, *Callionymus filamentosus*, *Dussumeria acuta*, *Hemiramphus far*, *Lagocephalus spadiceus*, *Leiognathus klunzingeri*, *Pelates quadrilineatus*, *Pempheris vanicolensis*, *Pranesus pinguis*, *Sargocentrum ruber*, *Saurida undosquamis*, *Scomberomorus commerson*, *Selar djeddaba*, *Siganus luridus*, *Siganus rivulatus*, *Sillago sihama*, *Sphyraena chrysotania*, *Stephanolepis diaspros*, *Upeneus asymmetricus*, *Upeneus moluccensis*'ten oluşan 20 türlü bir liste vermişlerdir. Daha sonra Gücü ve Bingel 1995'te bölge de bulunan Lesepsiyen türler listesine *Cynoglossus sinus-arabici*'i ekleyerek sayısı 21'e çıkartmışlardır. Bu çalışma sırasında ise Kuzeydoğu Akdeniz'de yaşayan Lesepsiyen türler listesine *Etmureus teres*, *Oxyurichthys papuensis* ve *Pteragogus pelycus* eklenmiş ve bölgedeki Lesepsiyen tür sayısı 24'e çıkartılmıştır.

Gücü ve ark. (1995) 'te verilen Lesepsiyen balıkların toplam avdaki oranları çalışma bulgularıyla karşılaştırıldığında birim zamanda avlanana balık miktarlarında 1983-84 döneminden bu yana bariz bir azalma görülmektedir. örnekl olarak avda en sık rastlanan *Saurida undosquamis*, *Leiognathus klunzingeri* ve *Upeneus moluccensis* için 1984 yılı baharında Mersin körfezi için verilen ortalama av değeri sırası ile 5766, 6369 ve 585 gr/saat iken bu miktar 1996 yılı için 660, 244 ve 95 gr/saat olarak bulunmuştur. Bu düşüşün Lesepsiyen türlerin bölgedeki dağılımından kaynaklanması, av verimindeki genel düşüş dikkate alındığında araştırma bölgesinde hüküm süren aşırı avcılık baskısından kaynaklandığı sanılmaktadır.

Balık stokları genel olarak değerlendirildiğinde pelajik balıklarda bariz bir artış gözlenmektedir. Bunun başlıca sebebi kıyılardaki yapılışma sonucunda denize boşaltılan nütrientlerden kaynaklanan ve giderek artan kıyısal ötrofikasyondur. ötrofikasyon sonucunda ekosistemin taşıma kapasitesi artmaktadır; ancak artan taşıma kapasitesi ötrofikasyonun beraberinde getirdiği turbidite ve ışık geçirgenliğinin azalması gibi nedenlerden ötürü taban balıklarında bir artışa sebep olmamakta ve yalnızca pelajik balıkları etkilemektedir.. Bu gelişmeye paralel olarak Lesepsiyen balıklardan da pelajik olanlar 1980'li yıllarda yapılan çalışmalara oranla bariz bir artış göstermiştir.

Çalışmanın en ilginç olabilecek kısmı daha önce çalışma yapılmamış olan Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti sahillerinin araştırımıya dahil edilmesidir. Ancak gerek taban yapısının trol çekimine uygun olmaması gereksiz gemi arızası nedeniyle bu bölgede sadece 2 trol atılabilmiş ve her iki çekim de derin bölgede gerçekleştirilememiştir. Bunun ötesinde bu bölgede genel olarak Lesepsiyen türlerde bir azalma dikkati çekmektedir. Kıbrıs sahilleri çalışma alanındaki diğer bölgelerle karşılaştırıldığında ortaya çıkan en önemli fark Deniz Çayırlarının

(*Posidonia oceanica*) Kıbrıs'ta deniz ekosisteminin önemli bir parçası olmasıdır. Halbuki bu türe aşırı tuzluluk ve nehirlerin neden olduğu türbidite nedeni ile Mersin ve İskenderun körfezlerinde rastlanmamaktadır. Gücü ve Bingel (1995) tarafından da belirtildiği gibi Lesepsiyen balıkların Akdeniz'e kolay adaptasyonunun başlıca nedeni Doğu Akdeniz ve özellikle de Levant basenindeki ekoljik dengesizliktir. Ancak Posidonia'ların bulundukları ekosistemi dengelemeleri sonucunda bu türün bulunduğu ortamlarda ve özellikle bu türe bağlı olarak gelişen komunitelerde ekolojik stabilizasyon sağlanmaktadır. Sonuçta bu tül alanlarda Lesepsiyen türler diğer bölgelerdeki kadar başarılı olamamaktadırlar.

4.5.5.2 Stok Yönetimi

Akdeniz kıyı ekosisteminde yaygın olarak bulunan balık türleri dikkate alındığında pek çok balık türünün denizde yumurtladığı fakat yumurtadan çıkan juvenil balıkların lagün ve dalyanlara girerek burada gelişikleri bilinmektedir. Bu nedenle nehir ağızları balıklar açısından tercih edilen alanlardır. Bozyazı çayının etkili olduğu Kızılliman'ın batısında kalan bölgede de büyük olasılıkla bu nedenden dolayı gerek geçmişte gerekse bugün burnun doğusuna oranla daha zengin balık yatakları bulunmaktadır.

1984 yılında yapılan çalışmada burnun doğusundaki toplam av değeri 11.9 kg/ha, batısında kalan alanda ise 18.6 kg/ha olarak hesaplanmıştır. Bölgedeki ortalama toplam av değeri 16.0 kg/ha olarak bulunmuştur.

1984 yılında batı kesiminde yakalanan türlerin başında ekonomik değeri yüksek olan *Mullus barbatus*, barbun balığı tüm ağlarda baskın durumda görülmektedir. Av sezonunun sonu ve üreme mevsiminin başı olması nedeni ile stoğun en fakir dönemi olmasına rağmen ortalama 5.7 kg/ha lik bir değer bulunmuştur. Bu değer, Gücü ve Bingel (1994a) tarafından tüm doğu Akdeniz'de o yıllarda barbun balığı için verilen ortalama 1.4 kg/ha'lık değerin oldukça üstündedir. Bu bölgede yakalanan balıklar içinde miktar olarak ikinci sırayı yine ekonomik değeri yüksek olan *Pagellus erythrinus*, Mercan balığı almaktadır. 1.8 kg/ha'lık değer bu tür için doğu Akdeniz'de ve özellikle bu sezonda oldukça yüksek bir değerdir. Gerek barbun gerekse mercan balıklarının trol avcılığında aranan hedef türler olduğu ve balık stoklarının en fazla yıpratılmış olduğu bu dönemde bu denli yüksek değerler bulunduğu da dikkate alındığında 1984 yılında Bozyazı açıklarının balıkçılık açısından zengin balık stoklarına sahip olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Kızılliman burnunun doğusunda çekilen ağlardan elde edilen toplam av değerleri batıya oranla biraz daha düşük olmakla beraber av kompozisyonu aşağı yukarı aynıdır. Burnun doğusunda gözlenen baskın tür yine *Mullus barbatus* olup toplam avın %50'den fazlasını oluşturmaktadır. Bunu izleyen türler yine ekonomik değeri yüksek sparidlerdir. Bu bölgede yakalanan balıkların % 80-90'ını ekonomik değeri olan balıkların oluşturduğu, bu balıkların büyük bölümünü de barbun, mercan, fangri gibi kıymetli balıkların oluşturduğu gözlenmiştir. Barbun için Kızılliman burnun doğusunda ortalama 6.3

kg/ha av değeri bulunmuştur. Aynı şekilde bu oran o yıllarda doğu Akdeniz için verilen değerden (1.4 kg/ha) yaklaşık beş kat fazladır. Yine bu alanda, ekonomik öneme sahip mercan (*Pagellus erythrinus*) için 1.3 kg/ha av değeri bulunmuştur.

1999 yılında sonuçların karşılaştırılabilir olması için 1984 yılında çalışılan alanda, tamamen aynı sezonda ve günün aynı zaman diliminde gerçekleştirilen çalışmada elde edilen sonuçlar balık stoklarının geçen 15 yıllık süre içerisinde ne derece yıpratıldığını göstermektedir. Birim güç başına av (CPUE) miktarı Kızılılman Burnunun batısında kalan alanda yaklaşık 6, doğusunda ise 10 kat azalmıştır. Diğer bir deyişle aynı miktar baliği avlamak için bugün 1980'li yıllarda harcanan gücün kabaca 10 katı harcamaktadır. Dolayısıyla bu da mazot, iş gücü, tekne yorgunluğu gibi faktörler nedeniyle ekonomik kayba neden olmaktadır. Dahası 1984 yılında ekosistemde baskın durumda olan ve ekonomik olarak aranan türler 1999 yılında iyice azalmış ve yerlerini, küçük, ekonomik değeri yok denecek kadar az türler almıştır.

Bir bölgenin avcılığa katılması genel olarak o bölgeden elde edilebilecek ürünün denizde atılmasına şeklinde yorumlanmaktadır. Oysa bu tip küçük koruma alanlarının oluşturulması balıkçılık açısından pek çok faydalara getirmektedir. Bunların başında sistemdeki büyük damızlık balıkların artması gelmektedir. Büyük boylu balıklar yumurta verimleri dikkate alındığında küçük boylu bireylere oranla sezon boyunca yumurtlama sıklıkları fazla, her yumurtlamada bırakıkları yumurta sayısı fazla, bırakılan yumurtaların boyu daha büyük ve bu nedenle yumurtadan çıkan larvanın hayatı kalabilme şansı daha yüksektir (Wootton, 1990). Ancak herhangi bir stok üzerinde avcılık uygulanmaya başladığında sistemden ilk çekilen büyük boylu bireylerdir ve avlanan stoklarda ortalama balık boyunda küçülme görülür (Ricker, 1975). Buna karşılık aşırı avcılık yapılmadığı sürece avlanan stoklardaki birey sayısı avlanmayan bakır stoklardaki birey sayısından daha fazladır (Bevertton and Holt, 1957). Bu nedenle de bakır stoklarda az sayıdaki büyük boylu bireyler tarafından bırakılan çok miktardaki yumurta miktarı avlanan stoklarda az sayıda yumurta bırakan küçük boylu balıkların yüksek bolluğu ile karşılaşır. Avcılık baskısı artıp aşırı avcılık safhasına gelindiğinde küçük boylu balıkların da yoğunluğu azalmakta, bırakılan toplam yumurta miktarı düşmekte ve er üreme dönemi sonrasında sürüye katılan (recruit) birey sayısında azalma meydana gelmektedir. Avcılığın daha da ileri boyutlara getirilmesi durumunda bu durum balık stoğunun azalmasında önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Aşırı avcılık genel olarak 3 aşamada kendini göstermektedir. Birinci aşamada balıklar henüz maksimum ürününü verecek boyaya ulaşmadan avlanmaktadır (Growth overfishing) (Pauly, 1983). İkinci aşamada ebeveynler stoğun devamlılığını sağlayacak yeni kuşaklar meydana getirecek yeterli yumurta bırakamayacak seviyelere indirilmektedir (Recruitment overfishing) (Pauly, 1983). Son aşamada ise ekosistemin yapısı geri dönüşü olmayacak derece değiştirilmekte ve önceden önemsiz olan ve çoğunlukla istemeyen, ekonomik değeri olmayan türler üzerinde aşırı balıkçılık baskısı olan ekonomik değere sahip türler karşısında avantajlı duruma gelmekte ve ekosistemde baskın duruma geçmektedir (Ecosystem overfishing) (Pauly, 1983).

Araştırmada elde edilen sonuçlar bu aşamalara göre değerlendirilecektir. olursa birim güç başına avlanan balık (CPUE) miktarında önemli azalma olduğu dolayısı ile birinci aşamanın çoktan aşıldığı görülmektedir. Boy dağılım grafiklerinden de görüldüğü gibi stoklardan büyük boylu balıklar çekilmiş ve üreme yaşına ya ulaşmamış ya da henüz ulaştığı için bıraktığı yumurta sayısı az ve yumurtasının kondisyonu zayıf bireyler stok içerisinde baskın duruma gelmiştir. Bu durumun 2. aşamayı getireceği de aşikardır.

Ekosistemde daha önce önemsiz olan türlerin önem kazandığı görülmektedir. örneğin Paşa Barbunu (*Upeneus moluccensis*) Kızıldeniz'den Akdenize geçen Lesepsiyen türleridir. Akdeniz'de ekolojik olarak kendisine en çok benzeyen Barbun balığı (*Mullus barbatus*) ile rekabete girmiştir. Barbun balığına kıyasla daha sıçrular tercih eden bu türün Türkiye'nin Akdeniz sahillerindeki yayılımı doğudan batıya doğrudur (Gücü ve ark., 1994). Genellikle Lesepsiyen türler ekosistem ve komünite yapısı stabilizasyonunun bozuk olduğu bölgelerde başarılı yayılım göstergeleri bilinmektedir (Gücü ve Bingel, 1994a). Paşa Barbunu'nun da 1999 yılında Kızılliman Burnu'nun batısında önemli miktarda av vermesinin sebebi de büyük olasılıkla stoğun yapısındaki bozulmadan kaynaklanmaktadır. 1997 yılında Bozyazı'nın Sahil Güvenlik Botuna kavuşmasından bu yana etkinleşen kontrol etkinlikleri sonucu rahatlayan ekosistemde daha önce rekabet nedeni ile yayılmayan türlere fırsat verilmiştir. Bu, bölgede 3. aşamaya ulaşıldığını göstermektedir.

Bu nedenle T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü'nce bu bölgenin 33/1 nolu Su ürünleri sirkülerinde her türlü trol ve gırgır avcılığına kapatılması her ne kadar temel amacın bölgede yoğun olarak bulunan ve üreyen Akdeniz Foku'nun korunması olsa da bölgedeki balık stoklarının eski sağlıklı ve verimli durumuna döndürülmesi bakımından son derece uygun bir karardır. Bu karar ile kaldırılan avcılık baskısı sonucu ile oluşturulacak kuluçkalık alanlarında besin bulma, alan kullanma gibi pekçok bakımından küçük boylu balıklar üzerinde baskın durumda olan büyük boylu balıklar artacaktır. Üreme dönemlerinde birim balık başına atılan yumurta sayısı, yumurtaların açılma oranları artacak, büyük balıkların yumurtlama batımları fazla olması nedeni ile üreme mevsimi uzayacak ve çevresel olumsuzluklardan etkilenme olasılığı azalacaktır. Daha sonra kuluçkalıklarda bırakılan yumurtadan çıkan balıklar balıkçılık sahasının diğer bölgelerine de dağılacaktır. "Kumbaralık" alanlar bu bakımından stokların sigortaları olarak görev yapacak ve buradan çevre balık stoklarına destek sağlanacaktır.

"Kumbaralık" alanlar deniz ekosisteminin korunması bakımından da önemli bir uygulamadır. İnsan etkisinden uzak kalabilmiş bu küçük alanlar nesli tehlike altında olan deniz kaplumbağası, Akdeniz Foku gibi türlerinde korunması açısından son derece gereklidir.

4.5.6. Sonuç

Çalışma sonucunda beklentiği gibi Lesepsiyen balıkların Kuzeydoğu Akdeniz balık faunasında önemli bir yer tuttuğu anlaşılmıştır. Trol

avcılığı sonucunda yakalanan türler gerek biokitle gerekse ekonomik önmleri olarak ele alındıklarında ön sıralarda *Saurida undosquamis*, *Upeneus moluccens*, *Etmureus teres* ve *Dussumeri acuta* gibi türlere rastlanmaktadır.

Diğer taraftan son 10 yıl içerisinde bölgenin balık faunasına 3 yeni tür daha katılmıştır. Bu gelişme de Lesepsiyen göçünün izlenmesi gerektiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Aasen, O. and E. Akyüz, Some data concerning fisheries in the Iskenderun Bay. Rep. Fish. Res. Cen. Istanbul, 1(4):1-8, 1956.
- Akşiray F., 1954. Türkiye Deniz balıkları tayin anahtarı, İstanbul Üniv., Fen Fak., Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü Yayınları, 1,277.
- Akyüz E., 1957. Observation on the Iskenderun red mullet (*Mullus barbatus*) and its environment. Proc. Gen. Counc. Med., 4:305-326
- Al-Momani, I. F., Aygun, S. and Tuncel, G. (1998). Wet deposition of major ions and trace elements in the eastern Mediterranean basin. J. Geophys. Res., 103, 8287-8299.
- Al-Momani, I. F., Tuncel, S., Eler, Ü., örtel, E., Sirin, G. and Tuncel G. (1995). Major ion composition of wet and dry deposition in the eastern Mediterranean basin. The Science of the Total Environment, 164, 75-85.
- Arbouille D. and D.J. Stanley (1991). Late Quaternary evolution of the Burullus lagoon region, north-central Nile delta, Egypt. Mar. Geol., 99: 45-66.
- 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.
- Baker, C.B., J.K. Eischeid, T.R. Karl, and H.F. Diaz, 1995. The quality control of long-term climatological data using objective data analysis. Preprints of AMS Ninth Conference on Applied Climatology, Dallas, TX., January 15-20.
- Alpert, P. and T. Reisin (1986). An Early Winter Polar Air Mass Penetration to the Eastern Mediterranean, Mon. Wea. Rev., 114, 1411-1418.
- Andreae, M. O. (1996). Raising Dust in the Greenhouse, Nature, 380, 389-390.
- Angell, J. K. (1993). Comparison of stratospheric warming following Agung, El Chichon and Pinatubo volcanic eruptions, Geophys. Res. Lett., 20, 715-718.
- Barale, V. 1994. Ocean Colour, Planktonic Pigments and Productivity, *Memoires de l'Institut Oceanographique*, Monaco, 18, 23-33.
- Barnier, B., M. Crepon, and C. Le Provost (1989). Horizontal Ocean Circulation Forced by Deep Water Formation. Part II: A Quasi-Geostrophic Simulation, J. Phys. Oceanogr., 19, 1781- 1793.
- Beckers, J.-M. and J. C. J. Nihoul (1992). Model of Algerian Current's Instability, J. Marine Systems, 3, 441-451.
- Behra, P. and Sigg, L. (1990). Evidence for redox cycling of iron in atmospheric water droplets. Nature, 344, 419-421.
- Ben-Yami M., Exploration of the possible deep-water grounds in the Levant Basin. Stud. Rev. Gen. Fish. Counc. Mediterr. (49):51-9, 1971.
- Berdugo, V., 1968. Sur la presence dans la mediterranea orientale de deux especes du genre Calanopia (Copepoda,Calanoida).Rapp.Comm.int Mer Medit., 19, 3 :445-446.
- Bergametti, G., Dutot, A.L., Buat-Menard, P., Losno, R. and Remoudaki, E. (1989). Seasonal variability of the elemental composition of atmospheric aerosol particles over the north-western Mediterranean. Tellus, 41B, 353-361.

