

R105 - 89-05

İSTANBUL ATIKSU DEŞARJ PROJESİ KAPSAMINDA
İSTANBUL BOĞAZI KUZEY GİRİŞİ VE ÇEVRESİ
OŞINOGRAFİK ARAŞTıRMALARI

- SONUÇ RAPORU -

PROJE KODU

No. 86. 07. 1. 002

Hazırlayanlar

Fiziksel Oşinografi	Kimyasal Oşinografi
M. A. LATIF	Ö. BAŞTÜRK
E. ÖZSOY	C. SAYDAM
T. OĞUZ	A. YILMAZ
Ü. ÜNLÜATA	F. SALİHOĞLU



ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ERDEMELİ-İÇEL

Destekleyen Kuruluş
İstanbul Su ve Kanalizasyon
İdaresi Genel Müdürlüğü (İSKİ)
Nisan - 1989

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
1.1. AMAÇ VE KAPSAM.....	1
2. FİZİKSEL OSİNOGRAFİ.....	2
2.1. GEÇMİŞTE YAPILAN ARAŞTIRMALAR.....	2
2.1.1. Akdeniz suyu girdisi.....	2
2.1.2. Dip topografyası.....	4
2.1.3. Alt tabakanın bloklanması.....	4
2.2. SAHA ÇALIŞMASI PROGRAMI VE KAPSAMI.....	6
2.3. SONUÇLAR.....	9
2.3.1. Dip topografyası.....	9
2.3.2. Karadeniz-İstanbul Boğazı bağlantı bölgesindeki Akdeniz suyu akış dağılımı.....	11
2.3.3. Sıcaklık ve tuzluluk kesitleri.....	11
3. BESİN TUZLARI VE KİRLETİCİ PARAMETRELERİN DAĞILIMI VE DEĞİŞİMİ.....	20
4. DEĞERLENDİRME.....	26
ÇİZELGELER.....	29
KAYNAKLAR.....	33
ŞEKİLLER.....	38



1. GİRİŞ

Deniz Bilimleri Enstitüsü (ODTÜ), İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresince (İSKİ) yapılması planlanan deniz deşarjları ile ilgili olarak İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkışındaki bölgедe Mayıs, 1986-Haziran, 1988 döneminde oşinografik araştırmalar yapmıştır. Bu rapor kapsamında ilgili çalışmalarında toplanan saha bulguları değerlendirilmiştir.

1.1. AMAÇ VE KAPSAM

Çalışmanın amacı, İstanbul Boğazı-Karadeniz bağlantı bölgesindeki oşinografik koşulları belirlemek ve özellikle ileride bu bölgede yapılacak deşarj sisteminin tasarıımına yardımcı olabilecek bulgular elde etmektir. İstanbul Boğazı alt suyunun Karadeniz çıkışındaki eşikte bloke olup uzun süre Karadeniz'e akmama olasılığı daha önce yapılan çalışmalardan alınan sonuçlara dayanılarak düşünülmektedir. Bu şartlar altında (suyun bloke olduğu zamanlarda) alt tabaka verilen atık maddelerin üst tabaka ile karışarak Marmara Denizi'ne geri taşındığı varsayılmaktadır. Dolayısı ile, bu çalışmanın amaçlarından biri Akdeniz kaynaklı alt tabaka suyunun bütün yıl boyunca sürekli akıp akmadığının ve kuzey eşiğinden yeterli miktarda Karadeniz'e ulaşıp ulaşmadığının belirlenmesidir.

2. FİZİKSEL OŞİNOGRAFI

2.1. GEÇMİŞTE YAPILAN ARAŞTIRMALAR

İstanbul Boğazı'nın akış dinamigi ve Karadeniz'e çıkış bölgesindeki dağılımı daha önce birçok araştırmmanın konusu olmakla beraber, Akdeniz suyunun Karadeniz'e akışı sistematik olarak araştırılmamıştır. Önceki çalışmaların önemli bir eksigi İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkışının dip topografiyasi hakkında yeterli bilginin olmamasıdır. Bu eksikliğin, Akdeniz suyunun Karadeniz'e sürekli bir akışı olmadığına dair yanlış bir sonuca varılmasına neden olduğu görülmektedir. İstanbul Boğazı'nın akış dinamigi Ünlüata ve Oğuz (1983), Gunnerson ve Özturgut (1974) ve Özsoy ve diğerleri (1986) tarafından incelenmiştir. Ayrıca, Boğazdaki yakın zamanda yapılmış gözlemleri içeren bir rapor İSKİ'ye ayrıca sunulmuştur (DBE, 1988). Aşağıda, geçmişte yapılmış olan çalışmaların ve halihazırda araştırmalar ile ilişkin bilgiler özet olarak sunulmuştur.

2.1.1. Akdeniz suyu girdisi

Karadeniz'de, Akdeniz'den gelen alt su hakkında yapılan gözlemler bu suyun İstanbul Boğazı çıkış bölgesinde parçalar halinde mevcut olduğunu göstermiştir. Tolmazin (1985) yaklaşık 15 yıl süren Sovyet Biyoloji Enstitüsünün Güney Denizleri Programının (INBYUM) sonuçlarının bir kısmını sunmuştur. Bu sonuçlar göstermiştir ki, Akdeniz suyu genellikle $41^{\circ} 20'$ K ve $41^{\circ} 30'$ K bölgesi arasında, yani İstanbul Boğazı'nın kuzey çıkışının 10 ile 30 km açıklarında her zaman bulunmaktadır. Akdeniz suyunun eşiği aşıkten sonra sürekli olarak kuzey-kuzeybatı yönünde bir yol izlediği gözlenmiştir. Bu gözlemlerin sonucunda, Tolmazin İstanbul Boğazı kuzey çıkış bölgesinde dar bir kanalın mevcut olduğundan bahsetmekte, ancak Akdeniz'den gelen büyük debiyi

taşıyabilecek bir kanalın bu bölge için hazırlanan denizcilik haritalarında bulunması gerektiğini düşünerek kanalın varlığından şüphe etmektedir.

Büyüközden ve diğerleri (1985 a,b) 1965-67 ve 1983-84 seneleri boyunca iki seri ölçüm neticelerini vermektedirler. İlk seri ölçümleri sadece İstanbul Boğazı'nı kapsamaktadır. Bu ölçümler sonucunda Akdeniz suyunu oluşturan alt tabakanın Boğaz boyunca Karadeniz bağlantısına kadar devam ettiği gösterilmiştir. İkinci seri ölçümler Boğaz ve Karadeniz çıkış bölgesindeki ölçümleri de kapsamaktadır. Akdeniz suyu, boğaz çıkışı açıklarında dipte iki ayrı belirgin su kütlesi halinde gözlenmiştir. Birinci kütle boğaz çıkışından 8 km kuzeydoğuya doğru uzanırken, ikincisinin ilk kütlenin 5-6 km kuzeybatısında yer aldığı tesbit edilmiştir. Eylül 1984'deki bir seferde, bu iki su kütlesi arasında ilave bir istasyon yapılarak parçaların sürekliliği gözlenmiştir. Buradan tuzlu su kütlelerinin gözlendiği yönde taşınmaya sebep olabilecek bir kanalın varlığı konusunda araştırmacılar bir düşünmeye sebep olmuştur. Böyle bir kanalın gerçekten Akdeniz suyunu taşıyabileceği Büyüközden ve diğerleri (1985 a-b) tarafından araştırılmıştır. Boğazın kuzeyindeki eşigin yakınında seçilmiş bir istasyonda Akdeniz suyunun kalınlığı 4 m olarak bulunmuştur. Kanalın genişliğini 2000 m ve akış hızını 0.25-0.50 m/sn olarak kabul eden araştırmacılar kanalın taşıyabiliceği debiyi 2000 ile 4000 m³/sn olarak hesaplamıştır, ki bu rakam bütçe yöntemlerinden elde edilen değerlerden çok küçüktür. Seçilen istasyon eşige yakın olduğundan bu bölgedeki hidrolik kontrolden dolayı akım hızı artmaka ve tabaka kalınlığı azalmaktadır. Ancak akım hesaplarında kullanılan hız değerleri, akımın kritik veya kritiğe yakın olduğu düşünüldüğünde olması gereken değerinden çok daha düşük olarak alınmıştır (Bkz sec.2.3.1). Buna ilaveten, 4 m olarak alınan alt tabakanın kalınlığının kesitin en derin noktasında mı yoksa kesitin yanlarına yakın bir nokta mı ölçülmüş olduğu belirtilmemektedir.

2.1.2. Dip topografyası

Akdeniz'den Karadeniz'e giren suyun izlediği yolu belirlemedeki zorluğun başlıca sebebi boğaz çıkışının dip topografyası bilgilerinin yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Scholten (1974) tarafından belirlenen haritaya göre eşliğin boğaz çıkışındaki derinliği 50 m'den azdır. Haritada Boğazın uzantısı olarak bir kanalın başlangıcı gösterildiği halde, haritanın yeterince kuzey doğrultusunda uzanmaması kanalın devamının belirlenmemesine yol açmıştır. 1981'de yayınlanan ve 1985'de yenilenen 1811 no.lu (Türk Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Seyir Hidrografi Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan) seyir haritasına göre eşik derinliğinin 50 metreden fazla olduğu gösterilmektedir. Eşik bölgesinde yapılan iki ölçüm, derinliğin 59 m olduğunu göstermektedir, bu yüzden maksimum eşik derinliğinin 60 m veya biraz daha fazla olması mümkündür. Bahis konusu haritada gösterilen derinlik konturları elle tamamlandığında boğazın uzantısı olarak oluşan bir kanalın kuzeybatıya doğru uzandığı ve kıtasahanlığı bölgeye doğru genişlediği görülmektedir. Akdeniz girdisinin izlediği yolu belirlemede hem Tolmazin (1985) hemde Büyüközden ve diğerleri (1985 a,b), Scholten (1974) tarafından hazırlanan haritayı kullanmışlardır. Bu nedenle, Boğazdan çıkan suyun Koriolis kuvvetinin ve bölgedeki genel akıntı sisteminin etkisiyle dolayı Boğazın doğusuna doğru sapması beklenirken, Akdenizden gelen suyun kuzeybatıya dönüşünü izah etmek güç olmuştur.

2.1.3. Alt tabakanın bloklanması

Boğazın kuzey bitimindeki eşliğin yaratabileceği olası bir Akdeniz suyu blokajı birçok araştırmacılar tarafından irdelenmiştir. Ullyott ve Ilgaz (1983 a,b; 1946 a,b), Ilgaz (1944) ve Ullyott (1953) tarafından yapılan ilk çalışmalarda Akdeniz suyunun büyük bir kısmının, yaklaşık % 75'i, alt tabakanın sürekli bloklanması sonucu Marmara Denizi'ne geri

döneceği belirtilmektedir. Bu araştırmacıların varsayımlarına göre Marmara suyu Karadeniz'e sadece çok kuvvetli güney rüzgarları süresince ulaşabilmektedir. Pektaş'a (1953, 1956) göre ise bloklanması sadece Karadeniz'e ulaşan nehirlerin girdisinin en yüksek düzeyde ve dolayısı ile boğazın iki ucu arasında önemli bir deniz seviyesi farkının oluşturduğu Mart-Augustos döneminde olmaktadır. Bu seviye farkı neticesinde kuzeydeki alt tabaka tabana doğru sıkıştırılarak bloklanması olayı meydana gelebilir.

Akdeniz suyunun bloklanması olayının sık sık olamayacağı Bogdanova (1961) tarafından gözlemlere dayanarak gösterilmiştir. Bogdanova, İstanbul Boğazı çıkışının 10 km kadar açıklarında bir seri istasyondan elde edilen bulguları kullanarak, Akdeniz suyunun Karadeniz'e çoğu zaman sürekli aktığı sonucuna varmıştır.

Alt akıntıının kesin olarak bloklandığı durumlara ait dökümantasyon literatürde bulunmamaktadır. Alt akıntıının muhtemel bir bloklanması Beyazıt ve Sümer (1982) tarafından tesbit edilmiştir. Mayıs, 1981 tarihinde Boğazın Karadeniz girişinin güneyinde ve boğazın enine 4 istasyonda yapılan ölçümlerde 59 m derinliğe kadar Karadeniz suyunun bulunduğu gözlenmiştir. Eşliğin derinliği 60 m olduğuna göre, bu ölçümler alt tabakanın bloklanmış olabileceğini göstermektedir.

Bogdanova ve Stepanov (1974) ve Sümer ve Bakioğlu (1981) tarafından yapılan matematik modellemelerin sonuçlarına göre Boğazın kuzey çıkışındaki üst akıntı hızı 60 cm/s'yi aşlığında alt tabakanın bloklanacağı belirlenmiştir. Bogdanova ve Stepanov (1974) hesaplarında eşik derinliğini 50 m olarak almışlardır. Aynı zamanda, eşik bölgesinde bir kanyonun varlığı halinde, alt suyun bloklanmasıının daha zor olacağını göstermişlerdir. Eşik derinliğinin 60 m olduğu durumda bloklanmasıının gerçekleşmesi için üst tabakanın ortalama hızının

75 cm/sn'ye ulaşması gerekmektedir. Buna benzer bir değer (70 cm/sn) Özsoy ve diğerleri (1986) tarafından, Farmer ve Armi'nin (1986) bir daralma ve eşik kombinasyonuna ugrayan akıştaki hidrolik kontrollerin formülasyonu kullanılarak bulunmuştur. Boğazdaki Üst tabaka akıntısının ölçüm zorluğundan dolayı, bu modellerin sonuçlarını destekleyecek yeterli bilgi yoktur. Ancak bu değerlerin, blokajın oluşması için boğazın en geniş (ortalama 2.5 km) ve yaklaşık 75 m derinlikteki kesitinde oluşan tabakanın ortalama hızları olduğu göz önüne alınırsa, bloklanmanın sık sık tekrarlanan bir durum olamayacağını söylemek mümkündür.

Yukarıda bahsedilen bilgilerden, geçmişteki çalışmalararda elde edilen bulguların Akdeniz suyunun Boğazdan sürekli veya aralıklı olarak Karadeniz'e aktığı sorusuna açıklık getiremediği görülmektedir. Tolmazin (1985) ve Bogdanova (1961) tarafından kullanılan ölçümler çıkış bölgesinin, boğaz çıkışı ile istasyonlar arasındaki akışın süreklilığını tatmin edici bir şekilde gösteremeyecek kadar uzağından alınmıştır. Büyüközden ve diğerleri (1985, a,b) tarafından boğaz çıkışı civarında elde edilen bulgular ise dip topografyası hakkında yeterli bilgi olmamasından dolayı akış sürekliği konusunda doğru bir değerlendirme yapmayı engellemektedir.

2.2. SAHA ÇALIŞMASI PROGRAMI VE KAPSAMI

Araştırmmanın amacına göre, saha çalışmalarında ölçümler birbirine yakın istasyonlarda sistematik olarak yapılmıştır. Akdeniz suyunun akışının değişik durumlardaki özelliklerini tesbit etebilmek amacıyla, ölçümler bölgede hakim olan çeşitli rüzgar şartlarında ve Karadeniz'e nehirlerden olan su girdisinin minimum ve maksimum olduğu zamanlarda yapılmaya çalışılmıştır.

Şekil 2.1'de görülen çalışma alanı boğaz girişinin kuzeyinde yaklaşık 20X20 km'lik bir alanı kapsamaktadır.

Her seyirde yerleri değişen istasyonların kapsamlı bir sisteme göre tanımlanabilmesi için çalışma bölgeleri gridlere bölünmüştür. Çalışma alanı $41^{\circ}15'$ K - $41^{\circ}25'$ K enlemleri ile $29^{\circ}00'$ D - $29^{\circ}15'$ D boyamları arasında yer aldığından istasyonlar altı haneli sayılarla adlandırılmıştır. İlk Üç hane enlem, sonraki Üç hane de istasyonların boyamlarını dakikanın onda biri cinsinden göstermektedir. Örneğin 173109 numaralı istasyon $41^{\circ}17'18''$ K enlemi ile $29^{\circ}10'54''$ D boyamının kesiştiği noktada yer almaktadır.

Aşağıda sefer tarihleri ve çalışma alanları verilmiştir.

Tarih	Kapsam
20.05.1986	İstanbul Boğazı, Karadeniz giriş bölgesi
08.07.1986	İstanbul Boğazı, Karadeniz giriş bölgesi
24.09.1986	İstanbul Boğazı Kuzey yakası, Karadeniz giriş bölgesi
21.11.1986	İstanbul Boğazı, Karadeniz giriş bölgesi
16.01.1987	İstanbul Boğazı, Karadeniz giriş bölgesi
21.04.1987	İstanbul Boğazı, Karadeniz giriş bölgesi
1-2.05.1987	İstanbul Boğazı,
25.08.1987	İstanbul Boğazı Kuzey yakası, Karadeniz giriş bölgesi
08.06.1988	İstanbul Boğazı Kuzey yakası, Karadeniz giriş bölgesi

Çalışmaların her biri boğazın içindeki istasyonları içermekte, bir kısmı ise, alt su akıntısının boğaz boyunca ve Karadeniz'de izlenebilmesi için boğazın güney girişinden ya da daha da güneye inilerek Marmara Denizi'ne bağlantı bölgesinden başlamaktadır. Boğazda ve Marmara Denizi'nde yer alan istasyonlar Şekil.2'de gösterilmiştir. İstanbul Boğazı'ndaki istasyonlar şartlar elverdiği ölçüde kesitin en derin

noktasından seçilmiştir. Akdeniz suyunu boğazın kuzey girişinin 10-15 km açıklarına kadar izleyebilmek için araştırma çalışmaları Karadeniz kıyı sahanlığına kadar genişletilmiştir. Her istasyonda CTD probu dibe oldukça yaklaştırılmakta ve çoğu zaman da deniz tabanına dikkatlice oturtulmaktadır.

Ölçümlerde kullanılan prob Sea Bird-9 modeli olup, aynı anda sıcaklık, iletkenlik ve çözülmüş oksijen parametrelerini saniyede 24 data olmak üzere ölçmektedir. Sıcaklık sensörünün doğruluk derecesi $0.01^{\circ}\text{C}/6$ ay olup iletkenlik sensörününki ise 0.001 s/ay olarak belirtilmektedir (Sea Bird el kitabı, 1985). Probü su altı Ünitesi topladığı datayı anında gemideki görüntü (deck) Ünitesine gönderirken, bu Üniteye bağlı bir bilgisayar (IBM PC) gelen datayı aynı anda mühendislik birimlerine çevirerek gelecekte kullanılmak üzere disketlere kaydetmektedir.

Bölgeyi ayrıntılı bir şekilde incelemek için ilk seferlerde çok sayıda istasyonda çalışılmıştır. Özellikle, dipte olması beklenen kanalı tanımlamak için çok sayıda doğubatı kesiti taramıştır. Mayıs, 1986'daki ilk seferde kanalın varlığı ve Akdeniz suyunun beklenen doğrultuda taşındığı görülmüştür. Daha sonraki çalışmalarında sefer süresini optimize etmek için istasyonlar kanal hattında yoğunlaştırılmıştır.

2.3. SONUÇLAR

Bu çalışmalar süresince yapılan gözlemler, Akdeniz suyunun, bir kaç geçici durum dışında sürekli bir akış halinde olduğunu açıkça göstermiştir. Bloklaşma durumlarının gerek seyrek olduğu ve gerek kısa süre devam ettiği görülmüştür. Akdeniz suyunun tamanına yakın bir kısmı İstanbul Boğazı'nın 10 km açığına kadar dipteki kanalın içinde taşınmaktadır. Aşağıdaki bölümde, dip topografyası ve Akdeniz suyu akışına ait bulgular sunulmuştur.

2.3.1. Dip topografyası

Bu çalışmalar esnasında elde edilen İstanbul Boğazı-Karadeniz bağlantı bölgesinin batimetrik haritası Şekil 2.3'de sunulmuştur. Bulguların büyük bir kısmı Akdeniz suyunun tesbit edildiği dip kanalı civarında elde edilmiştir. Kıyı bölgelerdeki bulgularının bir kısmı mevcut denizcilik haritalarından alınmış ve seferlerden elde edilen bulgularla birleştirilerek eşdeğer derinlik eğrileri çizilmiştir. Belirli bölgelerdeki derinlik ölçümlerinin denizcilik haritalarında verilen batimetrik değerlerden önemli ölçüde farklılaşması sonucunda kitä sahanlığını doğu-batı derinlik konturları boyunca kesen dər bir kanalın varlığı ortaya çıkmıştır. Kenarları hayli dik olan bu kanal İstanbul Boğazının doğal bir uzantısı olarak Karadeniz'in içlerine ulaşmaktadır. Boğaz çıkışından itibaren kanal ilk 8 km'de kuzeydoğu-güneybatı ekseni doğrultusunda boğazla aynı yönde uzanmakta iken, daha sonra kuzey yönünde 2 km kadar devam edip kuzeybatı yönünde dağılm göstermekte ve morfolojik yönden nehir deltasını andıran bir yapıyla kitä sahanlığı bölgeyle birleşmektedir. Kanalın genişliği yaklaşık olarak 500-1000 m arasında değişir. Boğaz çıkışının hemen kuzeyinde 60 m derinliğinde ve 3.5 km uzunluğunda bir eşik, kanalın başlangıç bölgesinde yer alır. Boğaz çıkış kesitinde yaklaşık olarak 75

m civarında olan kanalın derinliği, eşikten sonra kademeli olarak 75-80 m'ye kadar derinleşmektedir.

Önceki araştırmacıların kanalın taşıma kapasitesilarındaki şüpheleri göz önüne alınırsa, öncelikle kanalın Akdeniz suyunu gerçekten taşıyıp taşımadığını belirlemek faydalı olacaktır. Ünlüata ve Oğuz (1983) ortalama debinin 10.000 m³/sn mertebesinde olduğunu hesaplamışlardır. Kanal eksonindeki eşik, alt tabaka suyunun akışı üzerinde hidrolik kontrol teşkil ettiğinden, Froude sayısı eşliğin tepesinde bire ulaşmalıdır ($F=1$). Bu durumda ise alt tabaka hızı aşağıdaki şekilde formülle edilir:

$$U = \left[g \cdot \frac{\Delta p}{p} \cdot h \right]^{\frac{1}{2}}$$

burada; g yer çekimi, $\Delta p/p$ iki su tabakası arasında normalize edilmiş yoğunluk farkı, h eşikteki alt tabakanın kalınlığı olarak alınmaktadır. Genellikle $\Delta p/p=10^{-2}$, $h=10-15$ m tipik değerleri için eşikteki çıkış hızı $u = 1,0 - 1,2$ m/sn olarak hesaplanır. Kanal genişliği, fazla olmamakla beraber, akışın kalınlığı ile birlikte artar. Örneğin 50 m kontur seviyesindeki genişlik yaklaşık olarak 1000 m civarındadır. Eşik derinliği 60 m olduğundan, eşliğin $z=10$ m üzerinde 1000 m genişliğini elde etmek için kesitin linear olarak genişlediği kabul edilebilir. Yani genişlik

$$b = 100 \cdot z$$

olarak kabul edilebilir. Hızın uniform olduğu düşünülürse, alt tabakadaki taşının miktarı, Q , aşağıdaki formülden elde edilebilir.

$$Q = \int u \cdot b \cdot dz = (50 \cdot u \cdot h^{3/2}) = 50 \cdot (g \cdot \Delta p/p)^{1/2} \cdot h^{5/2}$$

Tipik hız ve kalınlık değerleri için akım miktarı 5000-13000 m³/sn olarak bulunur ki, bu değer Karadeniz'e giren Akdeniz su miktarı tahminlerinin sınırları içindedir.

2.3.2. Karadeniz-İstanbul Boğazı bağlantı bölgesinde Akdeniz suyunun akış dağılımı

Tabana yakın tuzluluk değerlerinin dağılımı, Akdeniz suyunun boğazın kuzey giriş'i ile bitişik Karadeniz bölgesindeki yayılma şeklini ve aktığı yönü göstermektedir. Yapılan seyirlerde gözlemlenen tabandaki sıcaklık ve tuzluluk değerlerinin dağılımı, ISKİ'ye sunulan önceki raporlarda (DBE-ODTÜ, 1967; Latif ve diğerleri, 1988) verilmiştir. Dip suyu tuzluluk değerleri 24 ppt'den büyük olan istasyonların konumları deniz tabanındaki kanalı belirleyen 60 m'lik kontur çizgileriyle birlikte Şekil 2.4'de gösterilmiştir. Bu şeilden de açık olarak anlaşılabileceği üzere, Akdeniz suyu yaklaşık olarak bütünüyle kanal içinde taşınmaktadır. Çeşitli ayları kapsayan şekil, aynı zamanda Akdeniz suyunun İstanbul Boğazı çıkışından Karadeniz'e doğru akışının yıl boyunca takip edilebileceğini de göstermektedir. Kanal bitiminde Akdeniz suyunun ortamındaki Karadeniz suyu ile karıştığı ve dağıldığı gözlenmiştir. Haziran, 1988'de detaylı olarak yapılan bir seferde, Akdeniz suyunun Boğaz çıkışından 35 km uzaklıktaki 100 m derinlik konturuna kadar uzandığı gözlenmiştir. Şekil 2.5 bu sefere ait tabana yakın olan tuzluluk değerlerinin dağılımini göstermektedir. Akdeniz suyu kanaldan çıktıktan sonra yatay olarak dağıılırken, sra akıntı kuzeye doğru devam ederek 100 m konturuna 320020 no'lu istasyonda ulaşmaktadır. Bu istasyon 41°32'K-29°02'D koordinatlarında olup boğaz çıkışının 35 km kuzey-kuzeybatı doğrultusundadır.

2.2.3. Sıcaklık ve tuzluluk kesitleri

Boğaz çıkışındaki Akdeniz suyunun Özellikleri (tuzluluk, sıcaklık) ve kalınlığı boğazın iki ucundaki

Karadeniz ve Marmara denizi arasındaki seviye farkına ve bölgedeki hakim olan rüzgarlara bağlıdır. Karadeniz ile Marmara arasındaki seviye farkının, nehir girdilerinin maksimuma ulaşığı Nisan - Temmuz aylarında maksimum olduğu, Kasım - Ocak ayları arasında ise minimuma ulaşığı gözlenmiştir. Uzun süreli gözlemlere dayalı su seviyesi farklılığı Şekil 2.6(a)'da verilmiştir (Bogdanova, 1965). 1985-1988 döneminde boğazın kuzey girişindeki KO istasyonunda ölçülen yüzey tuzluluk değerleri Şekil 2.6.(b)'de gösterilmiştir. Yüzey tuzluluğunun düşük olduğu dönemler, Karadeniz'den Boğaza giren tatlı su girdisinin en yüksek olduğu dönemi göstermektedir. Akdeniz suyunun çeşitli şartlar altındaki özellikleri sıcaklık ve tuzluluk kesitleri kullanılarak aşağıda tartışılmıştır.

20 Mayıs 1986

Seferden 3 gün önce rüzgarlar kuzey-kuzeybatı yönünde ve günlük ortalamaya hızı 2.4 m/sn ile 3.6 m/sn arasıdayken, 20 Mayıs günü, rüzgar doğu-kuzeydoğu ile kuzey-kuzeydoğu yönünden 3-4 m/sn'lik bir hızla esmiştir. Mayıs ayında yüzey tuzluluğunun düşük ve su seviyesi farkının yüksek olması, Karadeniz'den İstanbul Boğazı'na olan su girdisinin maksimum olduğunu belirtmektedir (Şekil 2.6a,b). Dolayısıyla bu bulgular, Karadeniz nehir girdi suyunun çalışma alanına ulaşığı ve rüzgarların hafif olduğu bir dönemde alınmıştır.

Seferin tuzluluk ve sıcaklık kesitleri Şekil 2.7.'de verilmiştir. Bu ay boyunca Üst tabaka'daki su akıntısı yüksek olduğundan ara tabaka boğaz boyunca (daha sonra bahsedilecek) diğer aylara kıyasla daha derindir. Bu nedenle alt tabaka kalınlığı azdır. Karadeniz ve Akdeniz kökenli su kütleyeleri arasında kalan ara tabaka, tuzluluk ve sıcaklık kesitlerindeki birbirine çok yakın aralıklı eşdeğer çizgileriyle belirtilmiştir. Alt tabaka tuzluluk değeri yaklaşık 37 ppt iken Üst tabaka tuzluluğu yüzeyde 18 ppt olup ortalama 19 ppt

civarındadır. Boğazın daralma bölgesinde (B-6 ve B-7 istasyonları civarında) ara tabakanın kalınlığının arttığı gözlenmektedir. Ara tabaka kalınlığının artışı bu bölgede iki tabaka arasındaki karışımın daha çok olduğunu göstermektedir. Sıcaklık kesitinde B-11 istasyonuna kadar uzanın 8 °C'lik Karadeniz kökenli soğuk ara tabakanın güneye doğru giderek azalması ve daralma bölgesinde tamamen yok olması alt ve üst tabakanın karışımından ileri gelmektedir.

Boğazın kuzey eşiğinde, alt tabaka kalınlığı eşik tabanı üzerinde yaklaşık 7 metreye kadar azalmıştır. Bu da eşikteki hidrolik kontrole bağlı olarak alt tabakanın akış hızının artmasını göstermektedir. Aynı zamanda ara tabakanın kalınlığı, artan alt su tabakası hızının yukarıya doğru olan su hareketini engellemesile birdenbire incelmektedir. Süper kritik akışın eşiği geçtikten sonra kanalin dışa doğru olan eğim kısmına indiği gözlenir. Eşigin açıklarında ara ve alt tabaka kalınlığının artması akışın bir hidrolik sıçramaya uğrayarak sub-kritik duruma geçmesini göstermektedir.