- Bergametti, G., Remoudaki, E., Losno, R., Steiner, E., Chatenet, B. and Buat-Menard, P., (1992). Source, transport and deposition of atmospheric phosphorus over the Northwestern Mediterranean. *J. Atmos. Chem.*, 14, 501-513.
- Beşiktepe, S., Özsoy, E., and Ü. Ünlüata (1993). Filling of the Marmara Sea by the Dardanelles Lower Layer Inflow, *Deep- Sea Res.*, **40(9)**, 1815-1838.
- Beverton, R.J.H., and Holt, S.J. (1957): On the dynamics of exploited fish populations. *Fish.Invest.Ser.* 533 p.
- Bingel, F., A. C. Gücü., E. Eker., A. E. Kideyş., M. A. Latif., M. Ünsal. ve A. Yılmaz., Identification of marine fauna and flora and water quality investigations. Manavgat Water Supply Project. Final report. IMS-METU, Erdemli, 95 p.
- Bingel, F., Doğu Akdeniz'de kıyı balıkçılığı av alanlarında sayısal balıkçılık projesi kesin raporu. ODTÜ-DBE, Erdemli, 312 p., 1987.
- Bingel, F., Erdemli-İçel bölgesi balıkçılığı geliştirme projesi kesin raporu. ODTÜ-DBE, 154 p., 1981.
- Bingel, F., özsoy, E. and Ü. Ünlüata, A review of the state of the fisheries and the environment of the northeastern Mediterranean (Northern Levantine Basin) FAO. Tech. Rep., No 65, FAO-Rome, 74 s, 1993.
- Bizsel C. and Cihangir B. 1997. A new fish record for the Turkish Seas: Yellow mouth Barracuda (Sphyraenidae: *Sphyraena viridensis* Cuvier, 1829) *Turkish J. Zool.* 20 (4):357-359.
- Boden, T. A., Kaiser D. P., Sepanski, R. J., and F. W. Stoss (editors), 1994. Trends '93: A Compendium of Data on Global Change, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, Publication No. ORNL/CDIAC-65, 984+ pp.
- Borbely-Kiss, I., Koltay, E., Szabo, G. Y., Bozo, L. and Tar, K. (1999). Composition and sources of urban and rural atmospheric aerosol in eastern Hungary. *Atmos. Sci.*, 30, 369-391.
- Braarud, T., 1962: Species distribution in marine phytoplankton. *J.Oceanographical Soc. of Japan.* 20th Anniversary Volume.
- Brenner, S. (1996). The Relationship Between Atmospheric Forcing and the Shikmona Gyre, International POEM-BC/MTP Symposium, Molitg les Bains, France, 1-2 July 1996, pp. 87-89.
- Brody, L. R. and M. J. R. Nestor, 1980. *Regional Forecasting Aids for the Mediterranean Basin, Handbook for Forecasters in the Mediterranean, Part 2*, Naval Environmental Prediction Research Facility, Monterey, California, Technical Report TR 80-10, 178pp.
- Casanova J. P., 1973. Penetration du Copepode *Euchaeta concinna Dana* en Méditerranée orientale par le canal de Suez. *Rapp.Comm.int Mer Medit.*, 21,8.;513-515.
- Charlson, R. J., Longner, J. and Rodhe, H. (1990). Sulphate aerosol and climate. *Nature*, 348, 22.
- Charlson, R. J., Longner, J., Rodhe, H., Leavy, C. B. and Warren, S. G. (1991). Perturbation of the Northern hemisphere radiative balance by backscattering from anthropogenic sulphate aerosols. *Tellus*, 43AB, 152.
- Charlson, R. J., Lovelock, J. E., Andreae, M. O. and Warren, S. G. (1987). Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate: A geophysiological feedback, *Nature*, 326, 655-661.

- Charlson, R. J., Schwartz, S. E., Hales, J. M., Cess, R. D. Cookley, J. A., Hansen, J. E. and Hoffman, D. J.(1992). Climate forcing by anthropogenic aerosols. *Science*, 255, 423-430.
- Chester, R., Nimmo, M., Murphy, K. J. T. and Nicolas, E. (1990). Atmospheric trace metals transported to the western Mediterranean: data from a station on Cap Ferrat. *Water Pollution Research Reports*, 20, 597-612.
- Chester, R., Murphy, K. J. T., Lin, F. J., Berry, A. S., Bradshaw, G. A. and Corcoran, P. A. (1993). Factors controlling solubilities of trace metals from non-remote aerosols deposited to the sea surface by the 'dry' deposition mode. *Marine Chemistry*, 42, 107-126.
- Chester, R., Nimmo, M. and Keyse, S. (1996). The influence of Saharan and Middle Eastern desert-derived dust on the trace metal composition of Mediterranean aerosols and rainwaters: an overview. In: *In The Impact of Desert Dust Across the Mediterranean*. (Edited by S. Guerzoni and R. Chester), 253-273. Kluwer Acad. Publisher, Dordrecht, The Netherlands.
- Collins M.B. and F.T Banner (1979) Secchi disk depths, suspensions and circulation, north-eastern Mediterranean Sea. *Marine Geology*, **31**, M39-M46.
- Copin-Montegut, C. & G. Copin-Montegut, 1983. Stoichiometry of carbon, nitrogen and phosphorus in marine particulate matter. *Deep Sea Res.* 30(1):31-46.
- Crepon, M., M. Boukthir, B. Barnier, and F. Aikman (1989). Horizontal Ocean Circulation Forced by Deep Water Formation. Part I: An Analytical Study, *J. Phys. Oceanogr.*, **19**, 1781-1793.
- Cullen, H. (1998). North Atlantic Influence on Middle Eastern Climate and Water Supply, *Climatic Change* (submitted).
- Dayan, U. (1986). Climatology of back trajectories from Israel based on synoptic analysis. *J. Clim. Appl. Meteor.*, 25, 5, 591-595.
- Della Vedova, B., Foucher, J.-P., Pellis, G., Harmegnies, F., and the MEDRIFF Consortium (1995). Heat Flow Measurements in the Mediterranean Ridge Indicate Transient Processes of Heat Transfer between the Sediments and the Water Column (MAST II - MEDRIFF Project), *Rapp. Comm. Int Mer Medit.*, **34**, 100.
- Deveciyan, K., 1926: La peche et Pecheries en Turquie. İstanabul: 480 s.
- Donaghay, P. L., Liss, P. S., Duce, R. A., Kester, D. R., Hanson, A. K., Villareal, T., Tindale, N. W. and Gifford., D. J.(1991). The role of episodic atmospheric nutrient inputs in the chemical and biological dynamics of oceanic ecosystems. *Oceanography*, 4, 2, 62-70.
- Duce, A. and N. W. Tindale (1991). Atmospheric transport of iron and its deposition in the ocean. *Limnology and Oceanography*, 36, 1715-1726.
- Duce, R. A. ve Ark.. (1991). The atmospheric input of trace species to the world ocean. *Global Biogeochem. Cycles* 5, 193-259.
- Dutton, E. G. and J. R. Christy (1992). Solar Radiative Forcing at Selected Locations and Evidence for Global Lower Tropospheric Cooling Following the Eruptions of El Chichon and Pinatubo, *Geophys. Res. Lett.*, **19**, 2323-2316.
- Dutton, E. G., 1994. Atmospheric Solar Transmission at Mauna Loa, In: T. A. Boden, D. P. Kaiser, R. J. Sepanski, and F. W. Stoss (editors), *Trends '93: A Compendium of Data on Global Change*,

- ORNL/CDIAC-65, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge, Tenn., USA.
- 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. Yilmaz, 1996b. Variability of light transparency in physically and biochemically different water masses: Turkish seas, *Fresenius Environmental Bulletin*, 5, 133-140.
- Ediger, D., 1995. Interrelationships among primary production and environmental conditions in the Northern Levantine Basin, Ph. D. Thesis, METU, Institute of Marine Sciences, Erdemli-İçel, 1995, 178pp.
- Eker, E. ve A.E. Kideyş., 1999. Phytoplankton composition ($>55\mu\text{m}$) of the METU-IMS Harbour (Mediterranean Coast of Turkey) from July 1995 to June 1997 with an assessment of the contribution of small ($<55\mu\text{m}$) phytoplankters. *DOĞA Türk Botanik Dergisi*, sunuldu.
- Erel, Y., Pehkonen, S. O. and Hoffmann, M. R. (1993). Redox chemistry of iron in fog and stratus clouds. *J. Geophys. Res.*, 98, 18423-18434.
- 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.
- Falconer, R. E. and Falconer, P. D. (1980). Determination of cloud water acidity at a mountain observatory in the Adirondack Mountains of New York State. *J. Geophys. Res.*, 85, 7465-7470.
- Fiocco, G., D. Fua and G. Visconti, 1996. *The Mount Pinatubo Eruption, Effects on the Atmosphere and Climate*, NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers, 310 pp.
- Fischer, W., Scneider, M. and Bauchot, M.L., 1987: Méditerranée et Mer Noire végétaux et invertébrés zone 37 Fiches FAO d'identification des species pour les besoins de la peche FAO Rome 1(1): 760 p
- Fischer, W., Scneider, M. and Bauchot, M.L., 1987: Méditerranée et Mer Noire végétaux et invertébrés zone 37 Fiches FAO d'identification des species pour les besoins de la peche FAO Rome vol.2: 761-1530
- Galloway, J. N., Likens, G. E., Keene, W. C. and Miller, J. M. (1982). The composition of precipitation in remote areas of the world. *J. Geophys. Res.*, 87, 8771-8786.
- Garrett, C., Outerbridge, R. and K. Thompson (1992). Interannual Variability in Mediterranean Heat and Buoyancy Fluxes, *J. Climatology*.
- Gascard, J. C. (1991). Open Ocean Convection and Deep Water Formation in the Mediterranean, Labrador, Greenland and Weddell Seas, in: P. C. Chu and J. C. Gascard (editors) *Deep Convection and Deep Water Formation in the Oceans*, Elsevier, Amsterdam, pp. 241-265.
- Genin, A., Lazar, B. and S. Brenner, 1995. Vertical Mixing and Coral Death in the Red Sea following the Eruption of Mount Pinatubo, *Nature*, 377, 507-510.

- Gertman, I. F., I. M. Ovchinnikov and Y. I. Popov, 1990. Deep Convection in the Levantine Sea, *Rapp. Comm. Mer Medit.*, 32, 172.
- GESAMP. (1990) Review of potentially harmful substances. Nutrients. IMO/FAO/ UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (GESAMP). Reports and Studies 34. UNESCO, Paris.
- Golani D., 1993. Trophic adaptation of Red Sea fishes to the eastern Mediterranean environment - review and new data. *Isr.J. Zool.* 39:391-402.
- Golley, F. B., 1972. Energy flux in ecosystems. In *Ecosystem structure and function* (ed. J.A. Wiens) s. 69-88. Oregon State University Press, Corvallis, USA.
- Grasshoff, K., M. Ehrhardt & K. Kremling, 1983. Determination of nutrients. In *Methods of Sea Water Analysis*. 2nd edition, Verlag Chemie GmbH, Weinheim: 125-188.
- Güçü A.C. A Box Model For The Basic Elements Of Northeastern Levant Sea (Mediterranean) Trawl Fisheries. *Israel J. of Zool.*, 41(4): 551-568
- Güçü A.C., An Ecosystem Model For the Northeastern Mediterranean. 1st International Mediterranean Fisheries Congress, 9-11 April 1997, İzmir, Turkey, 1997.
- Güçü A.C., Bingel F., Avsar D., And N.Uysal. 1994. Distribution and occurrence of Red Sea fish at the Turkish Mediterranean Coast-Northern Cilician basin. *ACTA ADRIAT.* 34(1/2):103-113.
- Güçü A.C.. and Bingel F. 1995. Trawable species assemblages on the continental shelf of the Northeastern Levant Sea (Mediterranean) with an emphasis on Lesseptian migration. *ACTA ADRIAT.* 35(1/2):83-100.
- Güçü, A. C. and F. Bingel, State of the fisheries along the Turkish Mediterranean Coast. – *Turkish Journal of Zoology* 18: 251–258, Ankara., 1994b
- Güçü, A. C. and F. Bingel, Trawable species assemblages on the continental shelf of the Northeastern Levant Sea (Mediterranean) with an emphasis on Lesseptian migration. *ACTA ADRIAT.* 35(1/2):83-100, 1994a
- Güçü, A. C., 1987. Zooplankton dynamics in the northern Cilician basin -Composition and time series-. MS. Thesis. IMS-METU, Erdemli, 178 p.
- Güçü, A.C. and Biğel, F., Kuzeydoğu Akdeniz Barbunya balıkçılığı üzerine. I. Ulusal Ekoloji ve Çevre Sorunları Kongresi, 5 – 7 Ekim 1993, Izmir., 1993.
- Guerzoni, S., Molinaroli E., Rossini, P., Rampazzo, G., Quarantotto, G., De Falco, G. and Cristini, S. (1999b). Role of desert aerosol in metal fluxes in the Mediterranean area. *Chemosphere*, 39, 229-246.
- Guerzoni, S., Quarantotto, G., Cesari, G., Molinaroli, E., Rampazzo, G. and Le Bolloch, O. (1996). Trace metal composition and grain-size of particulates in aerosols and precipitation collected in N.W. Mediterranean (39°N, 9°E). In: *In The Impact of Desert Dust Across the Mediterranean*. (Edited by S. Guerzoni and R. Chester), 333-338. Kluwer Acad. Publisher, Dordrecht, The Netherlands.

- Guerzoni, S., R. Chester, F. Dulac, B. Herut, M. D. Loyer-Pilot, C. Measures, C. Migon, E. Molinaroli, C. Moulin, P. Rossini, C. Saydam, A. Soudine and P. Ziveri (1999a). The role of atmospheric deposition in the biogeochemistry of the Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 44, 147-190.
- Guieu, C., Chester, R., Nimmo, M., Martin, J. M., Guerzoni, S., Nicolas, E., Mateu, J. ve Keyse, S. (1997). Atmospheric input of dissolved and particulate metals in the NW Mediterranean. *Deep Sea Research II*, 44, N. 3-4, 655-674.
- Guieu, C., J. M. Martin, A. J. Thomas, F. Elbaz-Pochet (1991). Atmospheric versus river inputs of metals to the Gulf of Lions; total concentrations, partitioning and fluxes. *Mar. Pollut. Bull.* 22, 176-183.
- Güllü, G. H., Ölmez, İ. And Tuncel, G. (1996). Chemical concentrations and elements size distributions of aerosols in the eastern Mediterranean during strong dust storms. In: *The Impact of Desert Dust Across the Mediterranean*, pp. 339-347, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Güllü, G. H., Ölmez, İ., Aygun, S. and Tuncel, G. (1998). Atmospheric concentrations of trace elements over the eastern Mediterranean Sea: factors affecting temporal variability. *J. Geophys. Res.*, 103, D17, 21943-21954.
- Güngör, H. 1994. Multivariate Objective Analyses of ADCP and CTD Measurements Applied to the Circulation of the Levantine Sea and Black Sea, M. Sc. Thesis, Institute of Marine Sciences, METU, Erdemli, Turkey.
- Halpert, M. S., Ropelewski, C. F., Karl, T. R., Angell, J. K., Stowe, L. L., Heim, R. R. Jr., Miller, A. J., and D. R. Rodenhuis, 1993. 1992 Brings Return to Moderate Global Temperatures, *EOS*, 74 (28), 21 September 1993, 436-439.
- Harris, J. M. (1992). An analysis of 5-day midtropospheric flow patterns for the South Pole: 1985-1989. *Tellus*, 44B, 409-421.
- Harris, J. M. and J. D. W. Kahl (1990). A descriptive atmospheric transport climatology for the Mauna Loa observatory, using clustered trajectories. *J. Geophys. Res.*, 95, 13651-13667.
- Harris, J. M. and J. D. W. Kahl (1994). Analysis of 10-day isentropic flow patterns for Barrow, Alaska: 1985-1992. *J. Geophys. Res.*, 99, 25845-25855.
- Hecht, A. (1992). Abrupt Changes in the Characteristics of Atlantic and Levantine Intermediate Waters in the Southeastern Levantine Basin, *Oceanol. Acta*, 15, 25-42.
- Hecht, M. W., W. R. Holland, V. Artale and N. Pinardi (1996). North Atlantic Model Sensitivity to Mediterranean Waters (unpublished manuscript).
- Heike, W., Halbach, P., Türkay, M. and H. Weikert (1994). Meteorberichte 94-3, Mittelmeer 1993, Cruise No. 25, 12 May - 20 August 1993, (Cruise Report), (Section 5.2.7).
- Heintzenberg, J., Strom, J. and Ogren, J. A. (1991). Vertical profiles of aerosol properties in the summer troposphere of central Europe, Scandinavia and Svalbard region. *Atmos. Environ.*, 25A, No.3/4, 621-627.
- Herut, B., D. M. Krom, G. Pan and R. Mortimer (1999b) Atmospheric input of nitrogen and phosphorus to the southeast Mediterranean:

- Sources, fluxes and possible impact. *Limnol. Oceanogr.*, 44, 1683-1692.
- Herut, B., T. Zohary, R. D. Robarts and N. Kress (1999a). Adsorption of dissolved phosphate onto loess particles in surface and deep Eastern Mediterranean water. *Mar. Chem.*, 64, 253-265.
- Hoeger, U., Mommsen, T.P., 1984. Hydrolitic enzymes in the two North Sea ctenophores *Pleurobrachia pileus* and *Beroe gracilis*. *Mar. Biol.*, 81, 123-130.
- Holligan, P. M., M. Viollier, D. S. Harbour, P. Camus and M. Champagne-Philippe, 1983. Satellite and Ship Studies of Coccolithophore Production Along a Continental Shelf Edge, *Nature*, 304, 339-342.
- Hurrell, J. W. (1995). Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. *Science*, 269, 676-679.
- Hurrell, J. W. (1996). Influence of Variations in Extratropical Wintertime Teleconnections on Northern Hemisphere Temperatures, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 665-668.
- Ivanov, L., Ş. Beşiktepe and E. Özsoy (1997a). The Black Sea Cold Intermediate Layer, in: E. Özsoy and A. Mikaelyan (editors), *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea*, NATO ASI Series (Partnership Sub-series, Environment, 27), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 253-264.
- Ivanov, L., Ş. Beşiktepe and E. Özsoy (1997b). Physical Oceanography Variability in the Black Sea Pycnocline, in: E. Özsoy and A. Mikaelyan (editors), *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea*, NATO ASI Series (Partnership Sub-series, Environment, 27), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 265-274.
- Jeftic, L., J. D. Milliman and G. Sestini (1992). *Climatic Change and the Mediterranean*, UNEP, Edward Arnold, London, 673pp.
- Jeftic, L., S. Keckes and J. C. Pernetta (1996). *Climatic Change and the Mediterranean*, Volume 2, UNEP, Arnold, London, 564pp.
- JICA (Japan International Cooperation Agency), 1993: Draft final report of Demersal Fisheries resources survey in the Repuplic of Turkey, Sanyo Techno Marine, Inc. AFF JR 93-37, July 1993: 1-1 - 8-9.
- Jickells, T. (1995). Atmospheric inputs of metals and nutrients to the ocean – their magnitude and effects. *Mar. Chem.* 48 (3-4), 199-214.
- Jickells, T. The inputs of dust derived elements to the Sargasso Sea; a synthesis. *In press on: Marine Chemistry*.
- Johnson, R. G. (1997a). Ice Age Initiation by an Ocean-Atmosphere Circulation Change in the Labrador Sea, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 148, 367-379.
- Johnson, R. G. (1997b). Climate Control Requires a Dam at the Strait of Gibraltar, *EOS*, July 8, 1997.
- Katsoulis, B. D. and D. M. Whelpdale (1993). A climatological analysis of four-day back trajectories from Aliartos, Greece. *Theor. Appl. Climatol.*, 47, 93-103.
- Kazan, B. (1994). Geochemistry of surface sediments in the Gulf of İskenderun, Eastern Mediterranean. M.Sc. Thesis, METU-Institute of Marine Sciences, Erdemli, İçel, Turkey, 146p.

- Keene, W. C. and Galloway, J. N. (1984). Organic acidity in precipitation of North America. *Atmos. Environ.*, 18, 2491-2497.
- Kettle, A. J. et al., (1999). A global database of sea surface dimethylsulfide (DMS) measurements and a procedure to predict sea surface DMS as a function of latitude, longitude, and month. *Global Biogeochemical Cycles*, 13, 2, 399-444.
- Keyse, S. (1995). Trace metal chemistry of Mediterranean rain waters. Doktora tezi, Liverpool Üniversitesi, İngiltere.
- Kideys, A. E., 1987. Time series of chlorinated hydrocarbon residues in sea water and plankton. MS. Thesis. IMS-METU, Erdemli, 120 p.
- Kideys, A.E. and Niermann, U., 1994: Occurrence of Mnemiopsis along the Turkish coast. *ICES J. Mar. Sci.*, 51(4): 423-427.
- Kimor, B. ve E. J. F. Wood., 1975. A plankton study in the Eastern Mediterranean Sea. *Marine Biology*. 29, 321-333.
- Koçataş, A., 1981: Liste préliminaire et répartition des Crustacés Decapodes des eaux, Turques Rapp. Comm. Int. Mer. Med. T. 27 2.
- Köksalan, İ., 2000. Weekly changes in marine *Synechococcus* spp. abundance in the northern Levantine basin shelf waters. Master Tezi, IMS-METU, İçel (henüz sunum aşamasında).
- Kopacek, J., Prochazkova, L., Hejzlar, J. and Blazka, P. (1997). Trends and seasonal patterns of bulk deposition of nutrients in the Czech Republic. *Atmos. Env.*, 31, 797-808.
- Kosarev, A. N. and E. A. Yablonskaya (1994). *The Caspian Sea*, Backhuys Publishers, Haague, 259 pp.
- Kovalev A.V., ve Shmeleva A.A., 1982. Fauna of Copepoda in the Mediterranean. Ecology morya, 8. -Kiev, Naukova dumka, 82-87. Rusça.
- 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.
- Kubilay , N. and C.Saydam (1995) Trace elements in atmospheric particulates over the Eastern Mediterranean; Concentrations, sources, and temporal variability. *Atmos.Env.*, 29: 2289-2300.
- Kubilay , N., S. Nickovic, C. Moulin and F. Dulac (2000). An illustration of the transport and deposition of mineral dust onto the eastern Mediterranean. *Atmospheric Environment*, 34/8, 1293-1303.
- Kubilay , N., S.Yemenicioğlu and C.Saydam (1995). Atmospheric particulate collections and their chemical composition over the Black Sea. *Mar.Poll.Bull.*., 30: 475-483.
- Kubilay , N.N., A.C. Saydam, S. Yemenicioğlu, G. Kelling, S. Kapur, C. Karaman, E. Akça (1997). Seasonal chemical and mineralogical variability of atmospheric particles in the coastal region of the Northeast Mediterranean. *Catena*, 28: 313-328.
- Kubiłay, N. N. (1996). The composition of atmospheric aerosol over the eastern Mediterranean: the coupling of geochemical and meteorological parameters. Doktora tezi, 219 sayfa, ODTÜ-DBE, Erdemli.
- Kubilay, N., S.Yemenicioğlu and C.Saydam, (1994). Trace Metal Characterization of Airborne Particles from the Northeastern Mediterranean. *Fresenius Envir. Bull.* 3:444-448 (1994).
- Kubilay, N., Yemenicioğlu, S., and A. C. Saydam (1995). Airborne Material Collections and Their Chemical Composition Over the Black Sea, *Mar. Poll. Bull.*, 30, 475-483.

- Kuru M., 1980. Turkiye Tatlisu Balıkları Kataloğu. H.U. Fen Fakültesi, Beytepe, 73p.
- Kuru, M., 1972: The freshwater fish in the Treme-Bafra region (Black Sea coast). İstanbul Univ. Fen. Fak. Mec. Seri B., 37(1-2): 109-117.
- Kutaygil, N., Bilecik, N., 1976: Observation sur les principaux produits demersaux qui sont pêchés sur les côtes Turques de la mer Noire. Rapp. Comm. Int. Mer. Medit. Monaco, 23(5): 75-77.
- Kutaygil, N., Bilecik, N., 1979: La distribution du *Raja clavata* L. Sur le littoral anatolien de la Mer Noire, Rapp. Comm. Int. Mer. Medit. Monaco, 25-26(10): 95-98.
- Lakkis, S., 1973. Note préliminaire sur la présence et la répartition des Copepodes dans les eaux superficielles Libanaises. Rapp. Comm. int. Mer. Medit., 21, 8.: 459-464
- Launiaien, J. and T. Vihma (1990). Derivation of Turbulent Surface Fluxes-An Iterative Flux-Profile Method Allowing Arbitrary Observing Heights, *Environmental Software*, 5(3), 113-124.
- Li, W. K. W., T. Zohary, Y. Z. Yacobi., ve A. M. Wood., 1993. Ultraphytoplankton in the Mediterranean Sea: towards deriving phytoplankton biomass from flow cytometric measurements of abundance, fluorescence and light scatter. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 102: 79-87.
- Li, X., H. Maring, D. Savoie, K. Voss and J. M. Prospero (1996). Dominance of Mineral Dust in Aerosol Light Scattering in the North Atlantic Trade Winds, *Nature*, 380, 416-419.
- Likens, G., Wright, R., Galloway, J. and Butler, T. (1979). Acid rain. *Scientific American*, 43, 59-67.
- Lipskaya, N.Ya., Luchinskaya, T.N. 1990. The biology of jelly-fish-*Mnemiopsis*. Rybnoe Hozyaistvo. 9, 36-38 (in Russian).
- Lohrenz, S. E., Knauer, G. A., Asper, V. L., Tuel, M., Michaels, A. F. and Knap, A. H., (1992). Seasonal variability in primary production and particle flux in the N-W Sargasso Sea: U.S. JGOFS Bermuda Atlantic Time-series study. *Deep-Sea Research*, 39, 1373-1391.
- 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.
- Losno, R., Bergametti, G., Carlier, P. and Mouvier, G. (1991). Major ions in marine rainwater with attention to sources of alkaline and acidic species. *Atmos. Environ.*, 25A, 763-770.
- Loye-Pilot, M.D., Martin, J. M. and Morelli, J. (1990). Atmospheric input of inorganic nitrogen to the Western Mediterranean. *Biogeochemistry*, 9, 117-134.
- Loye-Pilot, M.D., Martin, J.M. and Morelli, J. (1986). Saharan dust: Influence on the rain acidity and significance for atmospheric input to the Mediterranean. *Nature*, 321, 427-428.
- Mackas, D.L., Kenneth, L.D. and Abbott, M.R., (1985): Plankton Patchiness: Biology in the Physical Vernacular.- *Bull. Mar. Sci.* 57 (2), 652-674.
- Malanotte-Rizzoli, P. and A. R. Robinson (editors) (1994). *Ocean Processes in Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples*, NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences, vol. 419, Kluwer Academic Publishers, 437 pp.

- Malanotte-Rizzoli P., B. B. Manca, M. R. d'Alcala, A. Theocharis, S. Brenner, G. Budillon, E. özsoy (1999) The Eastern Mediterranean in the 80s and in the 90s: the big transition in the intermediate and deep circulations. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 29, 365-395.
- Madec, G. and M. Crepon (1991). Thermohaline-Driven Deep Water Formation in the Northwestern Mediterranean Sea, in: P. C. Chu and J. C. Gascard (editors) *Deep Convection and Deep Water Formation in the Oceans*, Elsevier, Amsterdam, pp. 241-265.
- Mamane, Y., Dayan, U. and Miller, J. M. (1987). Contribution of alkaline and acidic sources to precipitation in Israel. *Sci. Total Environ.*, 61, 15-22.
- Martin, D., Bergametti, G. and Strauss, B. (1990a). On the use of the synoptic vertical velocity in trajectory model: Validation by geochemical tracers. *Atmos. Environ.*, 24A, 8, 2059-2069.
- Martin, D., Mithieux, C. and Strauss, B. (1987). On the use of the synoptic vertical wind component in a transport trajectory model. *Atmos. Environ.*, 21, 45-52.
- Martin, J. H., S. E. Fitzwater and R. M. Gordon, (1990b), Iron deficiency limits phytoplankton growth in Antarctic waters. *Global Biogeochem. Cycl.*, 4, 5-12.
- Martin, J-M., Elbaz-Poulichet, F., Guieu, C., Loyer-Pilot, M.D. and Han, G. (1989). River versus atmospheric input of material to the Mediterranean Sea: an overview. *Marine Chemistry*, 28, 159-182.
- Marshall, J. and Y. Kushnir (1997). A 'white paper' on Atlantic Climate Variability, an unpublished working document.
- Mc Grath, R. (1989). Trajectory models and their use in the Irish Meteorological service. Internal Memorandum No. 112/89. Irish Meteorological Service, Glasnevin Hill, Dublin, pp. 12.
- Measures, C. I. and Vink, S. (1999). Seasonal variations in the distribution of Fe and Al in the surface waters of the Arabian Sea. *Deep Sea Research II* 46, 1597-1622.
- Megard, R.O. and T. Berman, 1989. Effects of algae on the Secchi transparency of the southeastern Mediterranean sea. *Limnology and Oceanography*, 34, 424-432
- Mesinger, F., Janjic, Z. I., Nickovic, S., Gavrilov, D. ve Deaven, D. G. (1988). The step-mountain coordinate: model description ve performance for cases of Alpine lee cyclogenesis ve for a case of Appalachian redevelopment. *Monthly Weather Review*, 116, 1493-1518.
- Meyers, S. D. and J. J. O'Brien, 1995. Pacific Ocean Influences Atmospheric Carbon Dioxide, *EOS*, 76(52), 533-537.
- Migon, M. and Sandroni, V. (1999). Phosphorus in rainwater: Partitioning inputs and impact on the surface coastal ocea. *Limnol. Oceanogr.*, 44, 1160-1165.
- 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.

- Miller, J. M. and J. M. Harris (1985). The flow climatology to Bermuda and its implications for long-range transport. *Atmospheric Environment*, 19, 409-414.
- Miller, J. M., (1981a). A five-year climatology of back trajectories from the Mauna Loa observatory, Hawaii. *Atmos. Env.*, 15, 1553-1558.
- Miller, J. M., (1981b). A five-year climatology of five-day back trajectories from Barrow, Alaska. *Atmos. Env.*, 15, 1401-1405.
- Millot, C., 1991. Mesoscale and Seasonal Variabilities of the Circulation in the Western Mediterranean, *Dyn. Atmos. Oceans*, 15, 179-214.
- Moulin, C., C. E. Lambert, F. Dulac and U. Dayan (1997). Control of atmospheric export of dust from North Africa by the North Atlantic oscillation. *Nature*, 387, 691-694.
- Nguyen, B.C., Belviso, S., Mihalopoulos, N., Gostan, J. and Nival, P. (1988). Dimethyl sulfide production during natural phytoplankton blooms. *Marine Chemistry*, 24, 133-141.
- Nickovic, S. (1996). Modeling of dust process for the Saharan and Mediterranean area. In: *In The Impact of Desert Dust Across the Mediterranean*. (Edited by S. Guerzoni and R. Chester), 15-23. Kluwer Acad. Publisher, Dordrecht, The Netherlands.
- Nickovic, S. and Dobricic, S. (1996). A model for long-range transport of desert dust. *Monthly Weather Review*, 124, 2537-2544.
- Okyar M. (1991). The late Quaternary transgression and its associated submarine stratigraphy of Mersin Bay between the Göksu and the Seyhan Deltas: a geophysical approach. Ph.D. Thesis, METU-Institute of Marine Sciences, Erdemli, İçel, Turkey, 156p.
- Okyar M. ve V. Ediger (1998). Göksu Deltasının Kuvaterner Jeolojisini Sismik Yöntemlerle İncelenmesi Alt Projesi Sonuç Raporu. TÜBİTAK Ulusal Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Araştırma Programı, Proje Kod No: YDABÇAG-374/G. 89s.
- Özarslan, T., Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü'nün 1950-1960 döneminde yapmış olduğu araştırmalar ve bunlardan elde edilen sonuçlar. I.U., Fen Fak. Hidrob. Arast. Enst. Mono. 8., 1974
- Özel, I., 1992. Planktonology. Aegean Univ., Fac. Of Science Publ., Izmir, Turkey, 270 pp.
- Özsoy, E. and H. Güngör, 1993. The Northern Levantine Sea Circulation Based on Combined Analysis of CTD and ADCP Data, In: P. Brasseur (editor), *Data Assimilation: Tools for Modelling the Ocean in a Global Change Perspective*, NATO ASI Series, Springer-Verlag, Berlin, pp. 135 - 165.
- Özsoy, E. and M. A. Latif, 1996b. Climate Variability in the Eastern Mediterranean and the Great Aegean Outflow Anomaly, International POEM-BC/MTP Symposium 'Biological Processes in the Eastern Mediterranean Interaction with Hydrological Structures', Molitg les Bains, France 1-2 July 1996.
- Özsoy, E. (1999). Sensitivity to Global Change in Temperate Euro-Asian Seas (the Mediterranean, Black Sea and Caspian Sea): A Review, in P. Malanotte-Rizzoli and V. N. Eremeev, (editors), *The Eastern Mediterranean as a Laboratory Basin for the Assessment of Contrasting Ecosystems*, NATO Science Series 2, Environmental Security, 51, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 281-300.
- 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.
- 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, H. İ. Sur, J. Bishop, M. A. Latif, Z. Rozentraub and T. Oğuz (1993) A Synthesis of the Levantine Basin circulation and hydrography 1985-1990. *Deep-Sea Res.*, Part II Vol 40, 1075-1120, Special Issue.
- Özsoy, E., N. Kubilay, S. Nickovic, and C. Moulin (2001). A Hemispheric Dust Storm Affecting the Atlantic and Mediterranean (April 1994): Analyses, Modelling, Ground-Based Measurements and Satellite Observations, *J. Geophys. Res.* (in press).
- Özsoy, E., Hecht, A., Ünlüata, Ü., Brenner, S., Sur, H. İ., Bishop, J., Latif, M. A., Rozentraub, Z. and T. Oğuz, 1993b. A Synthesis of the Levantine Basin Circulation and Hydrography, 1985-1990, *Deep-Sea Res.*, 40, 1075-1119.
- Özsoy, E. (2000). Kıyı Geometrisi ile Taban Topografyasının Kıyı ve Kita Sahanlığı Akımlarının Yapısı ve Girdap Oluşumlarına Etkisi. Proje Kesin Raporu R291/00-10 (YDABÇAG- 137). Sunulan kuruluş: TÜBİTAK (TÜBİTAK) Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu. O.D.T.Ü. Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli-İçel, Nisan, 2000, 302pp.
- Özsoy, T. (1999). Kilikya baseni kıyısal sistemine taşınan atmosferik kirleticilerin kaynaklarının belirlenmesi: Atmosferik girdilerin deniz ekosistemi üzerine olan etkileri. Doktora Tezi, 209 sayfa, Mersin Üniversitesi, Çevre Mühendisliği.
- Özsoy, T. and Saydam, A.C. Acidic and alkaline precipitation in the Cilician Basin, northeastern Mediterranean Sea, basında, *Sci. Total Environ.*
- Özsoy, T., C. Saydam, N. Kubilay, O. B. Nalçacı and İ. Salihoglu (1998c). Aerosol Nitrate and Non-Sea-Salt Sulfate Over the Eastern Mediterranean, XXIIIrd NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution, Varna, 28 Sep. - 2 Oct. 1998. (submitted for publication).
- Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.*, (234): 52p.
- Polonsky, A., E. Voskresenskaya and V. Belokopytov, Variability of the Northwestern Black Sea Hydrography and River Discharges as Part of Global Ocean-Atmosphere Fluctuations, in: E. Özsoy and A. Mikaelyan (editors), *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea*, NATO ASI Series (Partnership Sub-series 2, Environment, 27), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 536 pp., 1997.
- Pszenny, A. A. P., MacIntyre, F., Duce, R. A. (1982). Sea-Salt and the acidity of marine rain on the windward coast of Samoa. *Geophys. Res. Lett.*, 9, 751-754.
- Reid, J. L. (1994). On the Total Geostrophic Circulation of the North Atlantic Ocean: Flow Patterns, Tracers and Transports, *Prog. Oceanogr.*, 33, 1-92.
- Reiter, E. R., 1975. Handbook for Forecasters in the Mediterranean; Weather Phenomena of the Mediterranean Basin; Part 1: General Description of the Meteorological Processes, Environmental

- Prediction Research Facility, Naval Postgraduate School, Monterey, California, Technical Paper No. 5-75, 344p.
- Reports to the Nation on Our Changing Planet: El Nino and Climate Prediction, 1994. Office of Global Programs of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).
- Ricker, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. (191), 382p.
- Rimmelin, P., Dumon, J-C., Burdloff, D. and Maneux, E. (1999). Atmospheric deposits of dissolved inorganic nitrogen in the southwest of France. Sci. Total Environ., 226, 213-225.
- Rodionov, S. N. (1994). *Global and Regional Climate Interaction: The Caspian Sea Experience*, Water Science and Technology Library, v. 11, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 256 pp.
- Roether, W. and R. Schlitzer (1991). Eastern Mediterranean Deep Water Renewal on the Basis of Chlorofluoromethane and Tritium Data, *Dyn. Atmos. Oceans*, 15, 333-354.
- Roether, W. V. M. Roussenov and R. Well (1994). A Tracer Study of the Thermohaline Circulation of the Eastern Mediterranean, in: P. Malanotte-Rizzoli and A. R. Robinson (editors), *Ocean Processes in Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples*, NATO ASI Series C: Mathematical and Physical Sciences, vol. 419, Kluwer Academic Publishers, pp. 371-394.
- Roether, W., B. B. Manca, B. Klein, D. Bregant, D. Georgopoulos, V. Beitzel, Kovacevich, Aç Luchetta (1996) Recent changes in the Eastern Mediterranean deep waters. *Science* 271, 333-335.
- 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.
- Salihoğlu, İ., A.C.Gücü, Z. Uysal ve A.Yılmaz., 1997. Kuzeydoğu Akdeniz Ekolojisi. "Kuzeydoğu Akdeniz Ekolojisi çerçevesinde Lesepsiyen balıkların ve balık faunasındaki yerlerinin belirlenmesi ve Rodos döngüsünde birincil üretim, pikoplankton, fitoplankton ve zooplankton komünite yapısı, dağılımı ve fiziko-kimyasal faktörlerle etkileşimi. TÜBİTAK Proje No: YDABÇAG 449/G. ODTÜ-Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü. Mersin.
- Sancho, P., J. De La Cruz, A. Diaz, F. Martin, E. Hernandez, F.Valero and B. Albarran (1992). A five-year climatology of back-trajectories from the Izana baseline station, Tenerife, Canary Islands. *Atmos. Env.*, 26A, 1081-1096.
- 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.
- Schlitzer, R., Roether, W., Oster, H., Junghans, H.-G., Hausmann, M., Johannsen H. and A. Michelato (1991). Chlorofluoromethane and

- Oxygen in the Eastern Mediterranean, *Deep-Sea Res.*, **38**, 1351-1551.
- Schwartz, S. E. (1996). The whitehouse effect-Shortwave radiative forcing of climate by anthropogenic aerosols: an overview. *Journal of Aerosol Science*, **27**, 359-382.
- Send, U., J. Font and C. Mertens (1996). Recent Observation Indicates Convection's Role in Deep Water Circulation, *EOS*, **77**(7), February 13, 61-65.
- Sherry, N. D., ve Z. Uysal., 1995. Diurnal and spatial variability in picocyanobacterial abundance during February in the Arabian Sea. Annual meeting of Phycological Soc. of America. August 1995, Breckenridge, CA. U.S.A.
- SHOD (1981a). Anamur Burnu-İncekum Burnu (1/100.000 ölçekli) 331 no'lu seyir haritası. Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, Çubuklu, İstanbul, Türkiye.
- SHOD (1981b). İncekum Burnu-Mersin (1/100.000 ölçekli) 332 no'lu seyir haritası. Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, Çubuklu, İstanbul, Türkiye.
- Sparre, P., Ursin, E., Venema S.C., 1989: Instroduction to tropical fish stock assessment . part. 1. Manual FAO Fish. Tech. Paper 306.1: 337 p.
- Strickland, J.D., 1972. Research on the marine planctonic food web at the institute of marine resources: a review of the past seven years of work. *Oceanogr. Mar. biol. Ann. Rev.* (ed. H. Barnes) **10**, 349-414.
- 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.
- TÜBİTAK, (1997a), Salihoğlu, İ., Kubilay, N., Yemenicioğlu, S., özsoy, T. and Karakoç, F., Ulusal Deniz ölçme Araştırma Programı, Atmosferik Kirleticilerin Taşınımı and Kaynaklarının Belirlenmesi, Proje Kod No:YDABÇAG-462/G, 1995 Yılı Nihai Raporu, ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü Ocak 1997.
- TÜBİTAK, (1997b), Salihoğlu, İ., Saydam, A. C., özsoy, T., Kubilay, N. and Yemenicioğlu, S. Ulusal Deniz ölçme Araştırma Programı Atmosferik Kirleticilerin Taşınımı and Kaynaklarının Belirlenmesi TÜBİTAK Proje Kod No: YDABÇAG - 462/G 1996 Yılı Nihai Raporu, ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü, Haziran 1997.
- Türkeş, M., Sümer, U., and G. Kılıç, 1995. Variations and Trends in Annual Mean Air Temperatures in Turkey With Respect To Climatic Variability, *International Journal of Climatology*, **15**, 557-569.
- Turley, C. M. (1997). The Changing Mediterranean Sea-A Sensitive Ecosystem?, Abstracts Volume, International Conference on the Progress in Oceanography of the Mediterranean Sea, EC-MAST Programme, Rome, November 17-19, 1997.
- Uysal, Z., and Ünsal, M., 1996: Spatial distribution of net diatoms along adjacent water masses of different origin. *Turkish Journal of Botany*. **20**, 519-525.
- Uysal, Z., ve A. A. Shmeleva, 2002. New species of the genus *Scaphocalanus* (Calanoida : Scolecithricidae) from the Iskenderun Bay – northeastern Levantine Basin. *Hydrobiologia*, **470**:45-48.