8 Temmuz 1986

Seferden önce 3-7 Temmuz tarihleri arasında rüzgar kuzey-kuzeybatı yönünde günlük ortalama 3,0-5,4 m/s hızla eserken, 8 Temmuz günü rüzgar önce güneybatı, sonra da kuzey-kuzeybatı ile doğu-kuzeydoğu yönlerinden 2 m/s ile 4 m/s hızları arasında esmeye başlamıştır. KO istasyonundaki 15,9 ppt'lik düşük yüzey suyu tuzluluk değeri (Şekil 2-6.b), Karadeniz'deki tatlı su girdisinin Temmuz ayında da devam ettiğini göstermektedir. Bu bulgu nispeten yüksek su seviye farklılığını (Şekil 2.6.a) ile uyum içindedir.

Temmuz dönemi sıcaklık ve tuzluluk kesitleri Şekil 2.8'de verilmiştir. Boğazın hidrografik yapısı 20 Mayıs'ta gerçekleştirilen seyirdekine benzemekle beraber, ara tabaka seviyesi bir önceki döneme oranla boğaz boyunca 10 m kadar

daha yukarıdadır. Güney döralma bölgesinde (B-6 ve B-7 istasyonları arası) bir hidrolik kontrolün varlığı görülmektedir. Eşdeğer tuzluluk eğrilerinin oldukça aralıklı dağılımı, döralma bölgesinin güneyinde karışımın yüksek düzeye olduğunu gösterir. Üst tabaka sıcaklığının 20°C - 24°C arasında olduğunu gösteren sıcaklık kesitleri suyunun ısındığının göstergesidir. Alt tabaka suyunun tuzluluğu 36,2 ppt olup eşikteki kalınlığı yaklaşık 10 m'dir. Eşikteki ara tabakanın kalınlığının artan alt tabaka suyu akış hızı nedeniyle azalması, daha sonra da eşliğin aşılmasıyla tekrar kalınlaşması, eşik üzerindeki süper kritik akışı daha kuzeyde bir hidrolik sıçramanın izlediğini göstermektedir.

24 Eylül 1986

Sefer öncesi, 19-23 Eylül tarihleri arasında, rüzgarlar kuzeydoğu yönünden olup günlük ortalama hızları bu süre içinde 8 m/sn^2 den 4 m/sn^2 ye düşmüştür. Rüzgarlar 23 ve 24 Eylül'de değişik yönlerden ve 2 m/sn hızla esmişlerdir. Eylül ayında deniz seviyesi farkı ortalama değerin biraz altındadır. Bir önceki seferde yüzey tuzluluğu 16.6 ppt iken, bu dönemde Karadenize olan nehir suyu girdisi daha az olduğundan, Boğaz girişinde ve açıklarında 18-19 ppt civarındadır. Hidrografik kesitler Şekil 2.9'da gösterilmiştir. Üst tabaka suyu tuzluluk açısından homojen (18-19 ppt) bir yapı gösterirken, 35 m derinlikte keskin bir sıcaklık tabakalaşması görülmektedir. Ayrıca Boğaz girişinde keskin bir sıcaklık cephesi meydana gelmiştir. Bu cephe sonbaharda Üst tabaka akımının zayıf olduğu ve böylece Karadeniz kıyı bölgesinde doğulu akıntılarla gelen soğuk ara-su kütlesinin Boğaza giremediğini göstermektedir. Eşliğin üzerinde ara tabakanın inceldiği gene gözlenirken alt tabaka kalınlığının eşikte 12 m'ye ulaştığı saptanmıştır.

21 Kasım 1986

Bu sefer için Şekil 2.10'da verilen sıcaklık ve tuzluluk kesitleri hafif ile orta kuvvetlerdeki rüzgar koşullarının meydana getirdiği tipik durumları gösterir. Bu sefer öncesi rüzgarlar genellikle kuzey yönlerinden olup günlük ortalama hızları 2.8 m/sn ile 5.3 m/sn arasında değişmiştir. Yüzey tuzluluk değeri boğazın kuzey girişinde 17.9 ppt gibi oldukça yüksek bir değerde olup, bu dönemdeki Karadeniz nehir girdilerinin azlığı ile uyum içerisindeidir. Boğaz çıkışında dip tuzluluk değeri, KO istasyonunda, 35.8 ppt civarındadır. Akdeniz suyu Marmara Denizi'ndeki M-17 istasyonundan Karadeniz'deki 211080 istasyonuna kadar çok belirgin bir şekilde takip edilebilmektedir.

Bu ayda gözlenen hidrografik özellikler yaz aylarında gözlenlerden bazı farklılıklar göstermektedir. Karadeniz'den gelen soğuk ara-su kütlesi, dikey karışım ve yüzey soğuması sonucu kaybolmuştur. Bu dönemde üst tabaka yaklaşık 13.3° C gibi sabit bir sıcaklığıdır. Yüzey ve alt tabaka sıcaklıklarının birbirine yakın olması, boğazdaki sıcaklık tabakalaşmasını zayıflatmaktadır. Su seviyesi farkının azalmasına paralel olarak bu dönem süresince Karadeniz'den boğaza olan su girdisi düşük olmakta ve boğazda tuzluluk ara-tabakasının sığlaşmasına neden olmaktadır. Her istasyondaki ara tabakanın kalınlığı genel olarak önceki seferlerdekinden daha fazladır. Bunun sebebi, rüzgarların değişik yönlerden esmesi ve Karadeniz'den olan su girdisinin az olması olabilir. Alt tabakanın eşikteki kalınlığı ise yaklaşık 20 m 'dir.

16 Ocak 1987

Bu seferde elde edilen bulgular, boğazda az görülen kuvvetli güneybatı rüzgarlarının oluşturduğu hidrografik bir yapıyı göstermektedir. Seferden 4 gün önce, günlük ortalama hızı 5 m/s ile 8 m/s arasında değişen kuvvetli güney rüzgarları bölgede hakim idi. Ocak ayında beklenen düşük su seviye farkı güney rüzgarlarının etkisini artırmaktadır. Bu aya ait sıcaklık ve tuzluluk kesitleri Şekil 2.11'de verilmiştir. İstanbul Boğazı'nın güneyinde, B1 ve B5 istasyonları arasındaki tuzluluk değerleri 29-30 ppt'dir. B5 ile B6P istasyonları arasında Üst tabaka akıntısının bloke olduğunu gösteren keskin bir tuzluluk cephesi oluşmuştur. Bu cephe boyunca tuzluluk kuzeyde 19 ppt'den başlayıp yaklaşık 2.5 km'lik bir mesafede güneyde 29 ppt'ye kadar yükselmiştir. Tuzluluk ve sıcaklık konturlarının dağılımından dikey karışımın oldukça fazla olduğu açıkça görülür. Buna bağlı olarak, Akdeniz suyu Karadeniz'e girmeden önce eşik üzerinde 32.5 ppt gibi nispeten düşük bir tuzluluk değerine ulaşır.

21 Nisan 1987

21 Nisan 1987 seferi için sıcaklık ve tuzluluk kesitleri Şekil 2.12'de verilmiştir. Bu çalışma, Ocak 1987 seferindeki ile aynı şiddette olan, hızları 3 m/sn ile 9 m/sn arasında değişen ve 3 gün süren güneybatılı rüzgarlardan sonra gerçekleştirılmıştır. Bu süreç içinde deniz seviyesi farkı maksimuma yakındır (Şekil 2.6.(a)). KO istasyonunda ölçülen 16.5 ppt'lik düşük Üst-su tuzluluk değeri, bu ayda girdinin maksimum olduğunu doğrulamaktadır. Bu nedenle, bu seferde elde edilen veriler, kuvvetli güneyli rüzgarları ve yüksek su seviyesi farklılığı altında meydana gelebilecek şartları yansıtmaktadır. KO istasyonundan çıkan Akdeniz suyunun eşik üzerinden Karadeniz'e doğru belirgin bir yapı ile devam ettiği gözlenmektedir. Eşik Üzerindeki Akdeniz suyunun kalınlığı yaklaşık 10 m olup 34.3 ppt'lik tuzluluğa sahiptir. Eşigin

Ötesinde bu kütlenin kalınlığı, akışın bir sıçramayla yani akım rejiminin sub-kritik hale dönüşmesi sonucunda 15 metreye yükselir ve kanalı terk eden suyun yayılmasıyla hızlı bir şekilde tekrar azalır.

1-2 Mayıs 1987

16 Ocak 1987'de gözlenen üst tabaka bloklanmasına karşılık, 1-2 Mayıs 1987'de yapılan ölçümler, bu kez alt tabaka suyunun bloklandığını göstermektedir. Bloklanma, kuvvetli kuzey rüzgarlarıyla yüksek deniz seviyesi farklılığının aynı zamanda mevcut olması sonucunda meydana gelmiştir ve ardından rüzgar yönünün değişmesine bağlı olarak bloklanma durumu ortadan kalkmıştır. Bloklanmanın zamana bağlı değişimini belirleme ve bloklanmanın süresi hakkında fikir edilebilme açısından ölçümler sırasıyla aşağıda anlatılmıştır.

27-30 Nisan tarihleri arasında esen rüzgarlar sürekli olarak kuzey-kuzeydoğu ile kuzey-kuzeybatı yönlerinden olup günlük ortalama hızları 4.5 m/sn ile 7.5 m/sn arasındaydı. 1 Mayıs tarihinde rüzgarın yönü güney-güneybatı ile batı yönü arasında değişirken hızı da 5 m/sn'ye kadar düşmüştür. Bu tarihte alınan ilk bulgu seti 08:15 ile 09:28 saatleri arasındadır. Boğazın kuzey yakası, B11 istasyonunun kuzeyi, tamamen 16-17 ppt'lik Karadeniz suyunu kapsamaktadır (Şekil 2.13). Aynı günün 10:40 - 12:38 saatleri arasında yapılan ikinci Ölçüm ise B7 ile B13 istasyonları arasında kalan bölgeyi kapsamaktadır. B11 istasyonunda, dipten 1 m kadar yukarıda ölçülen 21-26 ppt'lik tuzluluk değeri, alt tabaka suyunun bu bölgeye daha yedi ulaştığını göstermektedir (Şekil 2.14). B7 istasyondaki tuz kamاسındaki (salt-wedge) tuzluluk değeri ise 35 ppt'dir. Aynı gün 13:57 ile 16:15 saatleri arasında, B5 ile B14 istasyonları arasında yapılan Üçüncü gözlemin tuzluluk kesitleri şekil 2.15.'de gösterilmiştir. Tuz kaması, dip su tuzluluğunun 30 ppt ve alt

tabaka su kalınlığının 5 m olduğu B13 istasyonuna kadar ulaşmıştır.

Bloklanma olayı süresince Üst tabaka suyunun tuzluluk değerinde bir artış olmaması ve bu süre boyunca Üst tabaka suyunun sabit bir tuzluluk ve sıcaklık değerini muhafaza etmesi dikkat edilmesi gereken önemli bir noktadır.

Ertesi gün, 2 Mayıs 1987'de 2.5 m/sn hızla esen hafif güneyli rüzgarlar hakimdi. 09:14 ile 14:45 saatleri arasında gerçekleştirilen boğaz çalışması sonucunda alt su akıntısının tekrar akmağa devam ettiği gözlenmiştir. Bu çalışmanın tuzluluk ve sıcaklık kesitleri Şekil 2.16'da gösterilmiştir.

25 Ağustos 1987

Seferden önce 21-24 Ağustos tarihleri arasındaki 4 gün boyunca rüzgar sürekli kuzey yönünden esmiş, günlük ortalama hızı ise 21'inde 8 m/sn'den 24'ünde 4 m/sn'ye kadar değişmiştir. Şekil 2.6(a) da görüldüğü gibi bu kuvvetli rüzgarlar Karadeniz ile Marmara arasındaki deniz seviyesi farkının ortalama değerinin altına indiği zamana rastlamıştır. KO istasyonunda yüzey tuzluluk değeri relativ olarak 17.72 ppt gibi yüksek bir degere çıkmış olup, su seviye farkının küçük olması ile uyum sağlamaktadır. Boğazda B-10'nun kuzeyindeki istasyonlarda ölçümler yapılmış ve sıcaklık, tuzluluk kesitleri Şekil 2.17'de gösterilmiştir. Daha sıcak Üst karışım tabakasının altında, yaza özgü tipik özellik olan, soğuk ara-su tabakasının varlığı sıcaklık kesitlerinde gözlenmektedir. Akdeniz suyu kanaldan çıktıktan sonra Karadeniz kıyı bölgesi boyunca ince bir su kütlesi halinde devam etmektedir. Ağustos seferinin en önemli sonucu, 4 gün süren kuvvetli kuzey rüzgarlarına rağmen, deniz suyu seviye farkının az olması yüzünden, Akdeniz suyunun bloklanmamış olmasıdır. Nisan 1987'deki benzer rüzgarlar alt tabakanın geçici olarak bloklanması sebep olmuştur.

8 Haziran 1988

Bu seferin sıcaklık ve tuzluluk kesitleri Şekil 2.18'de gösterilmiştir. Akdeniz suyunun, boğaz çıkışından taban eğiminin hızla arttığı 100 metre derinlik konturuna kadar olan 35 km'lik yol boyunca dibe yakın ince bir tabaka olarak devam ettiği gözlenmiştir. Bu özelliği daha iyi anlatabilmek için 100 m konturu üzerinde bulunan iki istasyonun dibe yakın kesiminin düşey sıcaklık ve tuzluluk profillerinin tabana yakın kesimini Şekil 2.19'da verilmiştir. L312L04 istasyonunda ($41^{\circ}31.2'$ K, $29^{\circ}4'$ D), sıcaklık ve tuzluluk değerleri 94 m derinlikte artmaya başlamış, son iki metrede ise maksimum artışa ulaşmıştır. L27L14 istasyonunda ($41^{\circ}27'K$, $29^{\circ}14'D$) ise sıcaklık ve tuzluluk değerlerindeki artış sadece son 1.5 m'de gözlenmiştir.

3. BESİN TUZLARI İLE KIRLETİCİ PARAMETRELERİN DAĞILIMI VE DEĞİŞİMİ

Besin tuzlarının çalışma alanı ve çevre bölgelerdeki seviyeleriyle ilgili veriler Birinci Yıllık Raporda sunulmuştur (Latif ve diğerleri, 1988). Temmuz 1985-Eylül 1988 döneminde toplanan veriler bu raporda sunulmaktadır. Besin tuzlarının seviyeleri (ortofosfat, ortosilikat, toplam oksitlenmiş azot (TON) ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$), toplam organik karbon (TOC) ve kirlilik parametrelerinden civa (Hg), toplam askı yük (TSS), TSS'nin kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), poliaromatik hidrokarbonlar (PAH) ve hümik madde (HM) konsantrasyonları su kolonunda ölçülmüştür.

Besin tuzları ile seçilmiş kirletici parametrelerin örnekleme Akdeniz suyunu sınırlı bir alanda nöyleden Boğaz çıkışındaki kanal gözönüne alınarak yapılmıştır. Bölgedeki çalışmalarla İstanbul Boğazı alt akıntısının izlenmesine özel bir önem verilmiştir. Temmuz 1985-Eylül 1988 döneminde B-14 ve K-O istasyonları arasında besin tuzu elementlerinin ve kirletici parametrelerin alt ve üst tabaka seviyeleri izlenmiş ve bölge için temel veri oluşturulması bakımından bu rapor kapsamında sunulmuştur.