- Uysal, Z., A. E. Kideys, A. A. Shmeleva, J.A. Zagorodnyaya ve A.D. Goubanova, 2002. Checklist of copepods (Calanoida and Podoplea) from the northern Levantine basin shelf waters. *Hydrobiologia*, 482: 15-21.
- Uysal, Z., Mitsunori IWATAKI, Tufan KORAY, 2003. On the presence of *Heterocapsa pygmaea* A.R.Loebl. (*Peridiniales, Dinophyceae*) in the northern Levantine basin (eastern Mediterranean). *Doga, Turkish Journal of Botany*. 27: 149-152.
- Uysal, Z., Ludmilla Senichkina, Ludmilla Kuzmenko, Ludmilla Georgieva & Dennis Altukhov, 2003a. Weekly changes in phytoplankton species composition, diversity, abundance, and biomass across the northern Levantine basin shelf waters. In Proceedings, Yilmaz A., (Ed). Second International Conference on "Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins" 14-18 October 2002. METU Cultural and Convention Center, Ankara, Turkey. 680-686.
- Uysal, Z., Shmeleva, Alexandra. A., Gubanova , Alexandra. D., and Altukhov, Dennis., 2003b. Copepod fauna of the northern Levantine basin shelf waters. In Proceedings, Yilmaz A., (Ed). Second International Conference on "Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins" 14-18 October 2002. METU Cultural and Convention Center, Ankara, Turkey. P. 828-832.
- Uysal, Z., Shmeleva, A., 2004. Two new species of the genus Calanopia (Copepoda: Calanoida, Pontellidae) from the northern Levantine basin (Mediterranean Sea). *Vestnik Zoologii*, 38:4, 9-13.
- 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.
- Vihma, T. (1995). Atmosphere-Surface Interactions over Polar Oceans and Heterogenous Surfaces, *Finnish Marine Res.* **264**, 3-41.
- Vladimirov, V. L., V. I. Mankovsky, M. V. Solov'ev and A. V. Mishonov (1997). Seasonal and Long-term Variability of the Black Sea Optical Parameters, in: E. Özsoy and A. Mikaelyan (editors), *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea*, NATO ASI Series (Partnership Sub-series 2, Environment, 27), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 536 pp.
- Wallace, J. M. and M. L. Blackmon, Observations of Low-frequency Atmospheric Variability, in: B. J. Hoskins, and R. P. Pearce, *Large-Scale Dynamical Processes in the Atmosphere*, Academic Press, 397 pp.
- Wachter, H., 1973. Meteorology, Forecasting the Weather, 128, Collins Publisher, New York.
- Ward, N., 1995. Local and Remote Climate Variability Associated with Mediterranean Sea-Surface Temperature Anomalies, European Research Conference on Mediterranean Forecasting, La Londe les Maures, France, 21-26 October 1995.
- Weikert, H. (1996). Changes in Levantine Deep Sea Zooplankton, International POEM-BC/MTP Symposium, Molitg les Bains, France, 1-2 July 1996, pp. 99-101.
- Wensink, H. and G. Campbell (1997). Bathymetric Map Production Using the ERS SAR, Backscatter, 8(1), 16-22.

- Wilson, M. F. and Henderson-Sellers, A. (1984). Land cover ve soil data sets for use in general circulation climate models. *J. Climatol.*, 5, 119-143.
- Woodruff, S.D., S.J. Lubker, K. Wolter, S.J. Worley, and J.D. Elms, 1993. Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (COADS) Release 1a: 1980-92. *Earth System Monitor*, 4(1), 1-8.
- Wootton, R.J. 1992. Ecology of teleost fish. Chapman & Hall. London UK. 404p.
- Wüst G. (1961) On the vertical circulation of the Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research*, **66**, 3261-3292.
- 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. & S.Tuğrul, 1998. 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).
- 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., D. Ediger, Ç. Polat, S. Tuğrul, and İ. Salihoglu (1996). The Effect of Cold and Warm Core Eddies on the Distribution and Stoichiometry of Dissolved Nutrients and Enhancement of Primary Production and Changes in Elemental Composition of Phytoplankton in the Eastern Mediterranean, International POEM-BC/MTP Symposium, Molitg les Bains, France, 1-2 July 1996, pp. 122-127.
- Yüce H. and B. Alpar (1994) Water level variations in the Northern Levantine Sea. *Oceanologica Acta*, **17**, 249-254.
- Zaitsev, Yu. and V. Mamaev (1997). Marine Biological Diversity in the Black Sea, A Study of Change and Decline, Black Sea Environmental Series, Black Sea Environmental Series, Vol. 3, GEF Black Sea Environmental Programme, United Nations Publications, New York, 208 pp.
- Zhang, J. and Liu, G. (1994). Observations on nutrient elements and sulphate in atmospheric wet depositions over the northwest Pacific coastal oceans-Yellow Sea. *Marine Chemistry*, 47, 173-189.

EK A

Özsoy et al., JGR 2001

A hemispheric dust storm affecting the Atlantic and Mediterranean in April 1994: Analyses, modeling, ground-based measurements and satellite observations

Emin Özsoy and Nilgün Kübilay

Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Erdemli, İcel, Turkey

Slavodan Nickovic

Euro-Mediterranean Centre on Insular Coastal Dynamics, Valletta, Malta

Cyril Moulin

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (CEA/CNRS), Gif-sur-Yvette, France

Abstract. One of the largest recorded dust transport events originating from the great Sahara desert during April 1994 affected the entire region extending from the Caribbean to the Eurasian continent. This hemispherical transport of airborne dust took place during a series of storms that developed during the first three weeks of April in a background of low-index circulation. These repeated events are studied through the combined analyses and interpretation of atmospheric data, ground-based aerosol measurements, visibility observations, AVHRR and Meteosat visible band satellite data, and the results of Eta model simulations, including an aerosol transport component. The observations produce a consistent picture of the temporal and spatial development of the dust events, whose main features are used in parts to verify the model results. The rate of dust suspension from some areas of the western Sahara desert exceeded $1.5 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ and the maximum column integrated dust load reached 2 g m^{-2} during April 3–5 1994, when the first major suspension event produced two simultaneous pulses of dust moving in opposite directions across the subtropical Atlantic Ocean and the eastern Mediterranean Sea. These dust suspensions were created by surface winds resulting from subsidence on the northeastern side of a blocking anticyclone in the Atlantic region and subsequent winds of an intense developing cyclone in the Mediterranean-African region. In the following period, maximum dust loads of 4.5 and 2.5 g m^{-2} occurred on April 12 and 17, respectively, when new cyclones transported dust across the Mediterranean from Africa to Europe. The generation of the two dust pulses during the first even and the recurrent cyclone transport in the following period is shown to be the result of a large-scale, anomalous atmospheric circulation connected with blocking in the Atlantic Ocean and the interactions of upper air jets downstream of the blocking. The particular state of the hemispheric circulation during the studied period corresponded to the positive phase of the North Atlantic Oscillation (NAO). While previous statistical evidence has consistently linked dust transport in the region with the NAO signatures, we show the same connection on the basis of this case study.

1. Introduction

The aeolian transport of desert dust is an important modifier of climate, through its effects on the following:

Copyright 2001 by the American Geophysical Union.

Paper number 2000JD900796.
0148-0227/01/2000JD9007\$10.00

ing: backscattering and absorption of solar and terrestrial radiation [Miller and Tegen, 1998, 1999; Tegen *et al.*, 1996], the heat budgets of the lower troposphere [Alpert *et al.*, 1999] and the surface layers of the ocean [Schäffer and Merrill, 1994], especially in the case of semienclosed seas [Gloss and Garrett, 1994], greenhouse gases [Dentener *et al.*, 1996], and marine biogeochemistry [Duce *et al.*, 1991; Garside *et al.*, 1999].

18,439

The availability and abundance of desert dust in the atmosphere is directly affected by changes in climate [Tegen et al., 1996], and there are indications that the dust events in the Mediterranean region have been increasing in the 1990s [Auda and Petrelles, 1999]. Large-scale controls are anticipated. The North Atlantic Oscillation (NAO) is well correlated with Saharan dust events [Moulin et al., 1997]. Saharan dust at Barbados Islands is found to depend on drought conditions and El Niño/Southern Oscillation (ENSO) [Prospero and Nino, 1988]. Large-scale controls are important in the eastern Mediterranean-Eurasian region, where the coupled land-ocean-atmosphere variability of the various regional seas, and the atmosphere appears to have a synchronized response to these controls [Özsoy et al., 1999].

Transport of dust from the great Sahara into the Mediterranean Sea and the Atlantic Ocean tends to occur simultaneously under exceptional cases [Moulin et al., 1997]. For the studied case of April 1994, maximum dust concentrations for the last 30 years were measured at Barbados [Li et al., 1996; Andreu, 1996], and for the period 1985-1994 at Sal Island [Moulin, 1997], which possibly corresponded to one of the largest of such events in the eastern Mediterranean, where the record is relatively shorter. The authors experienced the event in Erdemli, on the Mediterranean coast of Turkey, where the screening of the solar radiation produced a marked decrease in visibility and partial darkness during daytime. The maximum measured dust concentration at this site was 1.6 mg/m^3 .

Despite their great importance, the typical meteorological conditions leading to dust suspension and transport are difficult to predict or have not been sufficiently well characterized, because they seem to depend on the specific conditions of each region.

Dust is mobilized from the Sahara desert by aeolian processes and transported to the Atlantic Ocean, Mediterranean-European and India Ocean regions [e.g., Houser et al., 1997]. The mobilization of dust has seasonal as well as diurnal cycles that depend on source characteristics as well as wind climatology. Results derived from satellite observations [Houser et al., 1997], surface visibility data [Albarone et al., 1997], and the fusion of the various sources of data [Houser and Houser, 1996] show a seasonal shift in the westward plume of aerosols from the Sahel or sub-Saharan region in winter and spring to the central Saharan region at a more northerly latitude in summer. There has been some controversy assigning to either the Sahel region or the Saharan region more weight as the main source region of African dust [e.g., Mbourou et al., 1997], but finally it seems clear that the anthropogenically disturbed soils of the Sahel region also have a significant contribution in addition to the Saharan sources. In summer the transported aerosols are almost twice as large as in winter [Houser et al., 1997]. The increased numbers of tropical storms and wave disturbances within the tropical easterly jet transport dust from Africa toward the trop-

ical Atlantic, reaching the Caribbean Sea and North America [Prospero, 1981, 1999; Karpicke and Carlson, 1988; Odé et al., 1991; Perry et al., 1997].

Some Mediterranean dust events have been connected with North African "Sharav" cyclones [Alpert and Ziv, 1989] typically occurring in the winter and spring, and emerging into the eastern Mediterranean from south of the Atlas Mountains [Reiter, 1979; Brody and Nestor, 1990]. Egger et al. [1995] have suggested an increase in baroclinicity near the coast as a result of the approach of the polar front in spring, having a major impact on the formation of Sharav cyclones, successfully incorporated into a dynamical model.

In winter and spring the Mediterranean Sea is affected by two upper air jet streams: the polar front jet stream (PFJ), originally located over Europe, meanders and affects the Mediterranean region during periods of low-index circulation, while the subtropical jet stream (STJ) is typically located over northern Africa. The combined effects of these westerly jets in winter and spring support easterly propagating extratropical cyclone systems as well as frequent cyclogenesis in the Mediterranean-African region [Reiter, 1975]. One of the important Mediterranean cyclogenesis mechanisms, first suggested by Reiter [1975], later confirmed by Preziosi et al. [1990] and Preziosi [1998] is the interaction of the polar front jet stream (PFJ) and the subtropical jet stream (STJ).

Alpert and Ziv [1989] and Alpert and Ganor [1993] demonstrated a strong relationship between the jet stream and the cyclogenesis over north Africa, resulting in the dust plume intrusion in the Mediterranean. A relationship between the jet streams and severe dust storms has also been recognized by Danielsen [1974] in the case of the American continent and by El-Tantawy [1961] in the case of the Middle East, who have suggested that the activity of the cyclones leading to dust transport were strongly correlated with the STJ and, in severe weather events, with the southwest transition of the PFJ.

We study the spectacular dust storm of April 1994 through analyses of ground- and satellite-based observations and model simulations. In section 2 we provide details of the data and methodology used, then in section 3 we interpret and discuss our results. Section 4 gives brief conclusions and suggestions for further research.

2. Methodology

2.1. Ground-Based Measurements

Aerosol measurements were available at Erdemli on the Turkish Mediterranean coast (36°N , 24°E ; height, 21 m) [Kablay and Sogut, 1995] and at island stations in the tropical Atlantic (Barbados, 13°N , 59°W), [Li et al., 1996] and Sal Island (16.7°N , 23.0°W ; height 125 m) [Chapello et al., 1995, 1997]. In the present study, dust concentration is computed from aluminum,

obtained by elemental analysis at Erdemli, and from silicon concentration at Sal Island.

Horizontal extinction coefficient calculated from standard (WMO) visibility measurements at meteorological stations were obtained from the Center for Air Pollution and Trend Analysis, Washington University (J. Husar, personal communication, 1990). Rawinsonde data were acquired from the National Climatic Data Center (NCDC) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

2.2. Satellite Data

Both the AVHRR visible and infrared data from NOAA satellites and the Meteosat satellite were analyzed and used for comparisons. The daily composite images in Plate 1 were made by combining aerosol optical depth (AOD) for dust over the ocean, obtained from the VIS band of the Meteosat (following Dulac et al. [1992] and Moulin [1997]), and infrared difference dust index (IDDI) over the continents obtained from its IR band (following a simplified version of the method by M. Legrand). Cloud pixels were then superimposed, as seen using the IR band, with a white color denoting the high-altitude and grey denoting the low-altitude clouds, to visualize weather systems responsible for the suspension and transport processes.

2.3. Atmospheric Model

The Eta regional atmospheric model, originally developed by the University of Belgrade and the Federal Hydrometeorological Institute of Yugoslavia, with further improvements made by the National Centers for Environmental Prediction, Washington, D. C. is used for the simulation of the atmospheric dynamics and dust transport. The model makes use of the numerical techniques and parameterizations, as discussed by Janjić [1977], [1984], Meninger et al. [1988], and Janjić [1990, 1994]. The dynamics of the model is based on large-scale numerical solutions controlled by conservation of integral properties, energetically consistent time-difference splitting and the step-like mountain representation. The model physics consists of the viscous sublayer models over water, a turbulence closure scheme based on Kolmogorov-Helmholtz theory, the Betts-Miller-Janus deep and shallow moist convection scheme, the land surface scheme, the grid-scale precipitation scheme, and the radiation scheme.

At this level of model development there are several simplifications introduced in our model setup. First, we assume that dust particles have a uniform size with a diameter of 2 μm , simplifying the real-particle size distribution. The chosen diameter falls into the interval of dust particles observed to travel longer distances [Perry et al., 1997] and is well detected by satellite observations. Furthermore, dust concentration is also considered to be chemically passive and a substance that does not affect the atmospheric radiation processes. The radiation effects will be a matter of separate future development, assuming that they cannot significantly modify temperature profiles in our rather short-term model experiments.

The conservation equation for dust is integrated on line, within the Eta atmospheric model. The dust part of the model describes all the major components of the atmospheric dust cycle. Numerical schemes for advection, turbulent mixing in the free atmosphere, and horizontal diffusion of dust are analogous to the schemes used for other scalar variables in the model. Because the detailed description of the model is given elsewhere [Nickovic and Dobricic, 1996], and successfully tested in other cases [Kulikov et al., 2000; Nickovic et al., 1997], it is not repeated here. Further development of the model with other applications can be found in the work of Nickovic et al. [this issue].

The surface dust source points in the model are specified according to the Wilson and Henderson-Sellers [1984] global $1^\circ \times 1^\circ$ vegetation data set. Vegetation types 70 (sand desert and barren land) and 71 (scrub desert and semidesert) are used to define the dust source points in the model. Dust suspension from the Earth's surface is a function of the availability at the surface, soil wetness, and the applied wind stress (friction velocity) [Nickovic and Dobricic, 1996].

In designing the dust production scheme, the viscous sublayer model is used [Nickovic et al., 1997], exploiting the physical similarity between turbulent mixing over the sea and over deserts [Chandrasekhar, 1986; Segel, 1990]. Following the analogy with momentum-heat-moisture-surface interchange of the atmospheric parameters, it is assumed that in the case of dust mixing a thin viscous sublayer just above the desert surface sublayer is created under smooth flow conditions. The transition toward the rough flow is happening with the increased turbulent mixing. Under fully developed turbulence the viscous sublayer vanishes and mobilization and sublation of particles over dust surface starts. Under such conditions there is an efficient interchange of dust material between the desert surface and the atmosphere. Ground wetness effects on dust production are incorporated as well. Once injected into the atmosphere, dust is transferred in the vertical by the vertical advection and vertical turbulent mixing processes. The vertical advection scheme conserves the dust mass and does not produce new maxima. Wet deposition due to precipitation is represented by a scavenging parameterization scheme. The dry deposition scheme takes into account gravitation settling effects.

The present model of dust suspension, transport, and deposition has produced reliable results in a number of earlier tests, where the concentration and spatial coverage of dust over the sea have been verified with satellite and ground-based dust measurements in the western and eastern basins of the Mediterranean for a number of major dust storms [Nickovic and Dobricic, 1996; Kulikov et al., 2000; Nickovic et al., this issue].

The April 1994 dust transport episode was simulated with the model domain covering most of the Sahara and

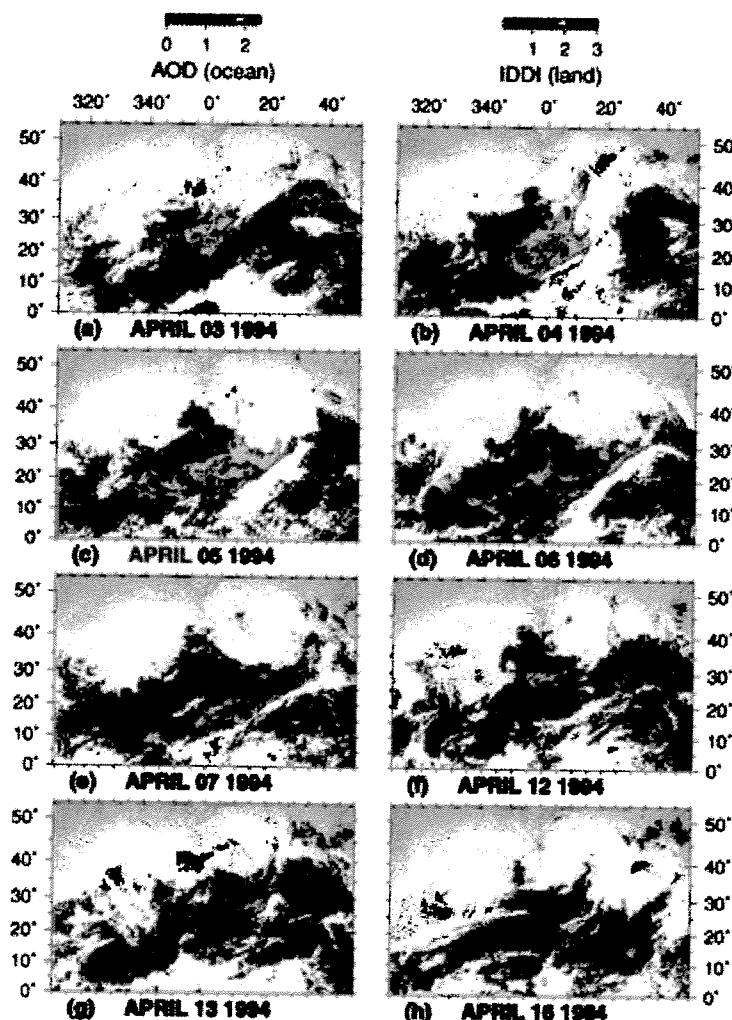


Plate 1. Satellite-derived daily composite images of aerosol optical depth (AOD) derived from Meteosat visible data over the sea and infrared difference dust index (IDDI) derived from raw counts of infrared data over land on (a) April 3, (b) April 4, (c) April 5, (d) April 6, (e) April 7, (f) April 12, (g) April 13, (h) April 16, 1994.

the Atlantic, with a resolution of $0.75^\circ \times 0.75^\circ$ (horizontal) and 32 model vertical layers (distributed as 4 levels within the first 250 m, 7 levels within 0.25-1.00 km, 10 levels within 1.5 km and 11 levels within 5-10 km elevations). The model was run from March 29 to April 22, 1994, in a sequence of 24 hour simulations. The meteorological part of the model was initialized using the objective analyses of the European Center for Medium-Range Forecasts (ECMWF) with updates every 24 hours. The ECMWF fields were also used in order to specify the model lateral boundary conditions

with updates every 6 hours. The model dust fields were updated every 24 hours, based on the previous day's run. The model topography and soil types, used to characterize desert areas, are shown in Figure 1.

3. Results and Discussion

3.1. Atmospheric Blocking and Jet Interactions

We first describe changes in the hemispherical weather in this section to identify the underlying features of the

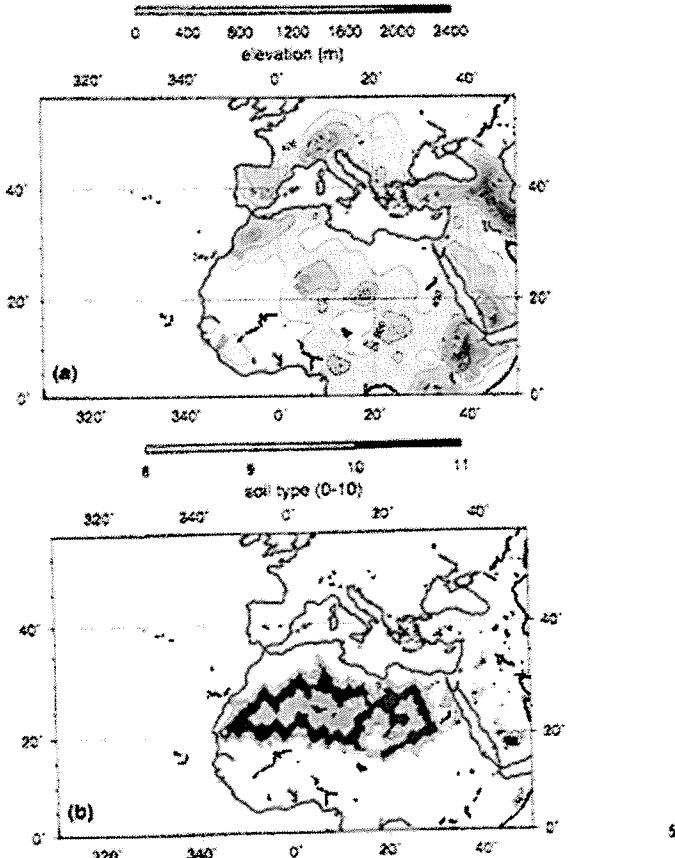


Figure 1. (a) Surface topography, and (b) soil-type classification showing desert and semidesert areas used in the model.

circulation and wind systems driving peak dust suspension and transport during the period of investigation.

The synoptic situation on April 1, 1994, was characterized by the subtropical high pressure at 35°N, 35°W, the subpolar (Icelandic) low pressure at 65°N, 10°W, both centered in the Atlantic Ocean, and the equatorial low pressure across the tropical Atlantic and the African continent. The Siberian high pressure dominated the Eurasian continent, except near the Middle East, where a cyclone had passed in the earlier period. The central Mediterranean was dominated by high pressure.

During the following period in the first part of April 1994 the hemispheric circulation underwent an "index cycle," developing low zonal index (meridional) patterns and repeated cyclone activity that persists for more than 2 weeks. In Figures 2 and 3 we show the hemispheric development based on atmospheric data obtained from NOAA Climate Diagnostics Center, whereas the model results displayed later are based on ECMWF data initializations.

The geopotential height field at 500 hPa pressure level on April 1 (Figure 2a) shows a coherent zonal flow, excluding a dipole in the Atlantic Ocean (25°N). This dipole at midtroposphere is slightly shifted to the south relative to the subtropical anticyclone at the surface (not shown). An inspection of the circulation indicates that the subtropical high pressure pressed toward Spain around April 2–4, and in the following days, the uniform zonal jet at 500 hPa developed into a low-index, meridionally perturbed flow over Europe and the Middle East. On April 4 a cutoff low developed near the eastern part of the Atlas Mountains (35°N 10°E) in the western Mediterranean Sea. On April 5 (Figure 2b) the cutoff low, marking a deep cyclone, shifted east to about 35°N, 14°E on the 500 hPa geopotential field. The cyclone on the sea level pressure maps (not shown) later moved north to the Balkans and eastern Europe through the Gulf of Sirt, reaching the positions 42°N, 20°E on April 6; 52°N, 22°E on April 7; 60°N, 22°E on April 8, and disappearing thereafter. On April 9 (Figure 2c) the meandering of the zonal jet increases and extends from Europe across Asia into the Pacific region. On April 13 (Figure 2d) the low-index flow develops further and extends eastward from the mid-Atlantic region, with a weak jet shifted north of Europe. A cyclone persists over southern Europe and its surface center shifts to western North Africa on April 15, and moves once again over the Mediterranean on April 16. On April 17 the cyclone is evident in the 500 hPa geopotential height (Figure 2e) and affects north Africa till April 20. During the entire period of investigation the recurrent cyclone centers follow circular trajectories: after approaching the eastern Mediterranean from the west, they turn north and later west to be reformed in northwest Europe before moving east. The recurrent cyclones thus form a semistationary weather pattern in which the cyclones are diverted north before they are advected east, partially in agreement with the

weakened jet flow over Europe observed in the 500 hPa geopotential fields.

The blocking circulation in the Atlantic region displayed in Figures 2 and 3, evidently having a prominent baroclinic component, forces the upper tropospheric jet streams downstream of it to approach each other and come into contact in the following period. This is best displayed by a sequence of daily upper air winds in Figure 3. The shaded areas are the projections of the regions where the upper air speed exceeds 30 m/s, i.e., the cores of the polar and subtropical jet streams. During the later part of March and on April 1 (Figure 3a), there are two separate jet streams over the Atlantic and European regions, one located at high latitudes and the other at low latitudes; then on April 2–4, the two jets start to interact. On April 5 the zonal jet starts to get deformed and bows toward Africa, while meanders develop near its extension zone over Europe and the Middle East (Figure 3b). During April 5–7 the meridional pattern of circulation is further deformed, and the two jets, which come into contact in the preceding days, finally coalesce on April 9 (Figure 3c) to form a single jet extending from the Mediterranean-European region to central Asia near the Himalaya Mountains. By April 13 (Figure 3d) the subtropical jet becomes more coherent and strong compared to the polar jet, which develops new meanders but with smaller speed.

Low zonal index circulations in the atmosphere are often associated with "blocking," when a quasi-stationary air mass blocks and diverts the mean flow, as shown in the April 1994 case. Blocking typically develops in the midlatitudes, where it is normally least expected (based on destabilizing effects of zonal jets and baroclinicity) and accounts for a considerable portion of the low-frequency variability in the atmosphere [Wallace and Blackman, 1983]. Meanders, or coherent dipole vortices, arising through nonlinear processes, represent stable patterns (with a high pressure center located north of a low) embedded in a zonal mean flow which ideally develop blocking conditions [McWilliams, 1980; Fierl et al., 1980]. We observe all of the above to be dominating the investigated case.

3.2. Dust Suspension and Transport

A review of satellite-derived daily composite images of dust-related AOD over the sea and IDDI over land, for the period of interest (Plate 1), shows the sources and distribution of consecutive dust events in the Mediterranean and subtropical Atlantic regions through the period. Corresponding to an increased momentum transport from the atmosphere toward the ground over the desert areas of Saharan Africa during either subsidence coming from the North Atlantic or cyclonic development in the Mediterranean-African regions, the IDDI shows an increased source activity (suspension) in those regions. In Plate 1, immediately after the period of increased IDDI over land, increased amounts of dust in the adjoining Atlantic Ocean and eastern Medi-

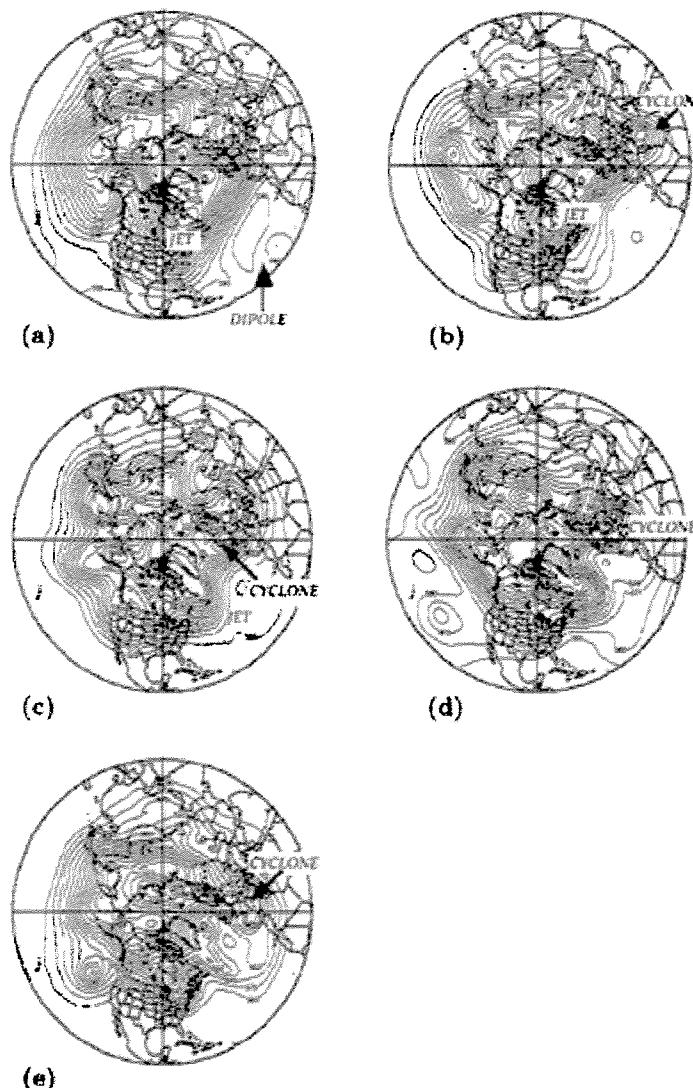


Figure 2. Geopotential height at 500 hPa pressure level for the Northern Hemisphere on (a) April 1, (b) April 5, (c) April 9, (d) April 13, (e) April 17. The source for the data is NOAA Climate Diagnostic Center (plotting page URL <http://www.cdc.noaa.gov/HistData/>).

7

desert regions are evident from AOD measured over the oceans, confirming that the dust suspended over the Sahara is transferred to the adjoining ocean regions.

On April 3 and 4 (Plates 1a, 1b) we find a large area of suspended dust (IDDI) in the western great Sahara in agreement with the increased biomass there (compare Figure 4a), which then moves east across the desert toward the Gulf of Suez during the following days. On April 5 and 6 (Plates 1c, 1d), along with a decrease in the activity of the source areas in western Sahara (IDDI), new source areas of dust are formed in the east (compare Figures 4b, 4c). The dust cloud in the eastern

Mediterranean (IDDI and AOD) is partially masked by the clouds of the developing cyclone between Tunisia and the Gulf of Suez. During the same dates the dust cloud in western Sahara moves to the Atlantic where the AOD is increased to reach a peak near Sal Island on April 5 (Plate 1e), verified by ground measurements and model results later (Figure 10). During the initial phase of development on April 3–6 (Plates 1a–1d) the spreading of the dust into the subtropical Atlantic is observed to be in the form of a semicircular arc, suggesting a frontal structure of the dust storm extending into the ocean. On April 6 and 7 (Plate 1d,e), the dust

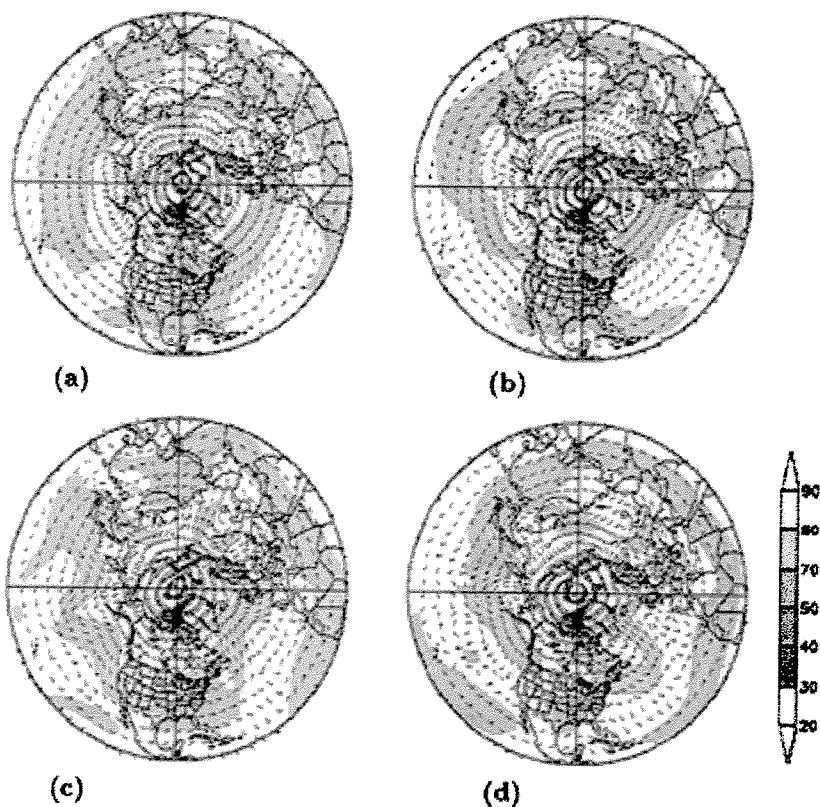


Figure 3. Daily wind speed (shading) and direction (unit vectors) at 250 hPa pressure level for the Northern Hemisphere on (a) April 1, (c) April 5, (e) April 9, (d) April 13, 1994. The source for the data is NOAA Climate Diagnostic Center (plotting page URL: <http://www.cdc.noaa.gov/RustData/>).

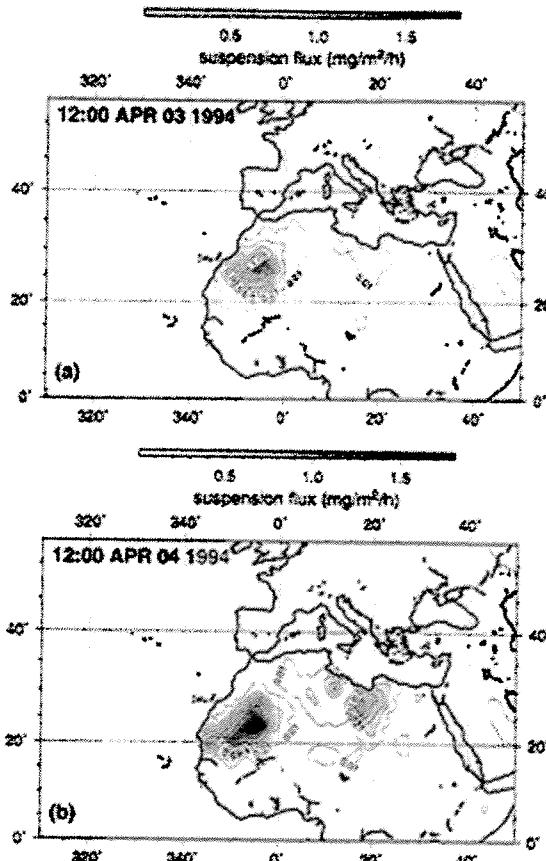


Figure 4. Model-generated dust suspension flux ($\text{mg m}^{-2}\text{h}^{-1}$) at 1200 UTC on (a) April 3, (b) April 4, (c) April 5, 1994.

front has reached the central part of the Atlantic Ocean, while the northern edge of the semi-circular front has been detached from the northwestern coast of Africa. We believe this detachment could be a result of the shallow layer of marine air arriving from the north along the northwest coast of Africa [Tucker and Barry, 1984] and intruding below the dust-laden air that originated from the Sahara.

On April 12–13 (Plate II, fg) the warm front of a cyclone located over southern Europe sweeps over the re-

gion south of the Gulf of Sirta and transports dust to the central and eastern Mediterranean, while the transport to the subtropical Atlantic from the earlier, western Sahara source region appears to have been significantly reduced in comparison to early April. On the other hand, a continuous stream of dust from the sub-Saharan (Sahel) region of Africa appears to be transported to the Atlantic region throughout the studied month of April. This relatively steady pattern of transport could be related to the anthropogenic sources in the Sahel region.

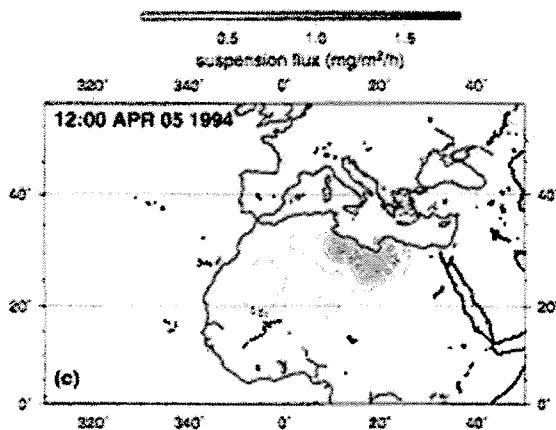


Figure 4. (continued)

studied by Tegen and Fung [1993], rather than the natural (desert) sources (Figure 1) included in our model study. This feature could be related to the "middle-level easterly jet" located near the southern boundary of the dust containing "Saharan Air Layer" moving west from Africa as described by Karyampudi et al. [1990]. The easterly jet occurring near the frontal area of the dust plume after being lifted up into the "Saharan air layer" would indeed be consistent with the density contrast expected near the dust front.

There is striking correspondence between the observations and the model results concerning the crescent shaped patch of dust spreading into the Atlantic Ocean from sources in western Sahara (Figure 4a, Plate 1), and the dust patches over land as revealed by IDDI (Plates 1a-1e) and the model-generated source areas (Figures 4a-4c). The filament-like shape of the dust plume detached from northwest Africa and therefore appearing to be issuing from the sub-Saharan/Sahel region has been puzzling researchers in the past (see Mbow et al. [1997] and Husar et al. [1997] for a discussion). The aerosol measurements based on the Nimbus 7/TOMS satellite data confirm that moderate to high dust concentrations occur most frequently in the western Sahara desert and in an area extending west into the subtropical Atlantic Ocean [Herman et al., 1997]. Recent studies based on analysis of lidar data, have definitively shown the maximum values of AOD for the dust plume to be located in western Sahara, west of the Ahaggar massif in southern Algeria and, surprisingly, farther north over land than the latitude at which it apparently spreads into eastern Atlantic [Karyampudi et al., 1999]. This is consistent with the above results.

Around April 15 a renewed cyclogenesis near the Atlas Mountains takes place, and on April 16 (Plate 1b), this cyclone once again moves north, transporting dust under the clouds. On April 17 the storm moves to the Balkans. Yellow dust was reported in Belgrade on the night of April 15–16, which was clearly associated with African cyclogenesis affecting the Balkans by Vukicevic et al. [1997].

The model results show Sahara dust sources (increased surface fluxes) on April 3–5 (Figures 4a–4c) very similar to the areas indicated by IDDI over land in Plates 1a–1d. Increased surface fluxes are generated in regions of increased wind stress, and a result of the increased surface winds. The source, which is initially in the western Sahara on April 3 and 4 (Figures 4a, 4b) is related to the increased surface wind stress resulting from subsidence of air over Africa. A different source, namely resulting from the increased winds of the cyclone east of the Atlas Mountains starts to be active on April 4. On April 5 the first source region dies away, and the cyclonic center in the Gulf of Sirta becomes more active (Figure 4c). The friction velocity u_* , generated by the model on April 4 (Figure 5) indicates that the surface shear stress is increased in the regions of increased fluxes (Figure 4b). A review of similar fields during a full daily cycle reveals that the surface stresses, and hence the fluxes of dust from the land surface to the atmosphere, increase during the less stable daytime boundary layer conditions and reach a peak in the afternoon hours.

Separate sources of dust activated by subsidence low cyclone-generated winds during April 3–6 create an exceptional pattern of dust transport, with one part of the

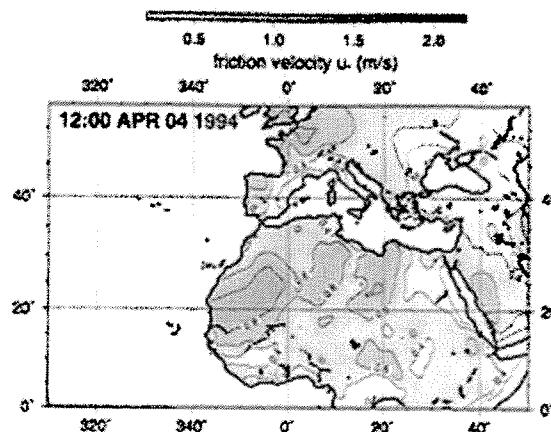


Figure 5. Model friction velocity u_* (m/s) on April 4, 1994, at 1200 UTC.

dust cloud moving across the Atlantic with the westerly cyclonic flow, and the other part transferred north toward the eastern Mediterranean and Balkans by a cyclonic depression. The dust spreads to the adjoining regions from a temporally changing source region. The model

generated dust load on April 6 is shown in Figure 6a. While the combined Meteosat derived dust image on the same day in Plate 1d shows dust hidden under clouds of a cyclone in the eastern Mediterranean; the extent of dust is not clear because of poor resolution based on a

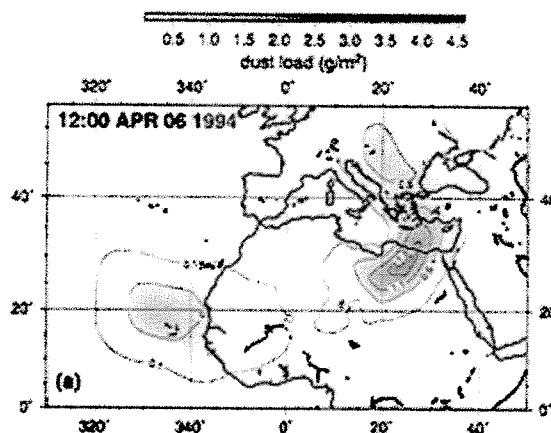


Figure 6. (a) Model dust load on April 6, 1200 UTC. (b) NOAA AVHRR image of dust storm on April 6, 1428 UTC and (c) light extinction coefficient derived from visibility observations on April 6, 1994.