Bu parametrelerin, su kolonunun ilk 50 metrelük kesimindeki ortalama değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi fosfat konsantrasyonu Mayıs-Eylül dönemi boyunca ortalama 0.21-0.26 $\mu\text{g-atom P/l}$ arasında değişirken, Kasım 1986'da 0.83 $\mu\text{g-atom P/l}'ye$ yükselmiştir. Fosfat miktarlarındaki bu artış üst karışım tabakası derinliğinin İstanbul Boğazı boyunca sıslaşması ve boğazın iki tabakası arasındaki karışımın artmasına (Latif ve diğerleri, 1988) bağlıdır.

İstanbul Boğazı'nın kuzey çıkışı civarındaki fosfat (PO_4^{3-}) ve toplam oksitlenmiş azot (TON) seviyelerinin Mayıs ve Kasım

1986 dönemleri için dikey dağılımları Şekil 3.1 ve 3.2'de gösterilmiştir. Birinci dönem ilkbahar dönemini ve kış karışımından sonraki şartları yansıtırken, ikinci dönem zayıf yoğunluk tabakalaşması dönemini, yani erken kış şartlarını, yansımaktadır. 125900 ve 125915 nolu istasyonlar için verilen bulgular kıyaslama amacı ile aynı şekilde içinde gösterilmiştir. Bu iki istasyon çalışma alanı içinde kıyı ötesi bölge sularını temsil etmeleri açısından özellikle seçilmişlerdir.

Geçmişte elde edilen veriler (Sen Gupta, 1973; Brewer 1971 ve Sorokin, 1983) ile R/V Bilim tarafından İstanbul Boğazı-Karadeniz birleşim bölgesinin (BBJ) kıyı ötesi sularında ölçülen PO₄ ve TON seviyelerinin (Yılmaz ve diğerleri, 1988) BBJ bölgesi sularında bulunan değerlerden daima düşük olduğu bulunmuştur. Bu zıtlık bölgeye gelen besin tuzlarında zengin Boğaz çıkış suyunun çıkışta kısmi düşey karışımına bağlanmaktadır. Eğer birleşim bölgesindeki bu oldukça yüksek besin tuzu seviyeleri sadece Batı Karadeniz'deki Tuna ve Kilyos gibi nehir girdilerine bağlı olsaydı, 125900 ve 125915 nolu istasyonlardaki yüzey suyu besin tuzu değerlerinin hemen hemen aynı olması gereklidir, fakat durum böyle değildir.

Şekil 3.1 ve 3.2'den de görülebileceği gibi, yapılan CTD ölçümleriyle tabana yakın sularda Akdeniz suyunun varlığı belirlenen 145090 ve 170110 nolu istasyonlarda, besin tuzu seviyeleri hızla Marmara Denizi derin sularında bulunan değerlere yakın seviyelere (1,0-1,4 µg-atom P/l ve 10.0-14 µg-atom N/l) ulaşmaktadır (Baştürk ve diğerleri, 1986). Akdeniz kökenli su girdisinin bulunamadığı 160110 ve 170040 nolu istasyonlarda, dip sularındaki fosfat ve toplam oksitlenmiş azot miktarları 0.20-0.25 µg-atom P/l ve 2.0 µg-atom N/l olarak bulunmuştur. 125900 ve 125915 gibi kıyı ötesi istasyonlarının üst tabakalarındaki fosfat ve toplam organik

azot seviyeleri ise 0.1-0.2 $\mu\text{g-atom P/l}$ ve 0.5 $\mu\text{g-atom N/l}$ aralığında değişmektedir. Bu istasyonların diper suları yaklaşık 0.3 $\mu\text{g-atom P/l}$ ve 2.5-3.0 $\mu\text{g-atom N/l}$ ihtiva etmektedir.

İstanbul Boğazi-Karadeniz birleşim bölgesindeki karışım süreçlerini belirlemek amacıyla, K-O ile B-14 istasyonları arasındaki üst-karışım tabakası (0-30m) ile alt tabaka (>50m) sularındaki kirleticili parametreler ve besin tuzlarının ortalama değerleri, sırasıyla, Çizelge 3.2 ve 3.3'de verilmiştir. Fosfat, toplam azot, silikatlar gibi besin tuzları ile toplam organik karbon miktarları histogramlar halinde Şekil 3.3'te, hümik madde, toplam aski madde, aromatik hidrokarbonlar ve civa gibi kirleticili parametrelerin histogramları ise Şekil 3.4'de sunulmuştur.

Birisi Ocak-Şubat döneminde (0.16-0.88 $\mu\text{g-atom P/l}$), diğerı Kasım döneminde (0.65 $\mu\text{g-atom P/l}$) olmak üzere fosfatın iki tepe değeri açık olarak görülmektedir. Benzer değişim toplam azot (TON) seviyelerinde de görülmektedir. Ocak-Şubat döneminde 1.67-4.41 $\mu\text{g-atom N/l}$ olan TON seviyesi Eylül 1986'da 2.84 $\mu\text{g-atom N/l}'ye$ yükselmiştir. Birinci tepe, kısmen artan nehir girdilerine, kısmende kış dönemi karışımılarıyla oluşan düşey girdilere bağlanabiliyorken, ikinci tepenin düşey karışım ve Boğazdan çıkan suyun akısındaki artıştan kaynaklanması olasıdır.

Şubat-Mart döneminde tepe noktasına ulaşan bahar patlaması (spring bloom) (Sorokin, 1983), Üst fotik bölgede artan besin tuzu seviyeleriyle desteklenmektedir. Çizelge 3.3'den görüleceği gibi, Üst tabaka PO_4 miktarı Şubat, 1986, 87 ve 88 dönemlerinde, sırasıyla, 0.88, 0.33 ve 0.16 $\mu\text{g-atom P/l}$ seviyelerinden aynı yılın Mayıs ayında 0.15, 0.08 ve 0.03 $\mu\text{g-atom P/l}$ seviyelerine düşmektedir. Minimum değerlere yaz sonuna doğru ulaşmaktadır.

Birincil Üretimdeki bu artış, TSS seviyesinin de Nisan-Eylül, 1986 döneminde 1,20 mg/l den Şubat-Mart, 1986 döneminde 3,0-7,46 mg/l ye yükselmesine neden olmuştur. Boğaz çıkış bölgesi Üst tabakasındaki TSS seviyelerindeki bu artış, birincil Üretimin artmasından dolayıdır. Eğer bu artış dip sedimanın dikey karışım nedeniyle tekrar aşkı haline gelmesinden kaynaklansaydı, İstanbul Boğazı Üst tabaka suyu akışının azaldığı Mayıs'dan Kasım'a kadar olan devrede TSS miktarlarında önemli bir artış olması gereklidir. Bununla beraber, durumun böyle olmadığı Ağustos-Eylül döneminde yaklaşık 1,20 mg/l mertebesinde olan TSS miktarları Kasım, 1986 da 1,38 mg/l ye yükselmesinden anlaşılmaktadır.

Burada bahsedilmesi gereken önemli bir nokta da, çalışılan süre içinde izlenen kimyasal parametrelerin mevsimsel olduğu kadar yıllık değişimler de göstermesidir. Mart-Kasım döneminde B14-KO arasındaki istasyonların Üst ve alt tabakalarında düzenli olarak izlenen parametrelerin yıllık ortalamaları, sırasıyla, Çizelge 3.4 ve 3.5 de gösterilmiştir. PAH ve TSS nin Üst tabakadaki ortalama miktarları 1985-1986 döneminde, sırasıyla, 0,13-0,21 µg/l ve 1,21-1,60 mg/l seviyesinden, 1987-1988 de 0,63-1,01 µg/l ve 2,44-2,59 mg/l ye yükselmiştir. Diğer yandan, 1985-1988 döneminde HM değerlerinde önemli bir artış gözlenmemiştir.

İstanbul Boğazı'nın kuzey ağzı girişinde Boğaz alt akıntısının etkisini daha açıkça görmek için, bölgenin alt tabaka sularındaki PO₄ ve TON değerleri, Mayıs ve Kasım 1986 ayları için, sırasıyla, Çizelge 3.6 ve 3.7 de tuzluluk değerleriyle birlikte verilmiştir. İstanbul Boğazı alt akıntısıyla etkilenmeyen istasyonlarda alt tabaka PO₄ ve TON değerleri aynı tabloda verilmiştir.

Çizelge 3.6 ve 3.7'nin dikkatli incelenmesi, Boğaz alt akıntısının doğrudan etkisinde kalan istasyonlarda alt tabaka fosfat değerlerinin Marmara denizinin alt tabakasındaki

değerlere çok yakın olduğunu göstermektedir. Bu özellik B15, 145090 ve 170110 nolu istasyonlarda da kolaylıkla görülebilir. Diğer taraftan Akdeniz kaynaklı suların etkisinin görülmmediği istasyonlarda fosfatın alt tabaka değerlerinin düşük ve 125900 ve 125915 nolu kıyı ötesi istasyonlardaki değerlere yakın olduğu görülür.

Dikey karışım döneminde (örneğin Kasım), bölge sularının üst ve alt tabakaları arasındaki sınırın kalınlığı artmaktadır (Çizelge 3.4). Bu karışım, sonuçta üst tabakanın besin tuzu miktarlarını arttırır. Çizelge 3.1 de gösterildiği gibi, üst tabakadaki PO_4 ve TON değerleri Eylül ayında $0,26 \mu\text{g-at P/l}$ ve $4.91 \mu\text{g-at N/l}$ 'den Kasım ayında $0.83 \mu\text{g-at P/l}$ ve $4.91 \mu\text{g-at N/l}$ 'ye artmaktadır. Burada bahsedilmesi gereken bir diğer noktada, Boğaz alt akıntısının doğrudan etkisinde kalan istasyonların alt tabaka PO_4 seviyelerinin artması, TON değerlerinin düşmesidir. Bununla beraber, Şekil 3.2 ve 3.3 den görülgüğü gibi, kıyı ötesi istasyonların alt tabaka besin tuzu seviyeleri çalışma dönemi boyunca $0,15-0,50 \mu\text{g-at P/l}$ arasında değişmektedir. Eğer Boğazın kuzey girişinin yüzey tabakasındaki PO_4 seviyelerindeki bu artış sadece Karadeniz'de meydana gelen dikey karışımından kaynaklansa idi, yüzey değerleri $0.50 \mu\text{g-at P/l}$ 'de daha büyük değerlere ulaşamazdı.

Mayıs, 1986 dönemi için PO_4 ve TON'ın yüzey dağılımları Şekil 3.5a,b, TSS ve TSS'nin kimyasal oksijen ihtiyacı ise Şekil 3.6a,b de gösterilmiştir. Fosfatın Eylül ve Kasım 1986 dönemleri için yüzey dağılımları ise Şekil 3.7a,b de gösterilmiştir.

Şekil 3.5a' dan görüldüğü gibi, Boğazın kuzey çıkışının batı kesimi yüzey sularındaki fosfat miktarı ($0,24 \mu\text{g-at P/l}$) doğu kesimine oranla ($0.16 \mu\text{g-at P/l}$) daha yüksektir. Benzer dağılımlar NO_3+NO_2 (Şekil 3.5b), TSS (Şekil 3.6a) ve KOI (Şekil 3.6b) değerlerinde de gözlenmiştir. Boğaz çıkışının batı kesiminde toplam oksitlenmiş azot seviyeleri 1,4 ve 1,65

$\mu\text{g-at N/l}$ arasında, doğu kesiminde ise 0,16 ve 0,60 $\mu\text{g-at N/l}$ aralığında değişmektedir (Şekil 3.5b). Şekil 3.6a ve 3.6b, TSS ve KOI değerlerinin yüzey dağılımlarının boğaz çıkışına göre simetrik olmadığını, batı kesimindeki değerlerin ($TSS=1,9-4,0 \text{ mg/l}$ ve $KOI=0,30-0,8 \text{ mg/l}$) doğu kesimine oranla ($TSS=0,90-1,60 \text{ mg/l}$ ve $KOI=0,30-0,80 \text{ mg/l}$) daima daha yüksek olduğunu gösterir. CTD değerleri bu istasyonlarda yüzey tabakası tuzluluk ve sıcaklığının (18,22 ppt tuzluluk ve 14,40-14,86°C), diğer istasyonlara oranla (18,52 ppt tuzluluk ve 15,15-15,75°C) daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu farklılıklar Boğaz çıkışının batısındaki bölgeyi etkileyen nehir deşarjlarının varlığından kaynaklanmaktadır.

Eylül 1986 dönemi için kimyasal veri sayısı sınırlı olmakla beraber, eldeki veriler bölgenin bazı özelliklerini göstermek için yeterlidir (Şekil 3.7a). Besin tuzlarının birincil üreticiler tarafından tüketilmesinden dolayı yüzey suyu PO_4 değerleri (Şekil 3.7a) 0,06 $\mu\text{g-at P/l}$ 'ye kadar düşmektedir. Bununla beraber, 180120, 190100 ve 200080 nolu istasyonlarda yüzey suyu değerleri (0,3-0,4 $\mu\text{g-at P/l}$) diğer istasyonlarda ölçülen değerlerden daha yüksektir. Benzer özellik diğer parametreler için gözlenmemektedir. Bu kısmın artışı Boğaz ağzındaki eşiğin varlığından kaynaklanıp kaynaklanmadığı hala açık değildir.

Şekil 3.7b Akdeniz kaynaklı Boğaz sularının eşikten geçerken kısmi dikey karışımından dolayı artan yüzey besin tuzları seviyelerini gösterir. Kasım 1986'da toplanan yüzey verileri fosfor ve azot bileşiklerinin parçalı (patchy) bir dağılım göstermektedir. Boğaz çıkışına yakın istasyonlardaki fosfat değerleri daha düşük ve 0,24-0,65 $\mu\text{g-at P/l}$ aralığında değişirken, 163107, 171112 ve 190120 nolu istasyonlarda 0,51-0,81 $\mu\text{g-at P/l}$ aralığında değişmektedir. Benzer şekilde, Boğaz ağzına yakın istasyonlardaki toplam oksitlenmiş azot seviyeleri (0,8-3,5 $\mu\text{g-at N/l}$) açık sularındaki değerlerden (3,6-9,00 $\mu\text{g-at N/l}$) daha düşüktür. Özellikle boğaz çıkışına

yakın bölgelerdeki ($41^{\circ}13'N$ - $41^{\circ}17'N$ enlemleri arasında) çözünmüş oksijen değerlerinde de görülmekte olan bu düzensiz dağılımin, rüzgarların neden olduğu dikey karışımından dolayı arttığı gözlenmiştir.

4. DEĞERLENDİRME

Bu raporda verilen bulgular, İstanbul Boğazı ve bitişik Karadeniz bölgesinde 2 yıl süreyle yapılan çalışmalarla elde edilmiştir. Araştırmalar neticesinde, Akdeniz suyunun kısa süreli kesintiler hariç sürekli olarak Karadeniz'e ulaştığı belgelenmiştir. Akdeniz suyu Karadeniz'e İstanbul Boğazının devamı olan dik kenarlı ve dar bir kanal yoluyla girmektedir. Eksenin ilk 8 km'si içinde kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan kanal, başlangıçta Boğazla aynı konumda iken daha sonra kuzeybatı yönüne döner. Kanalın deşarj kapasitesi tahmin edilen maksimum Akdeniz suyu girdisini taşıyacak yeterliliktedir. Kanal dik yamaçlı oluşu ve konumu nedeniyle giriş suyunun Boğaz çıkışının yaklaşık 10-15 km kuzeyine kadar herhangi bir yatay dağılıma uğramaksızın taşınmasını sağlamaktadır. Akdeniz suyu akışının hem kanal içinde tutulması hemde takip ettiği yol nedeniyle, bu olay daha önceki araştıracıları boğaz akışının sürekli olmasından çok arasında olduğu yolunda hatalı sonuçlara götürmüştür. Kanalın içinde boğaz akışını yer çekimi kuvveti yönlendirdiğinden, bölgesel akıntılar ve koriolis kuvveti akıntıının yönünü etkilememektedir. Boğaz alt akıntısının yönü geniş kıtalar sahanlığına ulaştıktan sonra bölgesel şartlardan etkilenmektedir. Plamun burada oldukça seyrelmiş ve momentumunu kaybetmiş olarak Karadeniz'de son hedefi olan abisal bölgeye doğru yamaç boyunca doğru akar.

Bu özellikler tabana yakın tuzluluk dağılımları ve kesitlerden açıklıkla görülebilmektedir. Besin tuzu miktarları ve kimyasal parametrelerin dağılımları bu gözlemleri desteklemektedir. Kanal dışındaki istasyonlardan

6

alınan örneklerdeki kimyasal parametrelere seviyeleri Karadeniz'in eş derinliklerindeki değerlere benzerlik gösterirken, kanalın içinden alınan örneklerdeki besin tuzu miktarları Marmara Denizi'nin dip sularındaki miktarlarla aynı mertebedendir. Bununla birlikte çalışılan bölgenin yüzey tabakasındaki kimyasal parametrelerin yıllık değişimi Karadeniz'in açık sularında gözlemlenen değişimlerle aynı seviyededir.

Yüzey tuzluluğunun mevsimsel değişimi en düşük tuzluluk değerlerinin ırmak girdilerinin boğaz girişine ulaştığı geç ilkbahar aylarında olduğunu gösterir. Yüzey örneklerinin toplam askı madde ve besin tuzu değerleri karasal girdinin ulaşma zamanı ile uyumlu olarak bu dönemde yükselmektedir. Boğaz çıkışının kuzeybatısındaki istasyonlarda değerlerin beklenildiği gibi yüksek olması, bu bölgede Tuna nehri girdisinin etkisini belirgin olarak göstermektedir.

İstanbul Boğazı dinamik açıdan hareketli bir sistemdir. Bilhassa rüzgar değişimlerine karşı sistemin tepkisi hızlıdır. Dolayısıyla, boğazdaki koşullar özellikle fırtına süresince geçici değişkenlik gösterirler.

Kuzey rüzgari, hem yüzey sularını sürüklemesi hemde yakın Karadeniz kıyılarına yığmasından dolayı, Üst tabaka sularının akışını artırmaktadır. Kuzey rüzgari süresince alt ve Üst tabaka arasındaki geçiş tabakasının derin ve keskin olduğu gözlenmiştir. Bu koşullarda Akdeniz suyu yüksek tuzluluk değerlerine sahiptir. Akdeniz suyu girdisinin bloklanması olayı hem rüzgar hem de deniz seviyesi farkının yarattığı etkiler aynı yönde olmadıkça gerçekleşmez. Nisan 1987 seferi sırasında deniz seviyesi farklı yüksek olmasına rağmen rüzgar güneybatıdan eserken, Ağustos 1987 seferinde ise rüzgarlar kuzeyden sürekli ve güçlü eserken deniz seviye farklı düşüktü. Her iki durumda da bloklanma olayı olmamamıştır. Diğer yandan, kuvvetli güney rüzgari Marmara denizi

kıyılara yıgilma meydana getirerek boğaz boyunca basıncı farkını düşürerek üst tabaka su akışının azalmasına neden olmaktadır. Ekstrem durumlarda üst tabaka akışının bloklanması olayı meydana gelebilir.

Çalışma süresi içinde bir defa üst tabakanın bir defa da alt tabakanın bloklanması olayı belgelenmiştir. Alt tabakanın bloklanması (1 Mayıs 1987) süresince üst tabakanın sıcaklık, tuzluluk ve çözünmüş oksijen değerlerinin değişmemesi, alt tabaka bloklandığında iki tabaka arasındaki dikey karışımın artmamasının göstergesidir. Bununla birlikte üst tabaka akışının bloklandığı durumlarda (16 Ocak 1987) iki tabaka arasındaki karışımın büyük ölçüde arttığı tespit edilmiştir.

Bu raporda sunulan araştırmalara ilaveten ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü 1985 yılından beri Marmara denizi ve Boğazlar ile ilişkin araştırmaları da sürdürmektedir. Bu araştırmalarda İstanbul Boğazı' boyunca da ölçümler yapılmaktadır. Boğazın üst ve alt tabakaları arasındaki geçiş tabakasının başlangıcı 20 ppt'lik tuzluluk değerinin derinliği olarak kabul edilebilir. 20 ppt'lik tuzluluğun derinliği 1985 Kasım'ından başlayarak Şekil 2.20'de verilmiştir. Eşigin derinliği 60 m iken bu istasyonun toplam derinliği 75 metredir. KO istasyonu ile eşigin yakın olmasından dolayı, alt tabakanın bloklanması için KO istasyonunda alt ve üst tabaka arasındaki geçiş tabakası derinliğinin 60 m veya daha fazla olması beklenir. 20 ppt tuzluluk konturun derinliği sadece 2 gözlemede 60 m den daha derin bulunmuştur. Bunlardan biri raporda tartışılan 1 Mayıs 1987 seferinde, diğer ise 13 Mart 1986 da meydana gelmiştir. Diğer bütün durumlarda 20 ppt'lik eş-tuzluluk derinliği 60 m den daha azdır. Sonuçta, bu bulgular alt tabaka bloklanmasının ender meydana gelen bir durum olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3.1: İstanbul Boğazı-Karadeniz birleşim bölgesinde seçilmiş bazı parametrelerin aylık ortalamaları

	Mayıs, 1986	Tem., 1986	Eylül, 1986	Kasım, 1986
KOI (mg/l)	0.64	0.27	0.29	0.27
TSS (mg/l)	1.30	1.14	0.81	4.41
HM (mg/l)	0.72	0.22	0.35	0.59
PO ₄ -P (µg-at/l)	0.21	0.21	0.26	0.83
NO ₂ +NO ₃ (µg-at/l)	0.90	1.42	1.27	4.91

Çizelge 3.2: İstanbul Boğazı'nın kuzey girişinde İst.B14 den İst.KO'a kadar olan bölgenin üst tabaka sularında bazı parametrelerin aylık ortalamaları (Besin tuzları µg-at/l, PAH µg/l, Hg ng/l, diğerleri ise mg/l olarak verilmiştir)

Aylar	PO ₄	TON	TOC	Si	HM	TSS	KOI	PAH	Hg
Temmuz, 85	-,--	-,--	-,--	-,--	0.45	0.92	0.31	-,--	2
İyustos	-,--	-,--	-,--	-,--	0.80	0.63	0.16	0.05	8
Eylül	-,--	-,--	-,--	-,--	0.90	0.93	0.26	0.10	23
Kasım	-,--	-,--	-,--	-,--	0.57	2.40	0.29	0.16	39
Aralık	0.37	-,--	-,--	-,--	0.95	1.15	0.33	0.22	31
Ocak 86	0.23	-,--	-,--	-,--	0.41	3.05	0.51	0.50	26
Şubat	0.88	-,--	-,--	-,--	1.37	7.46	0.84	1.02	18
Mart	0.45	-,--	-,--	-,--	1.61	3.88	1.06	0.82	3
Nisan	0.11	0.19	-,--	-,--	0.69	0.60	0.26	0.27	36
Mayıs	0.16	0.43	-,--	-,--	0.80	1.26	0.74	0.13	19
Temmuz	0.32	0.92	-,--	-,--	0.24	1.69	0.28	0.11	18
İyustos	0.04	0.02	-,--	-,--	0.45	1.21	0.22	0.21	--
Eylül	0.08	2.84	-,--	-,--	0.27	1.19	0.38	0.02	13
Kasım	0.65	-,--	-,--	-,--	0.53	1.38	0.30	0.35	5
Ocak, 87	0.32	3.78	4.11	-,--	0.59	1.84	-,--	0.57	--
Şubat	0.33	4.41	2.12	-,--	0.66	2.92	-,--	0.56	12
Mayıs	0.08	1.65	2.49	1.33	1.05	1.91	-,--	1.00	3
Haziran	0.02	0.02	2.64	0.17	0.50	2.81	-,--	1.17	89
Temmuz	0.03	0.09	2.02	-,--	0.46	3.93	-,--	1.20	36
İyustos	0.08	-,--	2.25	0.70	0.26	1.99	-,--	0.65	12
Eylül	0.02	0.10	2.19	0.84	0.35	3.13	-,--	-,--	N.D
Ekim	0.02	0.02	2.03	0.66	0.36	1.77	-,--	-,--	--
Ocak, 88	0.16	1.67	2.17	1.25	0.68	1.89	-,--	0.36	--
Mart	0.08	0.20	2.37	0.15	0.99	3.34	-,--	0.71	--
Mayıs	0.03	2.15	2.19	0.14	0.83	1.36	-,--	0.23	--
Temmuz	0.12	0.45	2.52	0.47	0.35	4.23	-,--	0.19	--
İyustos	0.02	0.11	2.50	0.82	1.00	0.82	-,--	1.38	--
Eylül	0.02	0.44	1.79	-,--	0.56	0.95	-,--	-,--	--

Çizelge 3.3: İstanbul Boğazı'nın kuzey girişinde İst.B14 den İst.KO'a kadar olan bölgenin alt tabaka sularında bazı parametrelerin aylık ortalamaları (Besin tuzları $\mu\text{g-at/l}$, PAH $\mu\text{g/l}$, Hg ng/l , diğerleri ise mg/l olarak verilmiştir)

Aylar	PO_4	TON	TOC	Si	HM	TSS	KOI	PAH	Hg
Temmuz,85	-,-	-,-	-,-	-,-	0,22	0,44	0,22	1,23	3
İyustos	-,-	-,-	-,-	-,-	0,65	0,63	0,41	0,51	55
Eylül	-,-	-,-	-,-	-,-	0,65	-,-	-,-	N.D.	13
Kasım	-,-	-,-	-,-	-,-	0,78	1,06	0,30	0,12	23
Aralık	0,37	-,-	-,-	-,-	0,57	1,29	0,38	0,08	17
Ocak,86	0,60	-,-	-,-	-,-	0,35	7,36	0,37	0,78	32
Şubat	0,92	-,-	-,-	-,-	1,20	8,63	0,84	0,51	7
Mart	0,21	-,-	-,-	-,-	0,44	3,46	0,41	0,70	--
Nisan	1,00	-,-	-,-	-,-	0,55	0,90	0,30	0,13	46
Mayıs	1,04	10,62	-,-	-,-	0,39	1,18	0,27	0,10	26
Temmuz	1,17	9,30	-,-	-,-	0,23	6,02	0,15	-,-	24
İyustos	0,80	5,40	-,-	-,-	0,35	2,02	0,25	0,25	--
Eylül	0,52	1,83	-,-	-,-	0,43	1,80	0,44	0,05	27
Kasım	1,32	7,04	-,-	-,-	0,49	5,05	-,-	-,-	4
Ocak,87	0,49	4,03	1,02	-,-	0,44	3,09	-,-	0,54	--
Şubat	0,60	5,74	1,40	-,-	0,43	-,-	-,-	-,-	--
Mayıs	0,74	7,50	0,93	20,0	0,51	-,-	-,-	-,-	--
Haziran	0,77	8,96	0,80	21,7	0,34	-,-	-,-	-,-	--
Temmuz	0,56	7,02	0,95	-,-	0,39	-,-	-,-	-,-	--
İyustos	0,72	-,-	0,99	24,2	0,27	-,-	-,-	-,-	--
Eylül	0,95	9,31	0,77	26,0	0,41	-,-	-,-	-,-	--
Ekim	-,-	6,15	-,-	19,2	0,68	-,-	-,-	-,-	--
Ocak,88	-,-	6,09	1,45	27,8	0,65	-,-	-,-	-,-	--
Mayıs	0,87	9,23	0,98	20,2	0,51	-,-	-,-	-,-	--
Temmuz	1,07	10,11	1,88	-,-	0,31	-,-	-,-	-,-	--
İyustos	1,12	10,15	0,77	27,6	0,74	1,84	-,-	0,87	--
Eylül	1,13	10,45	1,95	-,-	0,58	-,-	-,-	-,-	--

Çizelge 3.4; B14-KO istasyonları arasında kimyasal parametrelerin üst tabaka sularında yıllık ortalama miktarları

Parametre	1985	1986	1987	1988
Anorganik Fosfor	-.--	0.26	0.04	0.07
Toplam Azot	-.--	0.88	0.38	0.84
Toplam Org. Karbon	-.--	-.--	2.27	2.26
Silikat	-.--	-.--	0.74	0.40
Humik Maddeler	0.73	0.66	0.50	0.74
Toplam Asılı Katılar	1.21	1.60	2.59	2.10
Poliaromatik Hidrokarb.	0.13	0.27	1.01	0.63
Civa	21	16	56	--

Çizelge 3.4: B14-KO istasyonları arasında kimyasal parametrelerin üst tabaka sularında yıllık ortalama miktarları

Parametre	1985	1986	1987	1988
Anorganik Fosfor	-.--	0.87	0.75	1.05
Toplam AZot	-.--	8.09	7.79	9.21
Toplam Org.Karbon	-.--	-.--	0.89	1.41
Silikatlar	-.--	-.--	22.2	23.9
Humik Maddeler	0.57	0.49	0.43	0.56
Toplam Asılı Katılar	0.86	2.55	-.--	-.--
Poliaromatik Hidrokarb.	0.39	0.25	-.--	-.--
Civa	22	25	-.--	-.--

Çizelge 3.6: R/V BİLİM'in Mayıs, 1986 tarihli seferi esnasında Boğaz-Karadeniz birleşim bölgесine boğaz alt akıntısı yoluyla gelen Akdeniz sularında ölçülen fosfat ve toplam oksitlenmiş azot bileşiklerinin dağılımları

Istasyon Numarası	Maksimum Derinlik(m)	Örnek Derinliği(m)	$\text{PO}_4\text{-P}$ ($\mu\text{g-at/l}$)	NO_3+NO_2 ($\mu\text{g-at/l}$)	Dip tabaka Tuzluluğu
B15	75	60	1.04	10.70	36.82
145090	60	53	1.06	10.01	36.83
170110	73	70	0.96	4.21	35.03
160110	53	75	0.27	2.29	18.39
170040	54	50	0.14	0.36	18.24
180090	72	70	0.16	0.53	18.49
125900(*)	83	75	0.33	2.43	19.12
125915(*)	95	85	0.30	3.69	20.43

(*): Bu istasyonların yerleri Şekil.1 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7: R/V BİLİM'in Kasım, 1986 tarihli seferi esnasında Boğaz-Karadeniz birleşim bölgесine boğaz alt akıntısı yoluyla gelen Akdeniz sularında ölçülen fosfat ve toplam oksitlenmiş azot bileşiklerinin dağılımları

Istasyon Numarası	Maksimum Derinlik(m)	Örnek Derinliği(m)	$\text{PO}_4\text{-P}$ ($\mu\text{g-at/l}$)	NO_3+NO_2 ($\mu\text{g-at/l}$)	Dip tabaka Tuzluluğu
B15	75	50	1.35	6.95	37.29
140090	63	60	1.35	2.13	36.98
163107	69	60	1.28	5.56	36.55
171112	75	60	1.55	2.31	36.38
179113	80	75	1.39	5.13	36.16
125900(*)	83	75	0.08	3.10	21.93

(*): Bu data R/V BİLİM'in 25.9.1986 tarihli seferinden alınmıştır.