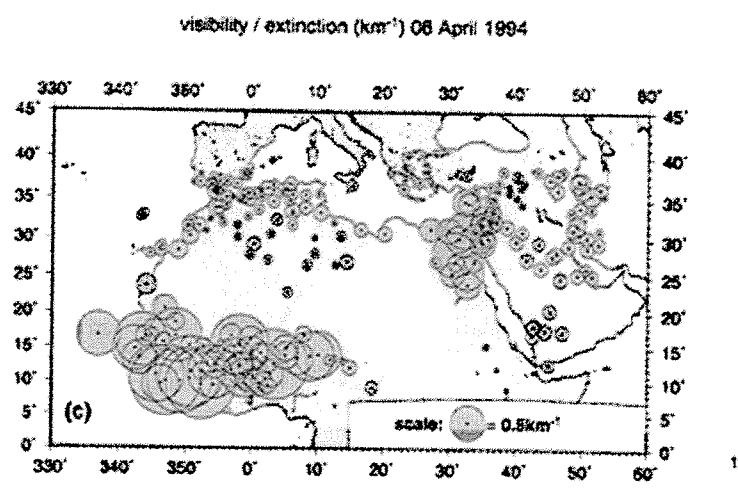
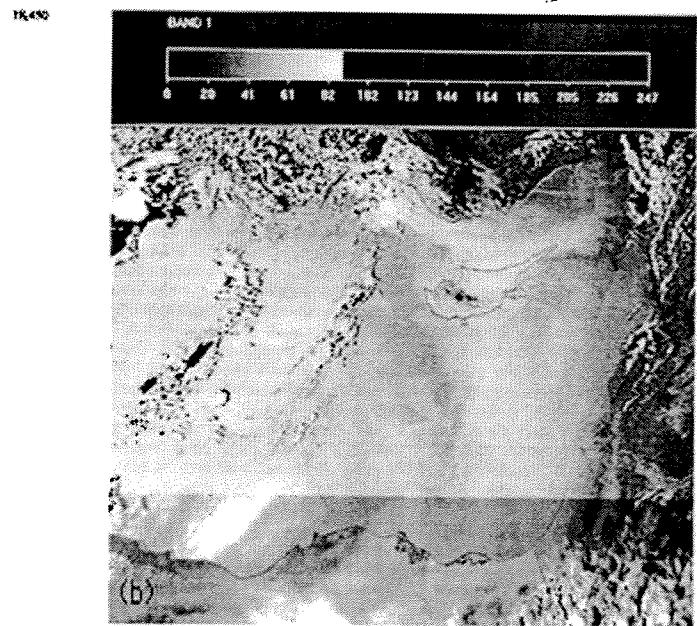


Figure 6. (continued)

nominal pixel size of 30 km. The NOAA AVHRR visible image [Figure 6b] with finer nominal resolution of about 1 km on the same day shows a better defined, shallow, dust cloud exiting from Egypt and being partially trapped by mountain ranges around the Levantine coast. The same cloud is observed to be partially overtopping the Anatolian topography to reach into the Black Sea (visible on larger area AVHRR coverage but not shown here). On the next day, AVHRR images and the model results show a marked decrease in the airborne dust (not shown) as a result of dry deposition. Although not directly comparable with dust load, further verification of increased dust concentration at the land surface, corresponding to patches moving into the Atlantic Ocean and the eastern Mediterranean Sea respectively, is provided by the distribution of extinction coefficient derived from visibility observations [Figure 6c]. Both in the eastern part of the Levantine basin and along the Atlantic coasts of Africa, the extinction coefficient increases during the passage of the dust cloud.

The dust transport from Africa toward the Balkan peninsula, observed to occur for a second time on April 12–13 in Plates 1f and 1g, is reproduced by the model results in Figure 7a. Similarly, a later storm observed on April 15–16 in Plate 1h is shown to correspond to the model dust event in Figure 7b. During the latter event, wet dust deposition in the model takes place around northern Italy and Yugoslavia (Figure 7c) and was confirmed by ground measurements at Belgrade by Lukminovic et al. [1997].

For revealing the three-dimensional (3-D) structure of the combined dust storm on April 5, perspective views of the horizontal winds at 1.33 km altitude, the streamlines along a vertical cross section, and the dust isosurface 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ are shown in Plate 2. The colors superimposed on the dust isosurface are proportional to vertical velocity on this surface, with red and blue corresponding to respective areas of upward and downward motion. The subsidence south of the Atlas Mountains on April 4 is evident in Plate 2, where the blue "dimple" on the dust isosurface shows downward motions resulting in the flattening of the isosurface by divergence. This is why the dust being transferred to the Atlantic Ocean has a very shallow structure, confined within the first few kilometers of the atmosphere, mainly transported above the intensified trade winds system. This structure of the trade winds, supplied by subsidence along the periphery of the North Atlantic anticyclone, is well known [Tucker and Berry, 1981]. On the other hand, in the eastern Mediterranean the dust put into motion by the Sitte cyclone penetrates upward along the warm front of the storm center by convection and foehn updrafting (Plate 2). A further feature noted in Plate 2 is the simultaneous dust storms generated near the Caspian and Aral Seas, in the far northeastern corner of the model domain, where increased near-surface winds mobilize dust from local deserts.

In the subtropical Atlantic the troposphere can generally be divided into a lower moist and an upper dry layer, the moist layer being capped by the trade wind

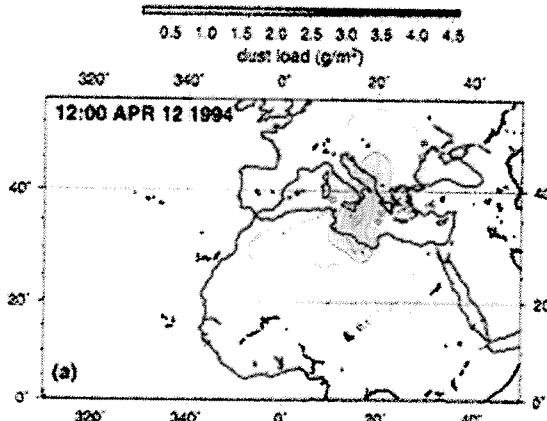


Figure 7. Model dust load on (a) April 12, 1200 UTC, (b) April 16, 1200 UTC, and (c) model wet dust deposition on April 17, 1994, 1200 UTC.

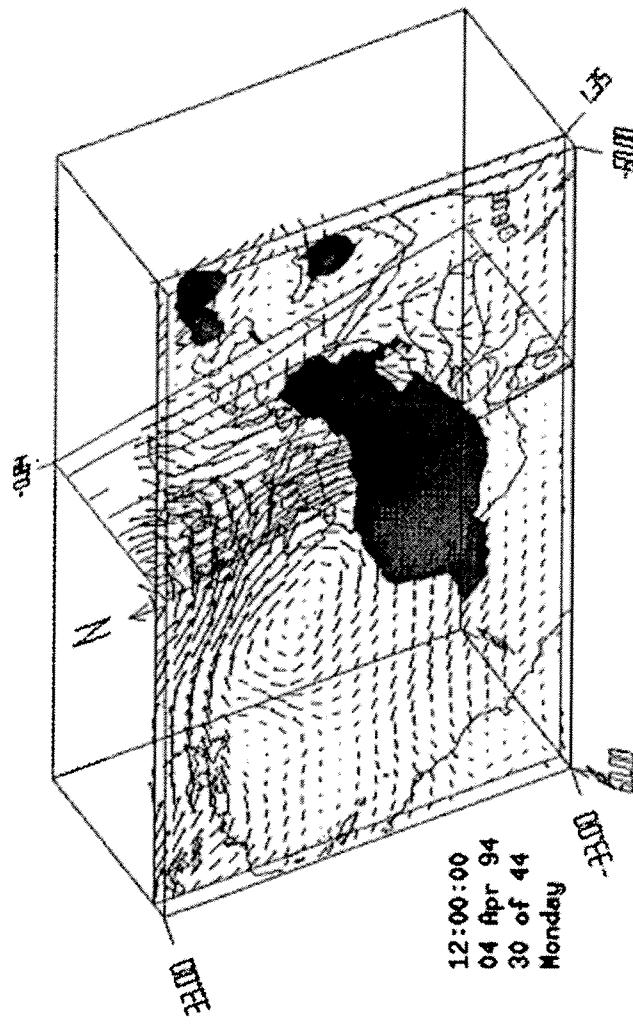


Plate 2. Three-dimensional visualisation of model results, horizontal land at 1.35 km elevation, the streamlines on a vertical crosssection across Europe and Africa, dust reservoir for 350 g/m^2 , with colouring based on the same surface vertical velocity on April 5. Red/blue colour on the interface, respectively, corresponds approximate levels of $\pm 0.02 \text{ m/s}$ in vertical velocity.

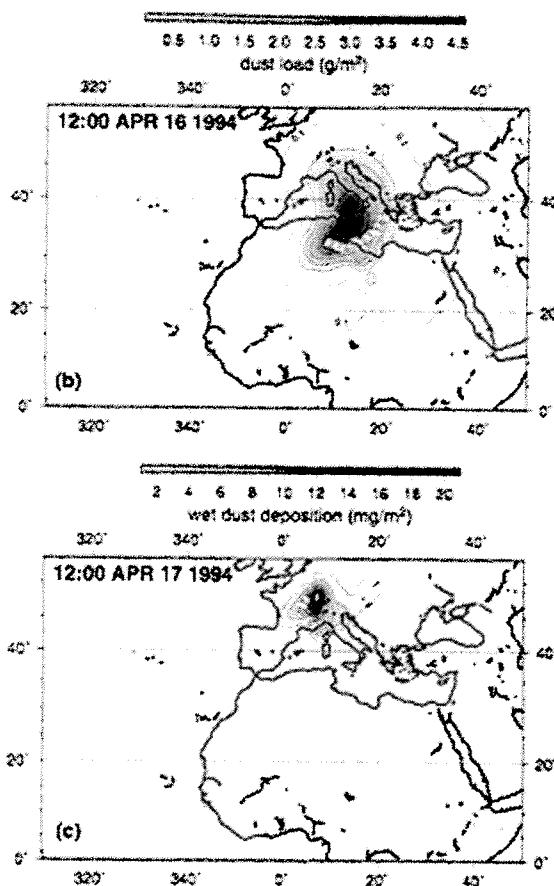


Figure 7. (continued)

inversion. The shallow trade wind inversion near the African coast (around 15°N) is strengthened by the effects of subsidence on the eastern side of the subtropical anticyclone and cooling from below by the cold upwelled water along the African coast [Reich, 1954]. The temperature inversion in the eastern subtropical Atlantic does not coincide with the top of the trade wind regime, but is usually much shallower, at about an elevation of 500 m near Africa. The thickness of the moist surface layer depends on the balance of convec-

tion and subsidence, and sharply rises to 2–3 km in the west, characterized with trade wind cumuli formed near the Caribbean [Byers, 1959]. The actual structure of the marine boundary layer over a region of variable sea surface temperature can be much more complex than described above [Bertherton *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 1999], displaying a splitting of the layer into 2 by an inversion that is much shallower than the mean inversion, time dependence, and changes in clouds and layer fluxes.

The air and dew point temperature profiles on a tephigram at the Sal Island rawinsonde sounding station are shown in Figure 8. The shallow trade wind inversion caps relatively cooler and humid air near the surface. Intermediate above the inversion there is a layer with almost isentropic (potential temperature of 35°–45°C) and well mixed moisture (mixing ratio 1.2 g/kg) properties, most likely to be the air mass originating from the Sahara [Karyampudi and Carlson, 1988; Chappelle et al., 1999]. Other rawinsonde data available at Dakar and Trinidad showed increasing temperature and humidity below the trade wind inversion, an increasing height of the surface mixed layer, and a decreasing thickness of the dust-containing layer above, from the African coast to the Caribbean region, as described by Karyampudi et al. [1999].

To exemplify the vertical structure of the trade wind system off western Africa, wind and dust concentration profiles obtained from the model at Sal Island on 1200

UTC, April 4, 1994, are shown in Figure 9. The wind veers to a northeasterly direction below the trade wind inversion from the generally easterly flow above it. The humid air mass is almost entirely trapped below the inversion. The dust maximum occurs at a height of about 500 m, in a layer immediately above the shallow surface layer. The model-simulated instantaneous dust concentrations are compared with the available dust concentration measurements and light extinction coefficient derived from visibility observations in Figure 10.

At Barbados Islands the model predictions were considerably lower than the measurements, although the timing of the peak period was not dramatically different. The maximum measured concentrations of 280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ represented an all-time high in the observation period of 30 years [Li et al., 1997].

At Sal Island, the available measurements indicated dust concentrations reaching a peak of about 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

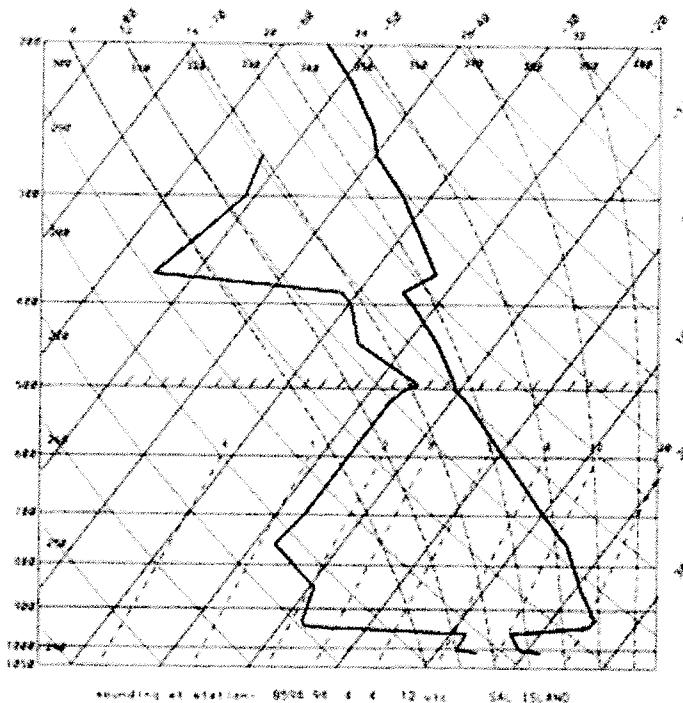


Figure 8. Tephigram from a rawinsonde profile at Sal Island on April 4, 1994, 1200 UTC.

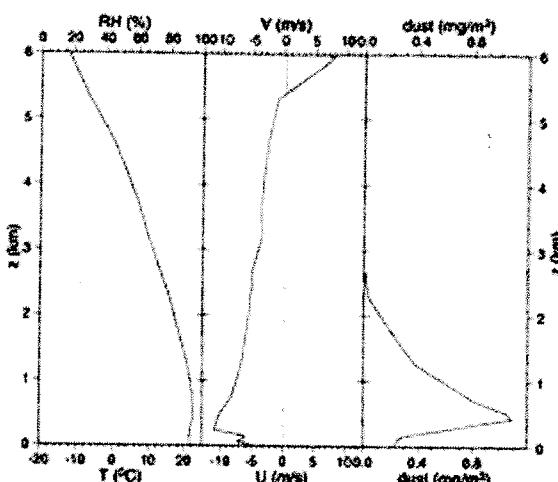


Figure 9. Vertical structure of the trade wind system obtained from the model: temperature, relative humidity (dotted line), east and north (dotted line) wind speed, and dust concentrations profiles at Sali Island on April 4, 1994, 1200 UTC.

on April 6, which appeared approximately at the same time, but much smaller than the model-predicted maximum concentrations. Considering the shallow structure of dust close to the source region and the relatively poor resolution of the present model in the lower layers, this agreement is considered to be satisfactory. The measured peak concentrations in April 1994 are remarkably higher than the maxima observed in the months of April during the previous years of 1992 and 1993 [Chapello et al., 1995, 1997]. At the Endemli station the observed peak concentration of $1600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ on the evening of April 6 and its decrease on April 7 agrees well with the model-calculated concentrations, and with the satellite observations of Figure 6.

To check if the model simulations produced similar results with the satellite observations, we compare the dust load at three selected locations in Figure 11. According to Dulac et al. [1992] the AOD derived from Meteosat can be converted to air column integrated dust load in g/m^2 , by multiplying AOD with a calibration constant in the range of 1.5–1.8. We have used a factor of 1.4 and plotted model-derived and Meteosat-derived dust load together. The Mediterranean is mostly cloud covered, and therefore few Meteosat data points can be obtained at Endemli to compare with the model results. In the Atlantic region the density front of the dust plume and the shallow transport are harder to simulate by the model. Despite these adverse factors the timing of dust pulses and order

of magnitude agreement between satellite observations and model results are considered to be satisfactory.

2.3. Teleconnections and the North Atlantic Oscillation

The rather exceptional case of blocking and jet stream interactions concurrent with the extreme dust event in April 1994 calls for an investigation of its teleconnections, such as with the North Atlantic Oscillation (NAO), as proposed by Meinen et al. [1997]. The time series of the seasonal NAO index for the last two decades is shown in Figure 12, where the months of March and April 1994 are observed to have relatively high NAO index values of 2.3 and 3.6, respectively. The peak index values for the positive phase NAO anomaly in Figure 12 corresponds to one of the largest eight events in the last 20 years. The average sea level pressure pattern for the studied period indicated a dipole of low pressure near Iceland and high pressure near the Azores, typical of the large-scale circulation characterized by the positive phase of NAO.

It often appears paradoxical that monthly or seasonal statistics are used to describe quasi-steady state properties of the atmosphere and to investigate dynamic processes such as the NAO. The coarse statistics hides the short-term variability and therefore appears unrelated with the day-to-day variability of synoptic and possibly extreme dynamic events within the period of averaging. For example, the anomalous atmospheric con-

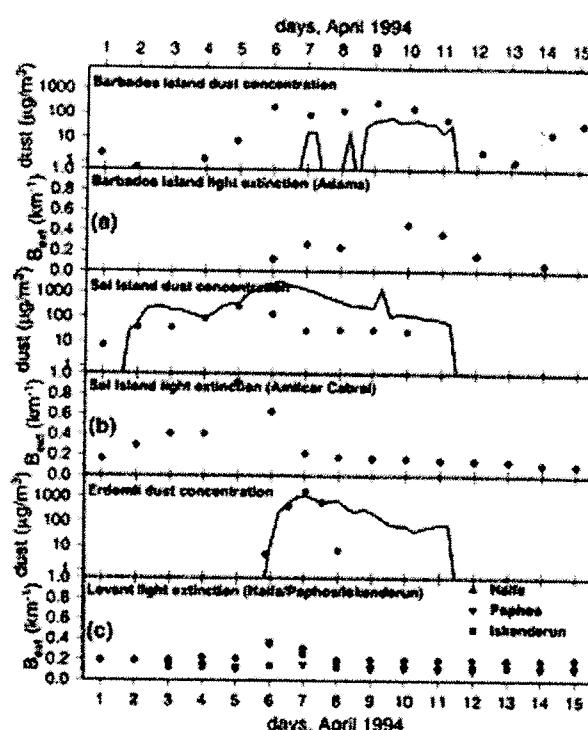


Figure 10. Comparison of model-simulated (lines) dust concentration time series with the available ground observations (points) and light extinction coefficient derived from visibility observations: Barbados, Sal Island, and Endereli. (For light extinction in Endereli, the data available at the closest stations Haifa, Paphos, and Iskenderun have been plotted.)

ditions studied above are almost undetectable in the annual NAO index for 1994. This is despite the reliable correlation of dust and NAO on an annual basis [Mondal *et al.*, 1997], and the exceptional levels of dust concentration measured at Barbados [Li *et al.*, 1996] and Endereli corresponding to extreme blocking conditions (Figures 7 and 8) typical of NAO. It is not surprising to find poor statistical correlation between transport and large-scale circulation based on long-term averages. Seen from this point of view, large-scale atmospheric control is not readily inferred from coarse statistics unless studied carefully at the relevant timescales.