REFERENCES

Baştürk, Ö., A. C. Saydam, İ. Salihoglu and A. Yılmaz, 1986:
Oceanography of the Turkish Straits, First Annual Report. Health of Turkish Staits. II. Chemical and Environmental Aspects of the Sea of Marmara, IMS-METU, Erdemli-Içel.

Beyazıt, M. and M. Sümer, 1982: İstanbul Boğazı'nın Oşinografik ve Hidrolik Etüdü, TÜBİTAK Sulama Tesisleri Ünitesi, Kesin Rapor 28, İstanbul Teknik Üniversitesi

Bogdanova, A.K., 1961: Raspredelenii Sredizemnomozkikh vod v Chenom more: Okeanologiya, V.1(6), pp.983-991; Engl. Transl., 1963, The distribution of Mediterranean Waters in the Black Sea: Deep-Sea Research, v. 10, pp.665-672.

Bogdanova, A.K., 1965: Seasonal fluctuations in the inflow and distribution of the Mediterranean waters in the Black Sea, in Fomin, L.M. (Ed.) Basic Features of the Geological Structure, of the Hydrologic Regime and Biology of the Mediterranean Sea, pp.131-139, Academy of Sciences, USSR, Moscow. English transl., 1969 Institute of Modern Languages, Washington, D.C.

Bogdanova, A.K. and V.N. Stepanov, 1974: Hydrodynamic estimate of the blocking conditions of the lower-Bosphorus current, Oceanology, v.14, pp.37-40.

Brewer, P., 1971: Hydrographic and chemical data from the Black Sea, Woods Hole Oceanographic Institute Technical Repor No: 71-65.

Büyüközden, A., H. Yüce and T. Bayraktar, 1985a: Akdeniz suyunun İstanbul Boğazı boyunca ve Karadeniz'de incelenmesi, Doğa Bilim Dergisi, Seri.B, Cilt.9 Sayı.3, s:312-324

Büyüközden, A., H. Yüce and T. Bayraktar, 1985b: Akdeniz suyunun İstanbul Boğazı boyunca ve Karadeniz'de incelenmesi: TÜBİTAK Çevre Araştırmaları Grubu Kesin Rapor, Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı,

Farmer, D. M. and Armi, L., 1986: Maximal two-layer exchange over a sill and through the combination of a sill and contraction with barotropic flow, J. Fluid Mech., v.164, pp.53-76.

Gunnerson, C.G., and E. Özturgut, 1974: The Bosphorus. in Degens, E.T. and D.A. Ross (Eds.). The Black Sea-Geology, Chemistry and Biology, pp.99-113, Am. Assoc. Pet. Geol. Memoir 20, Tulsa, Oklahoma.

Ilgaz, O., 1944: Karadeniz'den Boğaza giren suları ilgilendiren bazı notlar, Türk Coğrafya Dergisi, Cilt.7, Ankara

IMS-METU, 1987: Oceanographic characteristics of the region Surrounding the northern entrance of the Bosphorus as related to the planned sewage outfalls, Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, 84p, Jan. 1987.

IMS-METU, 1989: Istanbul sewerage project oceanographic investigations relating to the pre-and post- operation condition in the Bosphorus and the surrounding Marmara Sea region, Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, 123p, March. 1989.

Latif, M.A., E. Özsoy, T. Oğuz, Ü. Ünlüata, Ö. Baştürk, C. Saydam, A. Yılmaz and İ. Salihoglu, (1988): Oceanographic Characteristics of the Region Surrounding the Northern Entrance of the Bosphorus as Related to the Planned Sewage Outfalls, First Annual Report, Institute of Marine Sciences-METU, Erdemli-İçel, 111 pp.

Özsoy, E., T. Oğuz, M. A. Latif, and Ü. Ünlüata, 1986: Oceanography of the Turkish straits, First Annual Report, Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, December, 1986.

Pektaş, H., 1953: Boğaziçinde ve Marmara'da sıvı akıntıları, Hidrobiyoloji, Seri A, Cilt.I

Pektaş, H., 1956: The influence of the Mediterranean water on the hydrology of the Black Sea, 4th Technical Papers Meeting, Fisheries Center of Istanbul, Mediterranean General Fisheries Council, 15p.

Scholten, R. 1974: Role of the Bosphorus in Black Sea Chemistry and sedimentation, in Degens, E.T. and D.A. Ross (Eds.). The Black Sea-Geology, Chemistry and Biology, pp.99-113, Am. Assoc. Pet. Geol. Memoir 20, Tulsa, Oklahoma.

Sea-Bird Electronics, Inc. 1985: CTD System, Operating and Repair Manual, Washington, U.S.A.

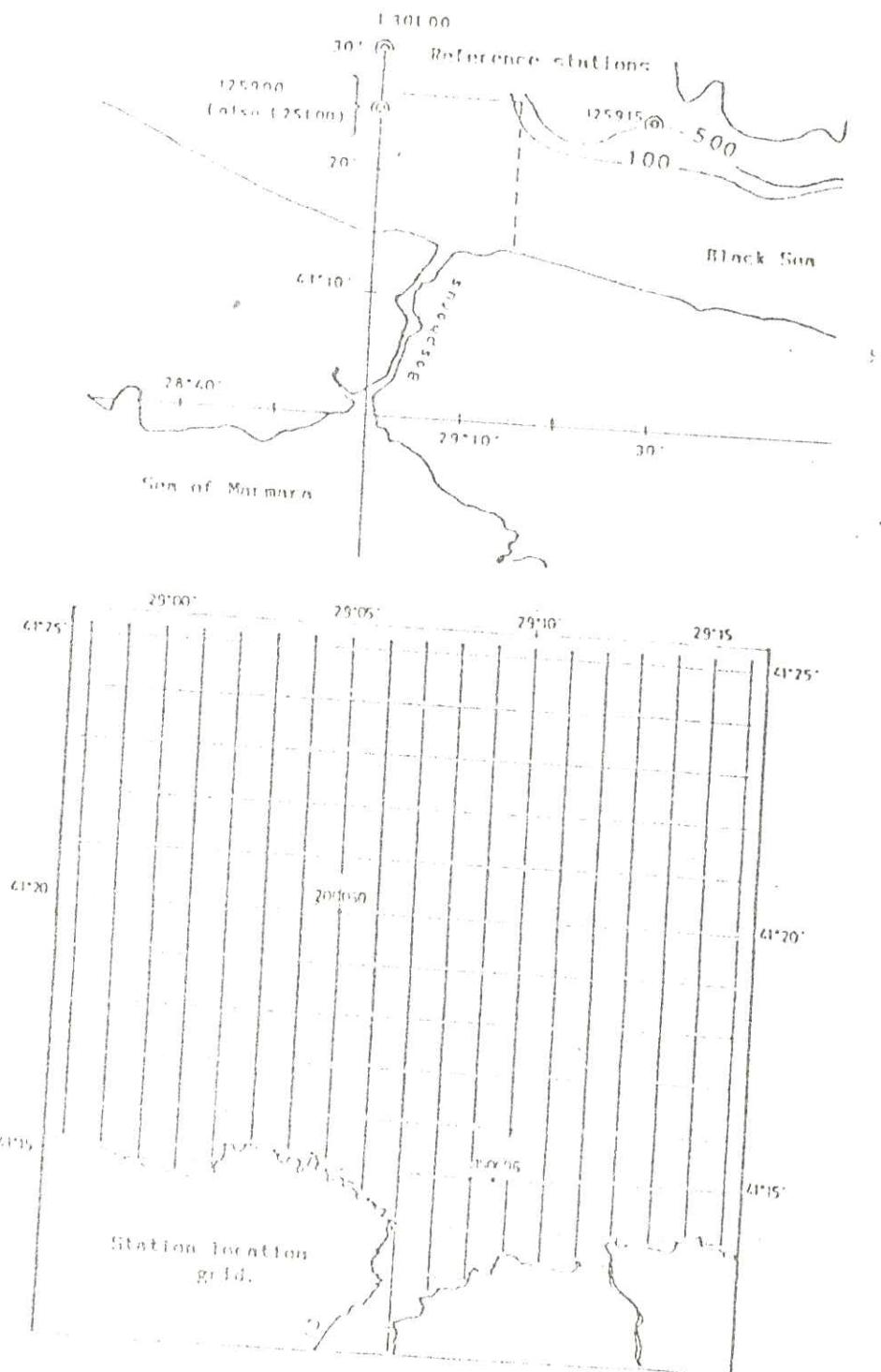
- Sen Gupta, R. and H. W. Jannasch, 1873: Photosynthetic production and dark-assimilation of CO₂ in the Black Sea, *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 58, v.5, 625-632.
- Sorokin, Yu. I., 1983: The Black Sea, in Ketchum, B.H. (ed.) Ecosystems of the World: Estuaries and Enclosed Seas, v.26, 253-291, Elsevier, Amsterdam.
- Sümer, B.M. and M. Bakioğlu, 1981: Sea-Straight Flow with Special Reference to Bosphorus. Teknik Rapor, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, 25 sayfa.
- Tolmazin, D, 1985: Changing coastal oceanography of the Black Sea, in Angel, M. V., and R. L. Smith (eds.), Progress in Oceanography, v.15, pp.217-276, Pergamon Press, Oxford.
- Ullyott, P., and O. Ilgaz, 1943a: Observations on the Bosphorus, I: A definition of standard conditions throughout the year. *Hydrobiology*, Ser.B, V.8, no.4, pp.229-255, Publication of the Hydrobiological Research Institute Faculty of Science, University of Istanbul, (Turkish summ.).
- Ullyott, P., and O. Ilgaz, 1943b: Observations on the Bosphorus, II: Geographical and Hydrological Conditions. Publications of the Faculty of Science, University of Istanbul, Seri B, v.2.
- Ullyott, P., and O. Ilgaz, 1946a: Observations on the Bosphorus, III: The degree of turbulence, *Hidrobiology*, Ser. B, V.11, pp.107-123, Publication of the Hydrobiological Research Institute, Faculty of Science, University of Istanbul, Istanbul.

Ullyott, P., and O. Ilgaz, 1946b: The hydrography of the Bosphorus: An introduction. Geogr. Rev., v.36, no.1, pp. 44-66.

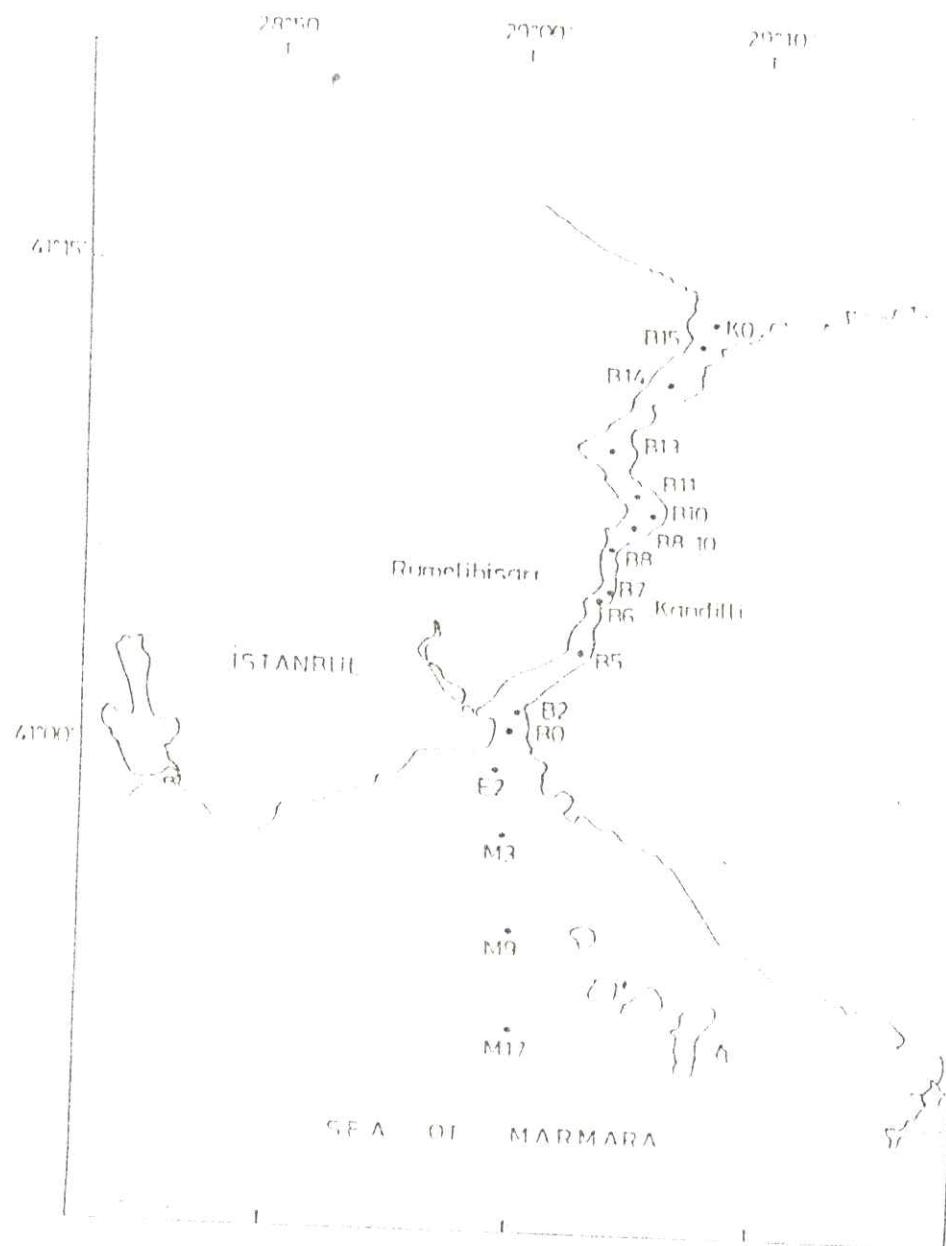
Ullyott, P., 1953: Conditions of flow in the Bosphorus Hidrobiology, Ser.B, v.-, no.3, pp.199-214, Publication of the Hydrobiological Research Institute, Faculty of Science, University of Istanbul, Istanbul.

Ünlüata, Ü. and T. Oğuz, 1983: A review of the dynamical aspects of the Bosphorus, in Charnock, H. (ed.), On the Atmospheric and Oceanic Circulation in the Mediterranean (in preparation).

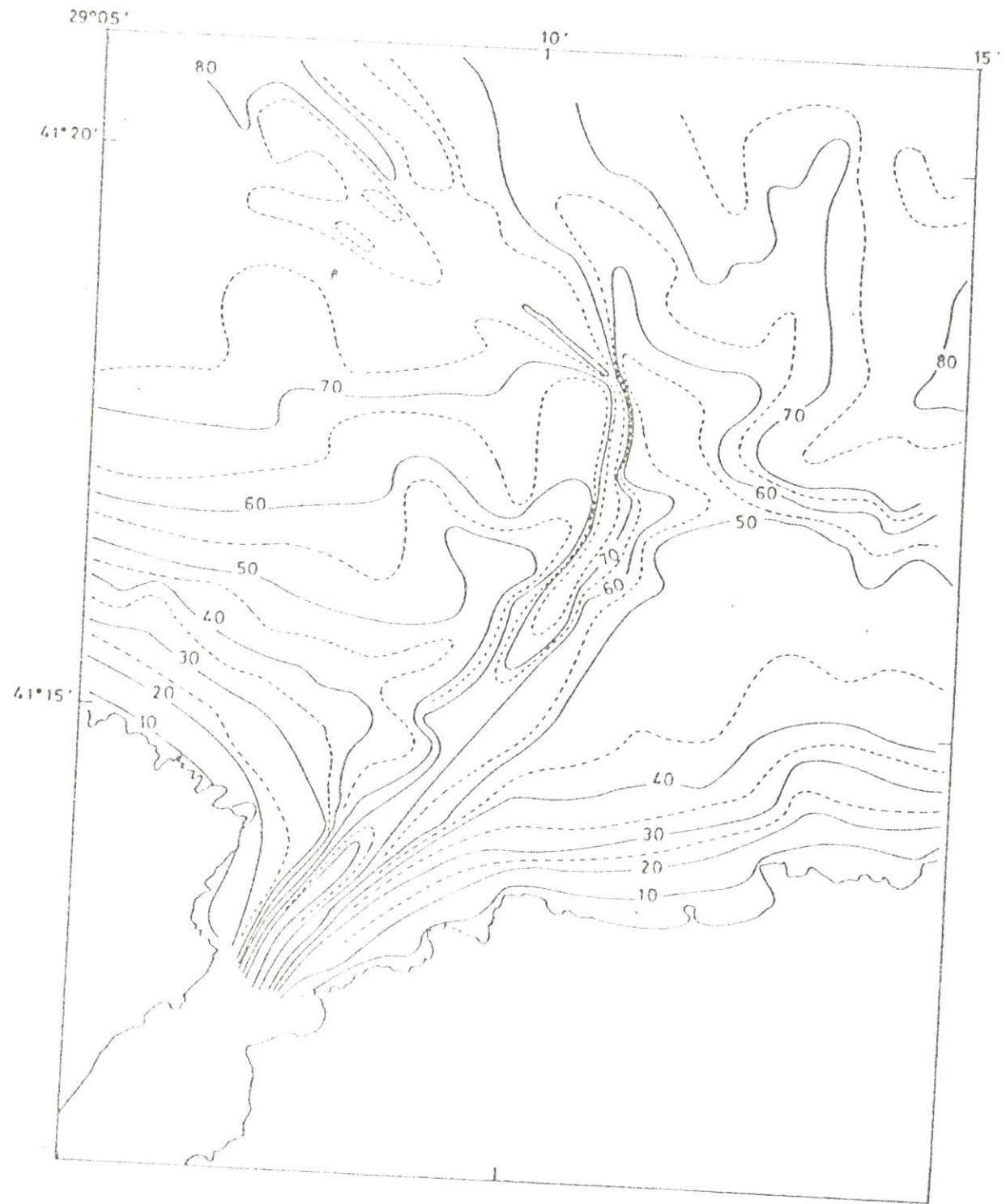
Yılmaz, A., I.Salihoglu, Ö.Baştürk and A.C. Saydam, 1988: Batı ve Orta Karadeniz'in Oşinografisi, Cilt.II, Kimyasal Oşinografi, ODTÜ-DBE, Erdemli-İçel, 113 Sayfa.



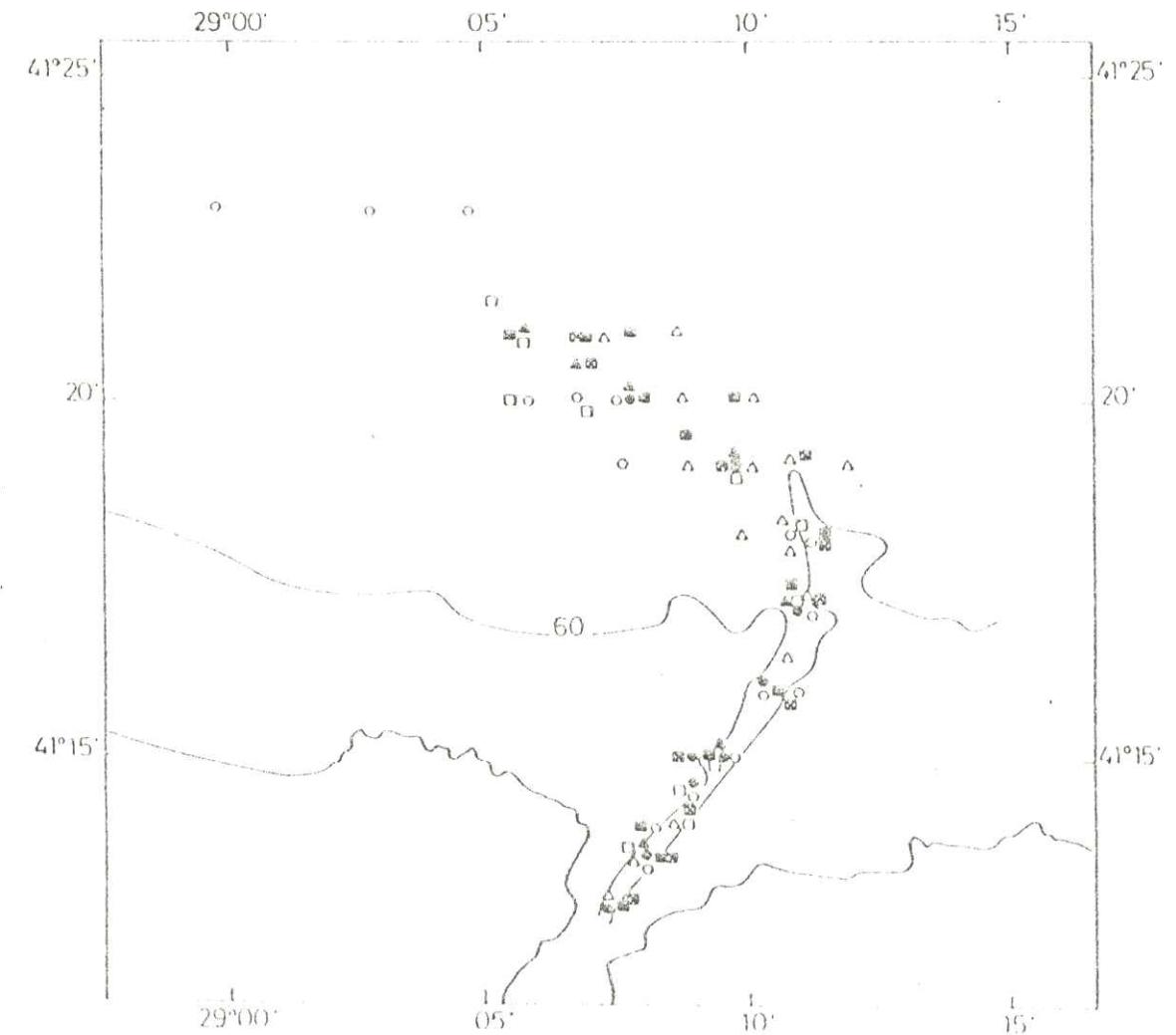
Şekil 2.1. Çalışma bölgesi, Karadenizdeki 125900 m 125915 nolu referans istasyonlarını göstermektedir (Üst şekil) ve Boğazın Karadeniz çıkışındaki istasyonlar için kullanılan grid sistemi (alt şekil).



Şekil 2.2. Marmara ve Boğazdakİ istasyonlarının konumları.

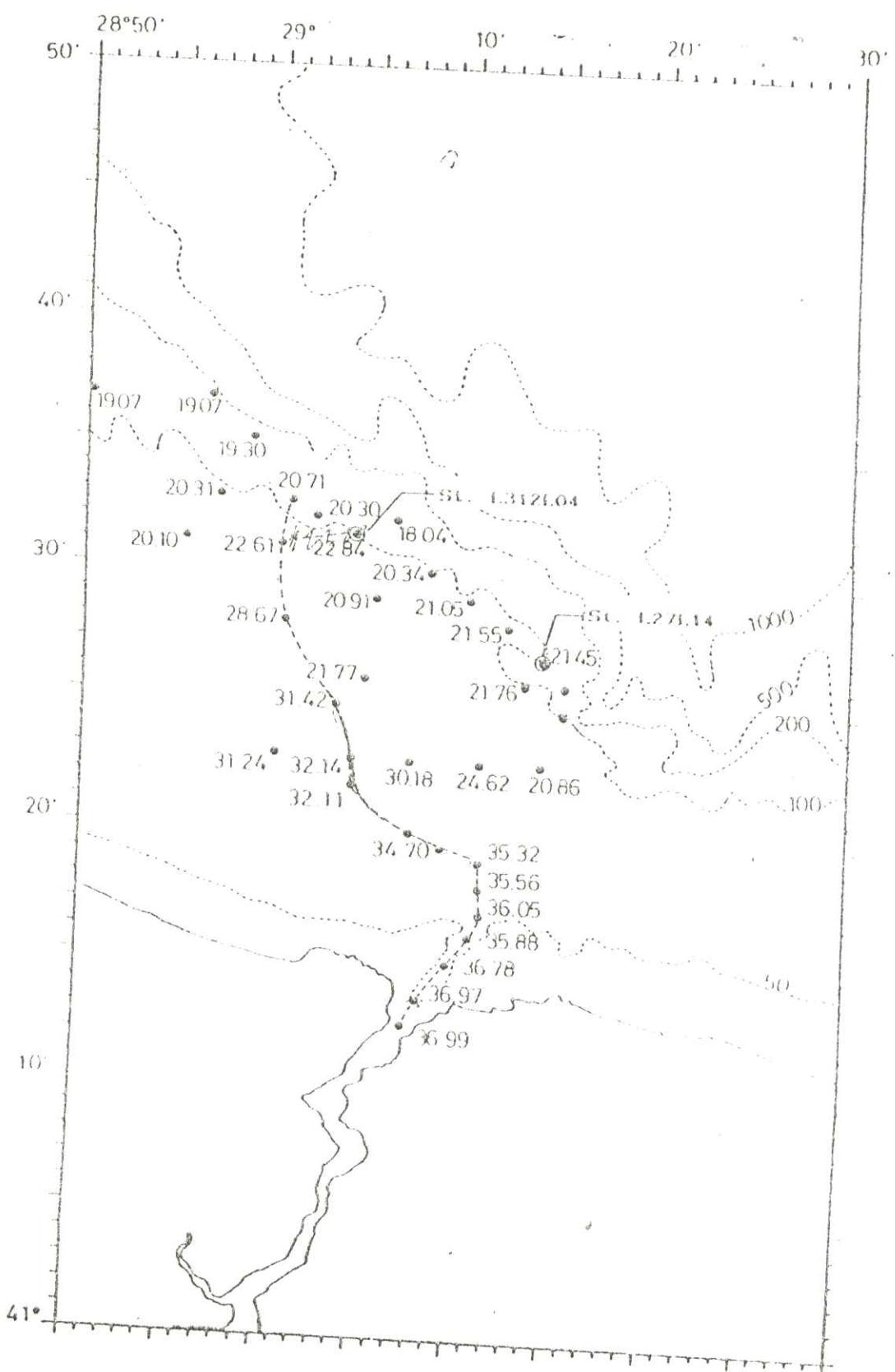


Şekil 2.3. Çalışmada elde edilen, Boğazın Karadeniz çıkışının batimetri haritası.

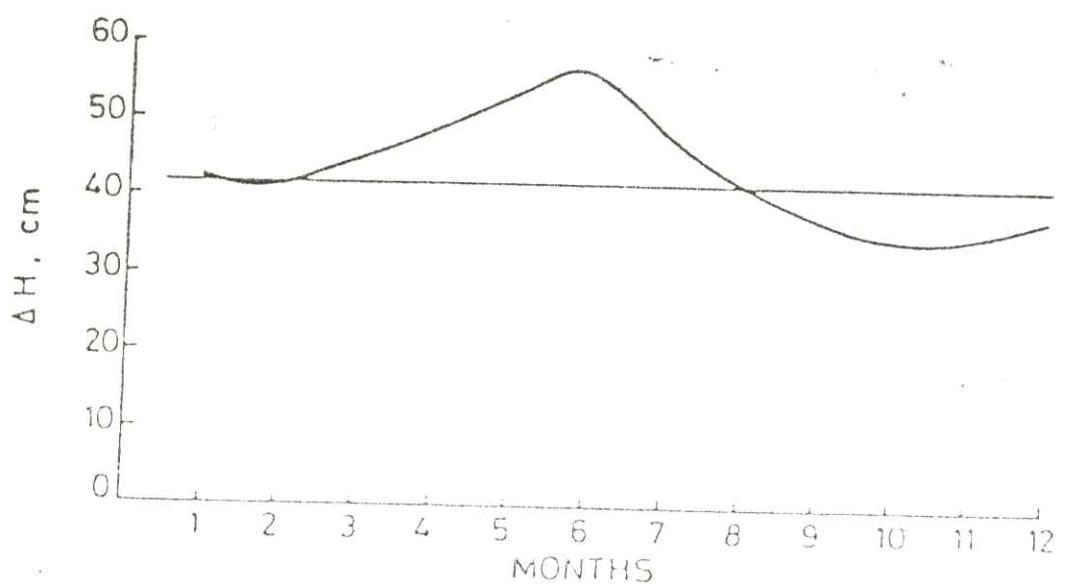


● 20.5.1986 ; ○ 8.7.1986 ; ■ 24.9.1986 ; △ 21.11.1986
 ▲ 16.1.1987 ; □ 21.4.1987 ; ◆ 25.8.1987

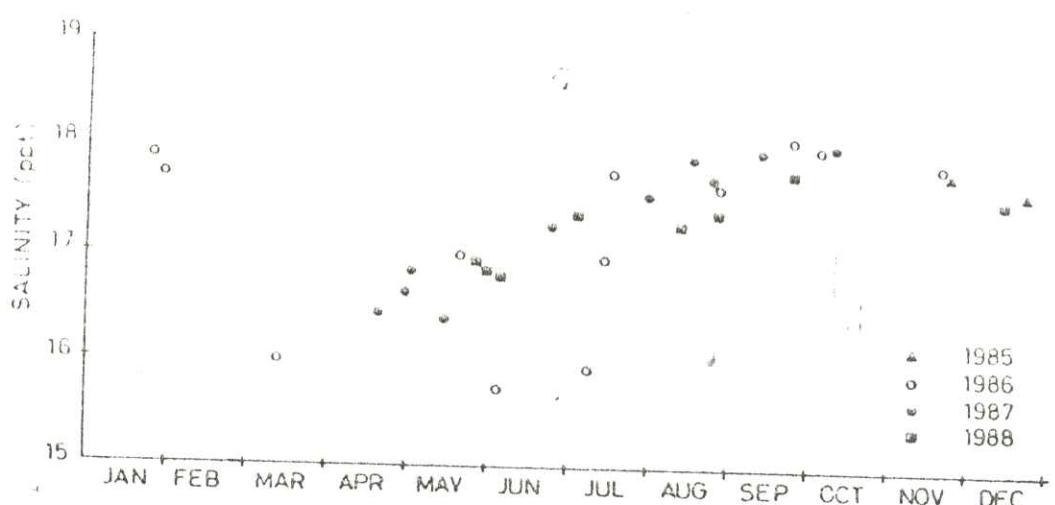
Şekil 2.4. Kanal batimetresinin çakışması (60 m konturu) ve alt su tuzluluğu 24 ppt'den büyük olan istasyonların konumu.