4. Conclusions

We have demonstrated a gravimetric Mediterranean case of meridional circulation and jet interaction resulting from Atlantic blocking, an extreme event that produced the massive cloud of Sahara dust in April 1991. The interaction of the two jets, shown here, has been suggested (e.g., [Reiter, 1973]) but, at least to the authors' knowledge, not adequately demonstrated as a principal mechanism of Mediterranean cyclogenesis, although some limited examples have been provided by Xanthis [1979]. The Mediterranean/North African region is

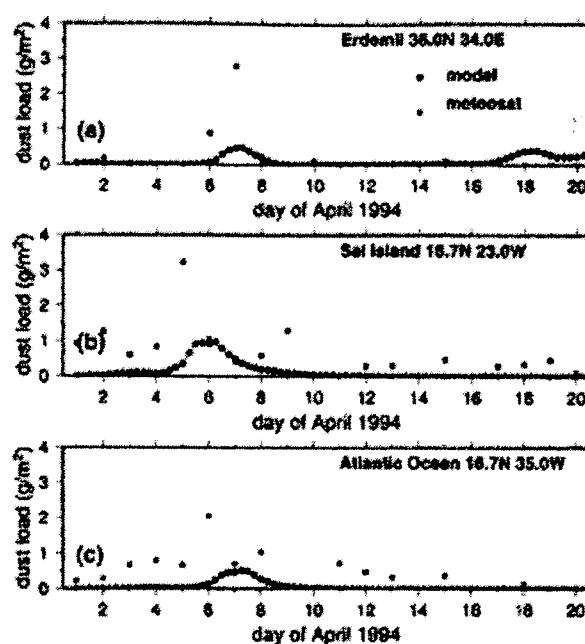


Figure 11. Model-derived (grey circles) versus Meteosat-AOD-derived (black squares) air column-integrated dust load (g/m^3) at (a) Edeemi, (b) Sal Island, and (c) a location in the Atlantic Ocean west of Sal Island. The Meteosat-derived AOD is converted to dust load as described in the text.

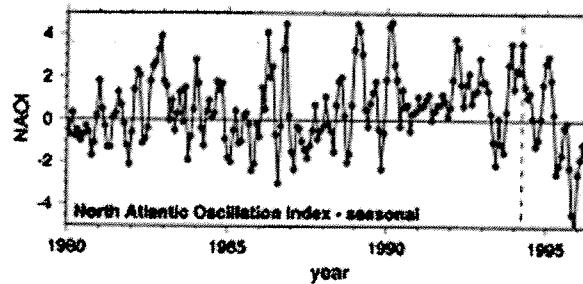


Figure 12. Time variation of the seasonal NAO index for the last two decades. The vertical dashed line is positioned at April 1994. The horizontal dotted line marks the NAOI value of 3.5 for the same month.

sidered as one of the three global areas where active cyclogenesis could be driven by jet interactions, the first two relatively stronger centers being downstream of the Rocky and Himalaya mountain ranges, where the two jet streams, typically represented by a three-wave global pattern, come into contact [Reiter, 1975; Özsoy, 1981]. In the case of the Mediterranean, meridional flow and jet interactions are expected east of a blocking high-pressure system in the Atlantic, occasionally taking the form of an "omega high" near Spain. This type of circulation often characterizes northwesterly midlat winds across the gap between the Pyrenees and the Alps, in some cases associated with Genoa cyclogenesis, and largely influencing the western and south central Mediterranean with cold, dry air resulting from subsidence [Reiter, 1975; Brody and Nestor, 1980].

The maximum concentration of dust measured in April 1991 at the Barbados island represented an extreme event possibly carrying the signatures of a large-amplitude climatic fluctuation. We emphasize the role of large-scale atmospheric control in creating the dust event and show that the sequence of events leading from a strong case of atmospheric blocking, to undulations of the polar jet, its interactions and exchange of mass and energy with the subtropical jet, cyclogenesis driven by barotropic/baroclinic instabilities, subsidence and strengthening of trade winds, etc., make up the ingredients of the studied dust transport event. We also find that that kind of hemispherical weather is associated with a prominent example for the NAO transient and hence strengthens the earlier attempts to correlate dust transport with characteristic teleconnection patterns; however, we do that on an event basis, rather than using statistical analyses on annual to seasonal time-scales as considered in earlier literature.

One of the successes of our model simulations is the long-range transport of dust. Simulated dust conditions at sites distant from the source regions agree well with the observations, even under adverse conditions of subsidence and shallow boundary layer structures present in the Atlantic region. Available ground measurements and satellite data confirm the modeling results and analyses in a large area of the hemisphere. The incursion of the jet circulation into Africa creates surface suspensions of dust propagating simultaneously but in two different directions into the Atlantic and Mediterranean regions. The two pulses are dissimilar in their characteristics, representing different meteorological conditions, and mesoscale characteristics, yet they are successfully simulated by the model, with an order of magnitude agreement between model results and observations. Dust reaching the Barbados island is underestimated, as a result of specific planetary boundary layer processes of the trade wind and the trade inversion regimes not fully resolved and inadequately calibrated in the present model. These results also imply that an appropriate representation of dust size classification

would be required in the model for better simulation of the long-range transport.

Acknowledgments. Modeling was performed at the Institute of Marine Sciences of the Middle East Technical University (IMS-METU) with support from the NATO TURMOCENS Project, thanks to Cemal Saydam of METU. AVHRR satellite data for dust events were collected at the IMS-METU, with support from the NATO SES project TU-Black Sea and the NATO SPP project GOBMS Black Sea. Measurements of dust at Erdenli were obtained within research projects of the Turkish Scientific and Technical Research Council (TUBITAK) project DEBAG-791/G and METU Research Fund project AFP-08-06-01-01. Another TUBITAK project YDAB/AG-613/G motivated and helped production of this paper. Barbados dust measurements obtained as a part of the AEROCHEM program kindly have been supplied by Joe Prospero (University of Miami). Ground truth measurements at Sal Island were supplied by L. Gomes of the Université de Paris, France. Extinction coefficients retrieved from WMO visibility measurements were provided by J. Houser and R. Houser, Center for Air Pollution and Trend Analysis, Washington University.

References

- Alpert, P., and E. Ganor, A jet-stream-associated heavy dust storm in the western Mediterranean, *J. Geophys. Res.*, **98**, 7339-7349, 1993.
- Alpert, P., and B. Ziv, The Sharav cyclone: Observations and some theoretical considerations, *J. Geophys. Res.*, **96**, 16453-16515, 1990.
- Alpert, P., Y. J. Kaufman, Y. Klay-Ez, D. Toller, A. da Silva, S. Schubert, and J. H. Joseph, Quantification of dust-forced heating of the lower troposphere, *Nature*, **393**, 307-310, 1998.
- Andreae, M. O., Raising dust in the greenhouse, *Nature*, **340**, 389-390, 1996.
- Arribalzaga, A., and J. P. Pinedas, Increasing frequency of Saharan rains over northeastern Spain and its ecological consequences, *Sci. Total Environ.*, **228**, 153-156, 1999.
- Bretherton, C. S., P. Austin, and D. T. Sterns, Cloudiness and marine boundary layer dynamics in the ARTEX Lagrangian Experiment, part II: Cloudiness, drizzle, surface fluxes, and entrainment, *J. Atmos. Sci.*, **52**, 2724-2735, 1995.
- Brody, L. R., and M. J. R. Nestor, Regional forecasting aids for the Mediterranean basin, *Handbook for Forecasters in the Mediterranean*, part 2, Tech. Rep. TR 80-10, 176 pp., Naval Environ. Predict. Res. Facil., Monterey, Calif., 1980.
- Bryson, R. R., *General Meteorology*, McGraw-Hill, New York, 1962.
- Chamberlain, A. C., Brightness length of sea, sand and snow, *Boundary Layer Meteorol.*, **25**, 405-408, 1986.
- Chiapello, I., G. Bergametti, L. Gomes, B. Chauvet, P. Dulac, J. Pincock, and E. Santos Soares, An additional low layer transport of Saharan and Saharan dust over the northeastern tropical Atlantic, *Geophys. Res. Lett.*, **22**, 3191-3194, 1995.
- Chiapello, I., G. Bergametti, B. Chauvet, P. Bouquet, P. Dulac, and E. Santos Soares, Origin of African dust transported over the northeastern tropical Atlantic, *J. Geophys. Res.*, **102**, 13,701-13,709, 1997.
- Chiapello, I., G. Bergametti, B. Chauvet, P. Dulac, I. Jankevicius, C. Liousse, and E. Santos Soares, Contribution of the different aerosol species to the aerosol mass

- load and optical depth over the northeastern tropical Atlantic. *J. Geophys. Res.*, **102**, 6225-6235, 1997.
- Danielson, E. F., The relationship between severe weather, major dust storms and rapid cyclogenesis, in *Synoptic Extratropical Weather Systems*, edited by M. Salinger, pp. 215-241, Natl. Counc. for Atmos. Res., Boulder, Colo., 1974.
- Desbois, P. J., G. R. Carmichael, Y. Zhang, J. Lebedev and P. J. Crutzen, Role of mineral aerosol as a reactive surface in the global troposphere, *J. Geophys. Res.*, **102**, 22,869-22,889, 1997.
- Duce, et al., The atmospheric input of trace species to the world ocean, *Global Biogeochem. Cycles*, **5**, 193-236, 1991.
- Dulac, F., D. Tauxe, G. Bergametti, P. Baut-Meurant, M. Drabos and D. Sastre, Assessment of the African airborne dust mass over the Mediterranean Sea using MeteorSat data, *J. Geophys. Res.*, **97**, 2899-2908, 1992.
- Egger, J., P. Alpert, A. Tafferner, and B. Ziv, Numerical experiments on the genesis of Sharav cyclones: Idealized simulations, *Tellus, Ser. A*, **47**, 162-174, 1995.
- El-Tantawy, A. E.-H. I., The role of the jet stream in the formation of desert depressions in the Middle East, *WMO Tech. Note 64*, pp. 159-171, World Meteorol. Organ., Geneva, Switzerland, 1961.
- Fleit, G. H., V. D. Larchev, J. C. McWilliams, and G. Brandt, The dynamics of baroclinic and barotropic solitary eddies, *Byr. Abstr. Oceanogr.*, **5**, 1-41, 1980.
- Gillman, C., and C. Garrett, Heat flux parameterizations for the Mediterranean Sea: The role of atmospheric aerosols and constraints from the water budget, *J. Geophys. Res.*, **99**, 5119-5124, 1994.
- Guerriero, et al., The role of atmospheric deposition in the biogeochemistry of the Mediterranean Sea, *Prog. Oceanogr.*, **44**, 147-198, 1999.
- Herman, J. R., P. K. Bhartia, O. Tsern, C. Hsu, C. Seftor, and E. Oelke, Global distribution of UV-absorbing aerosols from Nimbus 7/TOMS data, *J. Geophys. Res.*, **102**, 16,911-16,922, 1997.
- Husar, R. B., and J. D. Husar, Global Distribution of Continental Hazecon, Web URL: <http://capita.wustl.edu/CAPITA/CapitaReports/GLOBVIZ/GLOBVIZ.html>, 1996.
- Husar, R. B., J. M. Prospero, and L. L. Stone, Characterization of tropospheric aerosols over the oceans with the NOAA advanced very high resolution radiometer optical thickness operational product, *J. Geophys. Res.*, **102**, 16,889-16,900, 1997.
- Janjić, Z. I., Pressure gradient force and advection scheme used for forecasting with steep and small scale topography, *Contin. Atmos. Phys.*, **50**, 185-199, 1977.
- Janjić, Z. I., Non-linear advection schemes and energy cascade on semi-staggered grids, *Mon. Weather Rev.*, **112**, 1234-1245, 1984.
- Janjić, Z. I., The step-mountain coordinate: Physical package, *Mon. Weather Rev.*, **118**, 1429-1443, 1990.
- Janjić, Z. I., The step-mountain Era Coordinate Model: Further developments of the convection, various sublayer and turbulence closure schemes, *Mon. Weather Rev.*, **122**, 927-943, 1994.
- Karmi, A. A., The forecasting of cyclogenesis in the Mediterranean region, Ph.D. thesis, 159 pp., Univ. of Edinburgh, Edinburgh, Scotland, 1979.
- Karyampudi, V. M., and T. N. Carlson, Analysis and numerical simulation of the Saharan air layer and its effect on coastal wave disturbances, *J. Atmos. Sci.*, **41**, 3102-3136, 1984.
- Karyampudi, V. M., et al., Validation of the Saharan dust plume conceptual model using LIDAR, Meteosat, and ECMWF data, 1990.
- Kubilay, N., and spherical particle concentrations, see review, 29, 7229.
- Kubilay, N., S. N. illustration of the dust over the eastern 1293-1303, 2000.
- Li, X., H. Maring, Dominance of a dust plume in the North Asia 1996.
- Mission, G. N., dust and sea north of the EC 1997.
- McWilliams, J. C., atmospheric life 1986.
- Meisinger, F., Z. I. G. Deaver, The ion and perlom for a case of Weather Rev. 1997.
- Miller, R. L., and aerosols, *J. Clim.* Miller, R. L., and direct circulation 56, 2403-2413, 1993.
- Mouha, C., C. E. L. of atmospheric e North Atlantic e Mouha, M. C. T advances in large satellites a 1998) et relativ Paris, France, 1998.
- Nicholls, S., and S. part of desert du 1996.
- Nicholls, S., D. J. induction and long Mediterranean as seen at the 22nd Pollution Modell 24 June 1997, Cl Nicholls, S., G. Kahl A model for prel atmosphere, *J. Geophys. Rev.*, **102**, 16,903-16,912, 1997.
- Oni, S. T., A. Oni, I. of a trans-Atlantic life and GATE da 1991.
- Ottay, E., On the a time Sea, Tech. R Hong Kong Weather R 1991.
- Ottay, E., Southeast Asian seas (the 3 Seas): A review, in *Review Basis for trend*, vol. 51, En vol. 2, edited by P pp. 281-300, Kluw Perry, K. D., T. A. C Long-range transp

**TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU
TÜBİTAK**

YDABÇAG – 615/G

**KİLİKYA BASENİ KIYISAL SİSTEMİNDE
ATMOSFER / DENİZ / KARA ETKİLEŞİMLERİ:
KAYNAKLAR, TAŞINIM, EKOSİSTEM
VE UZUN SÜRELİ DEĞİŞİMLER**

ŞEKİLLER VE TABLOLAR LİSTESİ

Şekil 1.1 Kilikya Basen / Çukurova Kita Sahanlığı bölgesinin sınırları ve taban topografyası	8
Şekil 1.2. Kilikya Basen - İskenderun Körfezi kıyısal geometrisi ve deniz tabanı batimetrisi (Okyar ve Ediger, 1998).	8
Şekil 2.1.1-1. Akdeniz bölgesindeki uzun dönemli atmosfer verilerinin toplandığı istasyonlar (oklar istasyon isimlerini göstermektedir). (Guerzoni et al., 1999a)	14
Tablo 2.1.1-1. Akdeniz bölgesindeki istasyonlarda (bkz. Şekil 2.1.1-1) toplanan aerosol örneklerindeki metal derişimleri (ng m^{-3}) ve toprağa göre zenginleşme katsayıları (EFcrust).	14
Tablo 2.2.2-1.. Şubat 1996-Haziran 1997 döneminde Erdemli istasyonundan toplanan yağmur suyu örneklerinde ölçülen parametrelere ait Aritmetik, Geometrik ve hacim ağırlıklı ortalamalar (VWM) ile ölçülen minimum ve maksimum derişimler. örnek sayısı parantez içinde verilmiştir ve tüm derişimler nmol/L cinsindendir.	18
Şekil 2.3.1-1 Erdemli istasyonuna ulaşan hava kütlelerinin yıl bazında sektörel dağılımı. 1996 (a,b); 1997 (c,d); 1998 (e,f)	21
Şekil 2.3.2-1 Erdemli istasyonunda toplanan aerosol örneklerindeki Al derişiminin zamansal değişimi. Yağışlar günlük değerleri temsil etmektedir.	22
Şekil 2.3.2-2. 1996 yılı aerosol örneklerinde gözlenen yüksek Al derişimlerine karşılık gelen günlerin hava kütleleri yörüngeleri. (a) 900 hPa; (b) 500 hPa	23
Şekil 2.3.3.1. 10 Nisan 1998 saat 12:00 da Erdemli istasyonuna 900, 850, 700 ve 500 hPa seviyelerinde ulaşan hava kütlelerinin üç günlük geriye dönük yörüngeleri.	24
Şekil 2.3.3.2 14 Nisan 1998 saat 12:00 için tahmin edilen deniz seviyesindeki basınç dağılımı.	25
Şekil 2.3.3.3-3. 14 Nisan 1998 saat 12:00 da Erdemli istasyonuna 900, 850, 700 ve 500 hPa seviyelerinde ulaşan hava kütlelerinin üç günlük geri yörüngeleri.	26
Şekil 2.3.3.4-4. 14 Nisan 1998 saat 12:00 için tahmin edilen 700 hPa atmosfer seviyesindeki rüzgarlar ve basınç dağılımı.	26
Şekil 2.3.3.5 ETA modeli ile simule edilen tüm atmosfer kolonundaki çöl tozunun miktarı (g m^{-2}). (a) 13 Nisan 1998 saat 00:00 da gerçek zamanlı çöl tozu dağılımı, (b) 13 Nisan 1998 saat 12:00 için tahmin edilen toz dağılımı, (c) 13 Nisan 1998 saat 12:00 da NOAA-AVHRR uydusundan alınan resim, (d)	28

14 Nisan 1998 saat 00.00 için tahmin edilen toz dağılımı, (e) 14 Nisan 1998 saat 12.00 için tahmin edilen toz dağılımı; (f) 14 Nisan 1998 saat 12.00 da NOAA-AVHRR uydusundan alınan resim, (g) 15 Nisan 1998 saat 00.00 için tahmin edilen toz dağılımı, (h) 15 Nisan 1998 saat 12.00 da NOAA-AVHRR uydusundan alınan resim.	
Şekil 2.3.4.1-1. 1-2-3 Haziran 1992'de Erdemli'ye ulaşan sınır tabakası hava kütlelerinin (900, 850 hPa) dikey yöndeki hareketlerini de içeren üç günlük, üç boyutlu geri yörüngeleri.	29
Şekil 2.3.4.1-2. 8-9 Haziran 1992'de Erdemli'ye ulaşan hava kütlelerinin (900, 850 hPa) dikey yöndeki hareketlerini de içeren üç günlük, üç boyutlu geri yörüngeleri.	30
Şekil 2.3.4.1-3. 14-15-16 Haziran 1992'de Erdemli'ye ulaşan hava kütlelerinin (900, 850 hPa), dikey yöndeki hareketlerini de içeren üç günlük, üç boyutlu geri yörüngeleri.	31
Şekil 2.3.1.4. 25 Haziran 1992'de Erdemli'ye ulaşan hava kütlelerinin (900, 850 hPa), dikey yöndeki hareketlerini de içeren üç günlük, üç boyutlu geri yörüngeleri.	32
Şekil 2.3.4.1-5. 27-28-29-30 Temmuz 1992'de Erdemli'ye ulaşan hava kütlelerinin (900, 850 hPa), dikey yöndeki hareketlerini de içeren üç günlük, üç boyutlu geri yörüngeleri.	33
Tablo 2.3.4.1-1. Kilikya Baseni'nde birbirini izleyen günlerde örneklenen ve en yüksek nss-sülfat derişimlerine sahip aerosol örneklerinin nitrat ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) derişimleri ile EFCd ve EFPb değerleri, aynı parametrelerin yaz dönemi geometrik ortalamaları ile karşılaştırılması	34
Şekil 2.3.4.2-1. 1992 yılında toplanan aerosol örneklerindeki nss-SO ₄ -2 ile 1996 yılında toplanan aerosol örneklerindeki MSA derişimlerinin zamansal değişimi.	35
Şekil 2.3.5.1 . Yağmur örnekleri pH değerlerine ait frekans histogramı ve normal dağılımı gösteren çan eğrisi.	36
Şekil 2.3.5.2- En düşük pH değerlerinin, (a) pH=3.6 (b) pH=3.5 (c) pH=3.9 ölçüldüğü yağmur sularının yıkadığı hava kütlelerine ait geri yörüngeler.	37
Şekil 2.3.5.3. Asit yağmurları taşıyan hava kütlelerinin potansiyel emisyon kaynak bölgeleri.	38
Şekil 2.3.5.1-1. Kuzey Afrika üzerinde Üst troposferde (500 hPa) hareket eden mineral toz taşıma kapasitesine sahip hava kütleleri.	38
Şekil 2.3.5.1-2. (a) Üst troposferde (500 hPa) Kuzey Afrika üzerinde (b) Sınır tabakasında (900hPa), Ortadoğu Ülkeleri üzerinde hareket eden, mineral toz taşıma kapasitesine sahip hava kütleleri.	39
Şekil 2.3.5.1-3. Anadolu Yarımadası üzerinde hareket eden, mineral toz taşıma kapasitesine sahip hava kütleleri.	39
Şekil 2.3.5.2-1. Antropojenik etki altında kaldığı düşünülen hava kütlelerinin (a) 900 hPa ve (b) 500 hPa barometrik basınç seviyelerinde izledikleri yol.	41
Şekil 2.3.5.3-1. 7 Nisan 1996, 12 UT'de Erdemli istasyonuna dört ayrı barometrik basınç seviyesinde ulaşan hava kütleleri geri yörüngeleri.	42
Şekil 2.3.5.3-2. 17 Nisan 1996, 12 UT'de Erdemli istasyonuna	42

dört ayrı barometrik basınç seviyesinde ulaşan hava kütleleri geri yörüngeleri.	
Şekil 2.3.5.3-3. 21 Mart 1997 saat 00'da yapılan 24 saatlik tahmin sonuçları. (a) 24 saatlik yağış miktarı; (b) 24 saat sonrası (22 Mart 00) için mineral toz taşınımı; (c) 21 Mart 11:30 da METEOSAT uydusunun vis kanalından alınan görüntü.	43
Şekil 2.3.5.3-4. (a) 21 Mart 1997 saat 12'de (b) 21 Mart 1997 saat 21'de (c) 22 Mart 1997 saat 9'da (d) 22 Mart 1997 saat 12'de Erdemli istasyonuna dört ayrı barometrik basınç seviyesinde ulaşan hava kütleleri geri yörüngeleri.	44
Tablo 2.3.5.3-1. Aynı gün içinde hava kütlelerinin yön değiştirmesine bağlı olarak yağmur sularında ölçülen parametrelerde meydana gelen değişimler (nmol/L).	44
Şekil 2.3.5.3-4. 5 Nisan 1997 19 UT'de Erdemli istasyonuna dört ayrı barometrik basınç seviyesinde ulaşan hava kütleleri geri yörüngeleri.	45
Şekil 2.3.5.3-5. 3 Nisan 1996 00'da 48 saat sonrası (5 Nisan 00) için ETA modeli ile gerçekleştirilen tahmin sonuçları. (a) Yağış; (b) Atmosfer kolumnundaki mineral toz miktarı (g/m ²).	45
Tablo 2.3.6.1 Atmosfer yolu ile denize ulaşan besin tuzu akılarının dünyanın çeşitli istasyonlarından elde edilen değerlerle karşılaştırılması. Aksi belirtilmediği takdirde akılar sadece yağmurla yıkanan (yaş) miktarı, fosfat PO-34 -P ve nitrat NO ₃ --N temsil etmektedir.	47
Şekil 2.1.5-1. NASA tarafından yürütülen küresel ölçekte güneş fotometreleri ile ölçüm yapılan istasyonlar (İstasyonlar kare ile gösterilmiş olup doğu Akdeniz bölgesindeki istasyonlardan biri Erdemli'de kuruludur).	50
Şekil 3.1. Akdeniz siklonlarının izledikleri yollar ve yıllık oluşum frekansları (Mediterranean Pilot, 1976).	52
Şekil 3.2 Akdeniz'de (a) yerel rüzgar sistemleri ve (b) kuzey ve (c) güney kıyıları boyunca topografik engel ve geçitler (Reiter, 1975).	52
Şekil 3.3. Akdeniz kıyısındaki dört istasyonda aylık ortalama rüzgar gerilimi vektörleri (Ataktürk, 1980).	53
Şekil 3.4. ODTÜ Deniz Bilimleri Erdemli yerleşkesi açığında 2 Ekim 1979 tarihinde gözlenen su-hortumları ve meteorolojik durumun şeması (ODTÜ-DBE, 1984). Küçük ölçekli bir cephe sisteminin (squall-line) önünde toplam sekiz adet su-hortumu olmuş ve yarı saatlik bir sürede yok olmuştur.	54
Şekil 3.5. Levant Denizi, Karadeniz ve Hazar Denizi için ortalama hava (ECMWF / ERA yeniden-analizleri, 10 m yükseklikte 6 saat aralıkları) ve deniz (ERS1 / ATSR haftalık ortalamaları) yüzey sıcaklıkları, Mauna Loa'daki güneş ışınları geçirgenliği ve aylık NAOI ve SOI iklimsel indisleri.	55
Şekil 3.6. a) Küresel ortalamalar, b) Levant Denizi'nin Rodos girdabı ($33^{\circ} 37'K$ ve $26^{\circ} 32'D$), c) Güneybatı Karadeniz ($41^{\circ} 43'K$ ve $27^{\circ} 31'D$), d) Kuzey Hazar Denizi ($45^{\circ} 47'K$ ve $48^{\circ} 53'D$) için alt troposfer ortalama sıcaklık anomalileri. Ölçümler, troposferin 0-5.6 km'lik tabakası için MSU'dan (Microdalga Sounding Ünitesi - yatay çözünürlük 2.5°) elde edilmiş, 1979-1995 dönemi için hesaplanan anomaliler ise Global İklim Perspektif Sistemi (GCPS)	56

tarafından üretilmiştir. Web adresi http://www.ncdc.noaa.gov/onlineprod/prod.html .	
Şekil 3.7. Batı Levant, Doğu İyonya ve Girit Denizlerinde derin su analizleri için seçilen alanlar.	57
Şekil 3.8. Batı Levant, doğu İyonya bölgelerinde 1000-1500m ve 2000-4000 m derinlik aralıklarında ortalama tuzluluk, potansiyel sıcaklık ve logaritmik gözlem sayısı. Hata çubukları standard sapmayı temsil etmektedir. Ortalamalar, bireysel MODB/POEM verilerinin içerdiği bireysel veri setlerinden elde edilmiş ve belirlenen derinlik aralığı içine düşen değerler birer yıllık aralıklarla gruplandırılmıştır (Özsoy ve Latif 1996).	58
Şekil 3.9 Aralık 2001 tarihinde Avrasya bölgesinde atmosferik dolaşımı gösteren model sonuçları (NCEP) – (a: sol üst) yukarı atmosfer rüzgarlarının en yüksek hızları ve 250mb basınç seviyesinde geopotensiyal, (b: sol alt) troposfer üst sınırı rüzgarları ve yüksekliği, (c: sağ üst) yüzey rüzgarları ve deniz seviyesindeki basınç, (d: sağ alt) 1000mb basınç seviyesinde yağış ve sıcaklık.	60
Şekil 3.10 Ocak 2002 tarihinde Avrasya bölgesinde atmosferik dolaşımı gösteren model sonuçları (NCEP) – (a: sol üst) yukarı atmosfer rüzgarlarının en yüksek hızları ve 250mb basınç seviyesinde geopotensiyal, (b: sol alt) troposfer üst sınırı rüzgarları ve yüksekliği, (c: sağ üst) yüzey rüzgarları ve deniz seviyesindeki basınç, (d: sağ alt) 1000mb basınç seviyesinde yağış “ve sıcaklık.	61
Şekil 3.11 Levant Denizi ve Kilikya Baseni bölgeleri için aylık ve alan ortalaması yüzey parametreleri zaman serileri: Hava (T) ve deniz suyu (SST) sıcaklığı, özgül (SH) ve bağıl (RH) nem ve bulutluk yüzdesi (CC).	62
Şekil 3.12. Levant Denizi ve Kilikya Baseni için ECMWF yeniden analiz veri setine dayanaarak yeniden hesaplanan (siyah çizgi) ve ECMWF modelinden elede edilen (kırmızı çizgi) ısı akısı bileşenleri ve yağış / buharlaşma su kütlesi akıları.	63
Şekil 3.13. Levant Denizi ve Kilikya Baseni için ECMWF yeniden analiz veri setine dayanaarak yeniden hesaplanan (üstte) ve ECMWF modelinden elede edilen (altta) rüzgar gerilimi alanları.	64
Şekil 3.14. Levant Denizi ve Kilikya Baseni için ECMWF yeniden analiz veri setine dayanarak yeniden hesaplanan (üstte) ve ECMWF modelinden elede edilen (altta) rüzgar gerilimi curl (üstteki ikili panel) ve divergence (alttaki ikili panel) alanları	65
Şekil 3.15. Levant Denizi için ECMWF yeniden analiz veri setine dayanarak yeniden hesaplanan (mavi) ve ECMWF modelinden elede edilen (kırmızı) aylık alan ortalaması rüzgar gerilimi doğu ve kuzey bileşenleri, mutlak büyülüklük, curl ve divergence zaman serileri	66
Şekil 3.16. Levant Denizi ve Kilikya Baseni için hava ve deniz sıcaklıklarları ilişkileri	67
Şekil 3.17. Mersin and İskenderun Körfezlerinde şematik dolaşım.	69
Şekil 3.18. 20 Eylül 2004 NOAA-14 uydusundan alınan yüzey su sıcaklıkları	70
Tablo 3.1. Girne ve İskenderun'da gelgit harmonik bileşenleri	71

(M2: yarım günlük ay çekimli) S2: güneş çekimli, K1: güneş-ay çekimli günlük, O1: ay çekimli günlük). Genlik değerleri (G) santimetre, faz açıları (F) ise derece cinsinden verilmiştir. (MSR: Mean spring range ($2(M2+S2)$), MNR: Mean neap range ($2(M2-S2)$)). (Yüce ve Alpar, 1994 dan alınmıştır).	
Şekil 2.19. İskenderun Körfezi istasyon 2'de 1981-1984 yılları arasındaki ölçümlerden elde edilen sıcaklık değişimleri (Ö. İyiduvar, MS tezi, ODTÜ-DBE).	7.1
Tablo 3.2. İskenderun Körfezi'nde ortalama özelliklerin yıllık değişim aralıkları	71
Şekil 3.20 Haftalık seferlerin gerçekleştirildiği istasyonlar.	72
Şekil 3.21 3,2,1 numaralı istasyonları kapsayan kıyıya dik kesit üzerinde 1997-1999 döneminde sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk dağılımları	84
Şekil 3.22 İstasyon 1 de 1997-2001 yılları arasında 0-10m derinlikler arası sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk ortalamaları.	86
Şekil 3.23 İstasyon 3 te 1997-2001 yılları arasında 0-10m derinlikler arası sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk ortalamaları.	87
Şekil 3.24 İstasyon 1 de 1997-2001 yılları arasında sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluğun derinlik ve zamana göre değişimleri.	88
Şekil 3.25 İstasyon 3 te 1997-2001 yılları arasında sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluğun derinlik ve zamana göre değişimleri.	89
Şekil 3.26 MFSTEP sisteme göre bölgesel ve kıyısal model alanları.	90
Şekil 3.27. Kilikya Baseni model alanı ve batimetrsi.	91
Şekil 3.28 Kilikya Baseni kıyısal / kita sahanlığı modelinin Ocak 2003 ayı sonunda 10, 100, and 500m derinliklerde akıntı ve tuzluluk dağılımları. Daha iyi bir görüntü elde edilebilmesi için akıntı vektörleri her 10 noktada bir çizilmişlerdir.	92
Şekil 3.29 1 Eylül 2004 döneminde İskenderun Körfezinde 30 m derinlikte 5 gün süreli model öngörülerine göre akıntı ve sıcaklık dağılımı.	92
Şekil 3.30 M/V ULLA gemisinden yayıldığı varsayılan kırleticilerin 8 Eylül 2004 dönemindeki 5 günlük öngörülere göre dağılımı.	93
Şekil 4.4-1. Haftalık seferlerin gerçekleştirildiği istasyonlar.	94
Şekil 4.4-2.a-b. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla diatome biyokütle (mg/m ³) değişimi.	96
Şekil 4.4-3. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla dinoflagellat biyokütle (mg/m ³) değişimi.	97
Şekil 4.4-4. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla Cryptomonad biyokütle (mg/m ³) değişimi.	97
Şekil 4.4-5. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla Silicosphaera biyokütle (mg/m ³) değişimi.	98
Şekil 4.4-6. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla Kokkolit biyokütle (mg/m ³) değişimi.	99
Şekil 4.4-7. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla Cyanophyceae biyokütle (mg/m ³) değişimi.	99
Şekil 4.4-8. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla küçük flagellali biyokütle (mg/m ³) değişimi.	100
Şekil 4.4-9. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla Prasinophyceae biyokütle (mg/m ³) değişimi.	100
Şekil 4.4-10. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla toplam	101

fitoplankton biyokütlesinde ($\log \text{mg/m}^3$) değişim.	
Şekil 4.4-11a. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla diatome biyokütle (mg/m^3) değişimi.	102
Şekil 4.4-11b. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla diatome biyokütle ($\log \text{mg/m}^3$) değişimi.	103
Şekil 4.4-12. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla dinoflagellat biyokütle (mg/m^3) değişimi.	103
Şekil 4.4-13. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla Cryptomonad biyokütle (mg/m^3) değişimi.	104
Şekil 4.4-14. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla Silicosphaera biyokütle (mg/m^3) değişimi.	104
Şekil 4.4-15. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla Kokkolit biyokütle (mg/m^3) değişimi.	105
Şekil 4.4-16. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla küçük kamçılılar biyokütle (mg/m^3) değişimi.	106
Şekil 4.4-17. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla Prasinophyceae biyokütle (mg/m^3) değişimi.	106
Şekil 4.4-18. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla toplam fitoplankton biyokütle ($\log \text{mg/m}^3$) değişimi.	107
Şekil 4.4-19a. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla diatome biyokütle (mg/m^3) değişimi.	109
Şekil 4.4-19b. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla diatome biyokütle ($\log \text{mg/m}^3$) değişimi.	109
Şekil 4.4-20. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla dinoflagellat biyokütle (mg/m^3) değişimi.	110
Şekil 4.4-21. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla Cryptomonad biyokütle (mg/m^3) değişimi.	110
Şekil 4.4-22. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla Silicosphaera biyokütle (mg/m^3) değişimi.	111
Şekil 4.4-23. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla Kokkolit biyokütle (mg/m^3) değişimi.	111
Şekil 4.4-24. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla Cyanophyceae biyokütle (mg/m^3) değişimi.	112
Şekil 4.4-25. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla küçük kamçılılar biyokütle (mg/m^3) değişimi.	113
Şekil 4.4-26. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla toplam fitoplankton biyokütle ($\log \text{mg/m}^3$) değişimi.	114
Şekil 4.4-27. 1 no'lu açık istasyonunda zamanla cyanobakteri <i>Synechococcus</i> sp. bolluk (hücre/ml) değişimi.	115
Şekil 4.4-28. 2 no'lu orta istasyonunda zamanla cyanobakteri <i>Synechococcus</i> sp. bolluk (hücre/ml) değişimi.	115
Şekil 4.4-29. 3 no'lu kıyı istasyonunda zamanla cyanobakteri <i>Synechococcus</i> sp. bolluk (hücre/ml) değişimi.	116
Tablo 4.4-1. Zaman serisi çalışmasında saptanan Fitoplankton türleri	117
Tablo 4.4.2. Zaman serisi çalışmasında saptanan Kopepod türleri	125
Tablo 4.4.3. Levantin baseninde ilk defa rapor edilen Kopepod türleri.	130
Şekil 4.4-30. Açık istasyonunda farklı derinliklerde fosfat (düz çizgi) ve nitrat (işaretli çizgi) konsantrasyonlarında zamanla değişim.	133
Şekil 4.4-31. Orta istasyonda farklı derinliklerde fosfat (düz çizgi)	134

ve nitrat (işaretli çizgi) konsantrasyonlarında zamanla değişim.	
Şekil 4.4-32. Kıyı istasyonunda farklı derinliklerde fosfat (düz çizgi) ve nitrat (işaretli çizgi) konsantrasyonlarında zamanla değişim.	135
Şekil 4.4-33. Açık istasyonda zamanla seki derinliğinde değişimler.	136
Şekil 4.4-34. Orta istasyonda zamanla seki derinliğinde değişimler.	137
Şekil 4.4-35. Kıyı istasyonda zamanla seki derinliğinde değişimler.	138
Tablo 4.5-1. Aylık örnekleme tablosu	140
Tablo 4.5-2. Kuzeydoğu Akdeniz seferinde yapılan örnekleme istasyonları	141
Tablo 4.5-3. Batı Kilikya dar kıta sahanlığı balık stoklarının izlenmesi seferinde seçilen örnekleme istasyonları	141
Tablo 4.5-4. Trol çekimlerinde kullanılan araştırma teknelerinin ve ağılarının özelliklerini	141
Şekil 4.5-1. 1999 yılında infralittoral ve sirkalittoral zonlarda gerçekleştirilen trol çekimlerinin yerleri.	142
Tablo 4.5-5. Tüm seferler boyunca elde edilen balık türleri (altı çizili olarak verilenler Lesepsiyen balıklardır).	143
Şekil 4.5-2. Lesepsiyen balıkların toplam tür sayısındaki oranları (%)	145
Şekil 4.5-3. Lesepsiyen tür sayısının derinlikle olan ilişkisi	146
Tablo 4.5-6. Kasım 1996 seferinde yakalanan balıkların miktarları (gr / 30dak.) ve ortalama av gücü başına düşen birim av (CPUE, gr / saat) Koyu basılanlar Lesepsiyan türlerdir.	146
Şekil 4.5-4. Lesepsiyen türlerin avdaki miktarlarının derinlikle olan ilişkisi	149
Şekil 4.5-5. Lesepsiyen balıkların toplam avdaki oranları (%) .	150
Tablo 4.5-7. Aylık seferlerde yakalanan balıkların miktarları (gr / 30 dak) ve ortalama av gücü başına düşen birim av (CPUE, gr / saat)	151
Tablo 4.5-8. Aylık seferlerde yakalanan balıkların miktarları (gr / 30 dak) ve ortalama av gücü başına düşen birim av (CPUE, gr / saat)	153
Tablo 4.5-9. Aylık seferlerde yakalanan balıkların miktarları (gr / 30 dak) ve ortalama av gücü başına düşen birim av (CPUE, gr / saat)	155
Şekil 4.5-6 Lesepsiyen balıkların toplam avdaki oranlarının aylık değişimi	156
Tablo 4.5-10 Aylık seferlerde yakalanan balıkların miktarları (gr / 30 dak)	157
Tablo 4.5-10 Aylık seferlerde yakalanan balıkların miktarları (gr / 30 dak)	158
Şekil 4.5-7. Barbun balığı (<i>Mullus barbatus</i>)'nın 1984 ve 1999 yılı seferlerindeki % boy-frekans dağılımı. Yeşil bar infralittoral zon (25-50 m), kırmızı bar sirkalittoral zon (50-100 m), mavi bar her iki zonun toplamını göstermektedir.	160
Şekil 4.5-8. Mercan balığı (<i>Pagellus erythrinus</i>)'nın 1984 ve 1999 yılı seferlerindeki % boy-frekans dağılımı. Yeşil bar infralittoral zon (25-50 m), kırmızı bar sirkalittoral zon (50-100 m), mavi bar	161

her iki zonun toplamını göstermektedir.	
Şekil 4.5-9. Paşa barbunu balığı (<i>Upeneus moluccensis</i>)'nın 1984 ve 1999 yılı seferlerindeki % boy-frekans dağılımı. Yeşil bar infralittoral zon (25-50 m), kırmızı bar sirkalittoral zon (50-100 m), mavi bar her iki zonun toplamını göstermektedir.	162
Şekil 4.5-10. İzmarit balığı (<i>Spicara flexuosa</i>)'nın 1984 ve 1999 yılı seferlerindeki % boy-frekans dağılımı. Yeşil bar infralittoral zon (25-50 m), kırmızı bar sirkalittoral zon (50-100 m), mavi bar her iki zonun toplamını göstermektedir.	163
Şekil 4.5-11. Isparoz balığı (<i>Diplodus annularis</i>)'nın 1984 ve 1999 yılı seferlerindeki % boy-frekans dağılımı. Yeşil bar infralittoral zon (25-50 m), kırmızı bar sirkalittoral zon (50-100 m), mavi bar her iki zonun toplamını göstermektedir.	164