Şekil 2.5. Taban tuzluluk dağılımı, Haziran 1988.

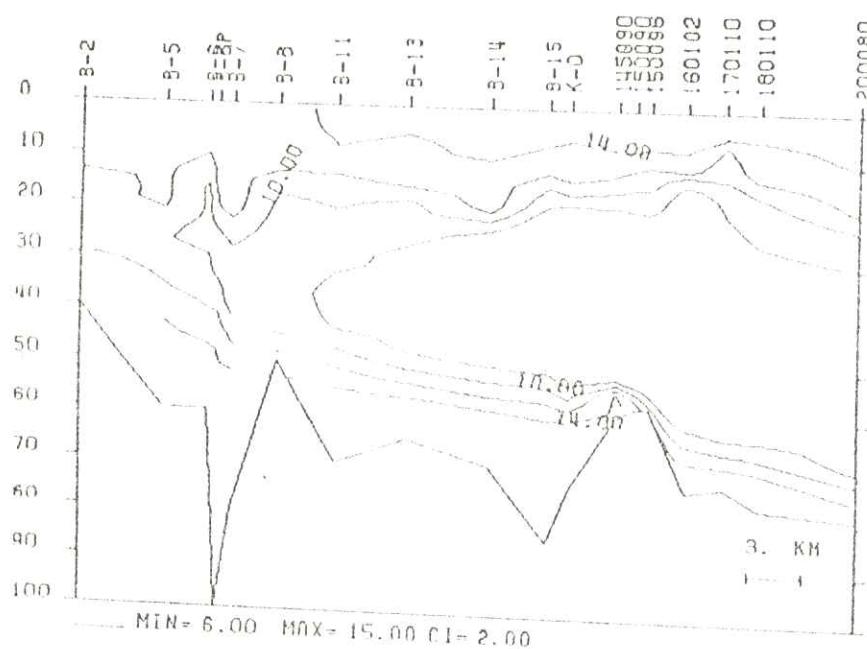


Şekil 2.6(a). Karadeniz-Marmara arasındaki ortalama deniz seviye farkı (Bogdanova, 1961).

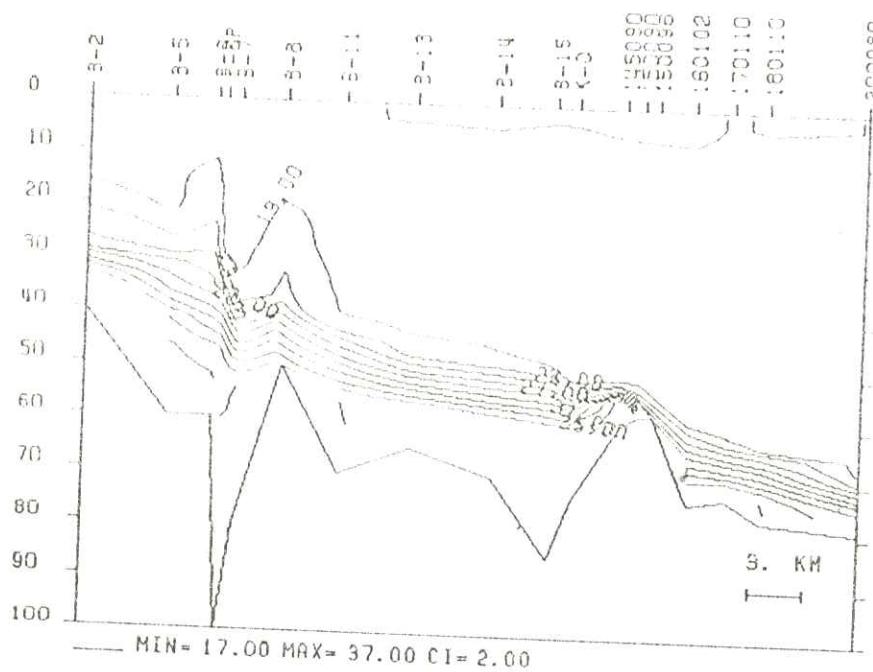


Şekil 2.6(b). K-Ø istasyonunun yüzey (ilk 5 metrenin ortalaması) tuzlulukları.

TEM 20.5.86

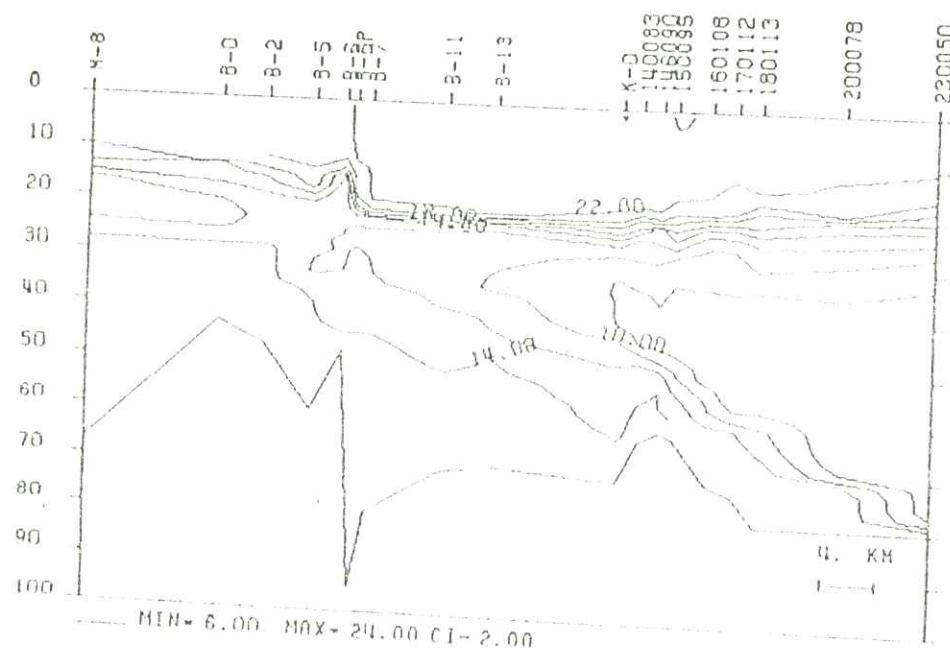


SAL 20.5.86

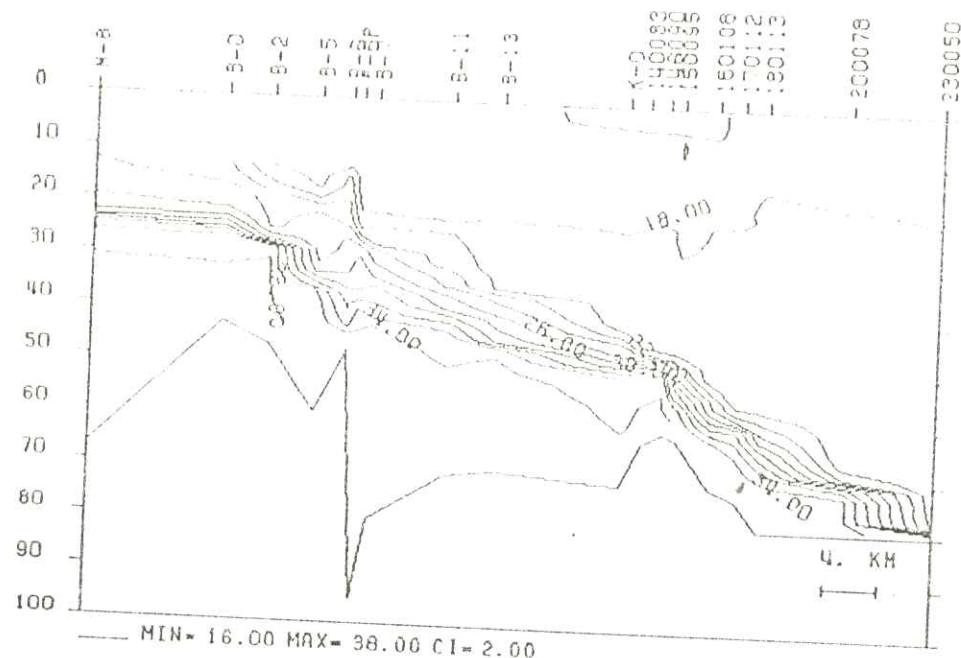


Şekil 2.7. Sıcaklık ve tuzluluk kesitleri, 20 Mayıs 1986.

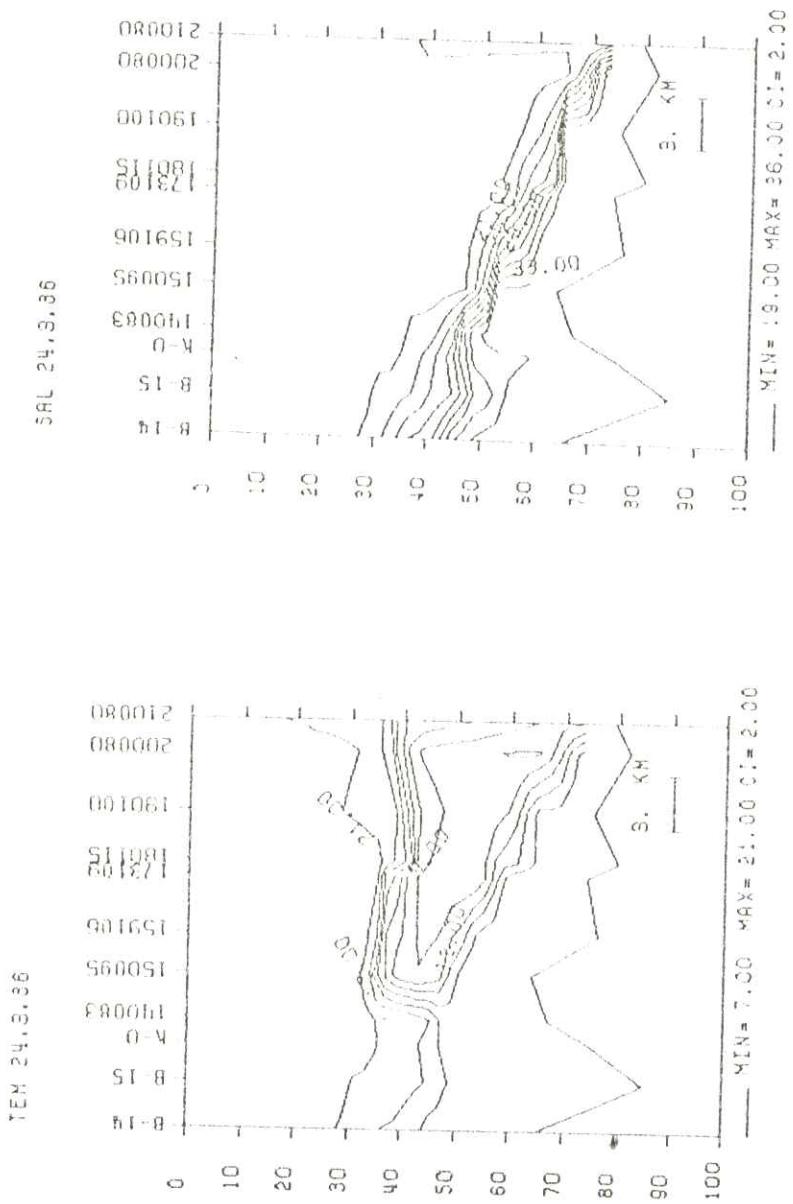
TEN 8.7.86



SAL 8.7.86

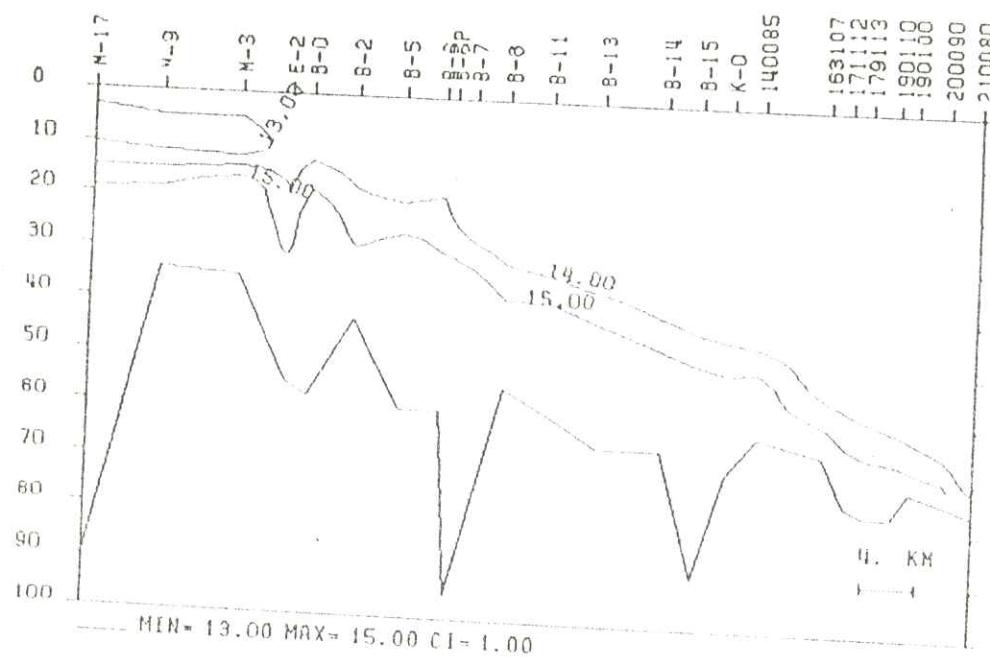


Şekil 2.8. Sıcaklık ve tuzluluk kesitleri, 8 Temmuz 1986.

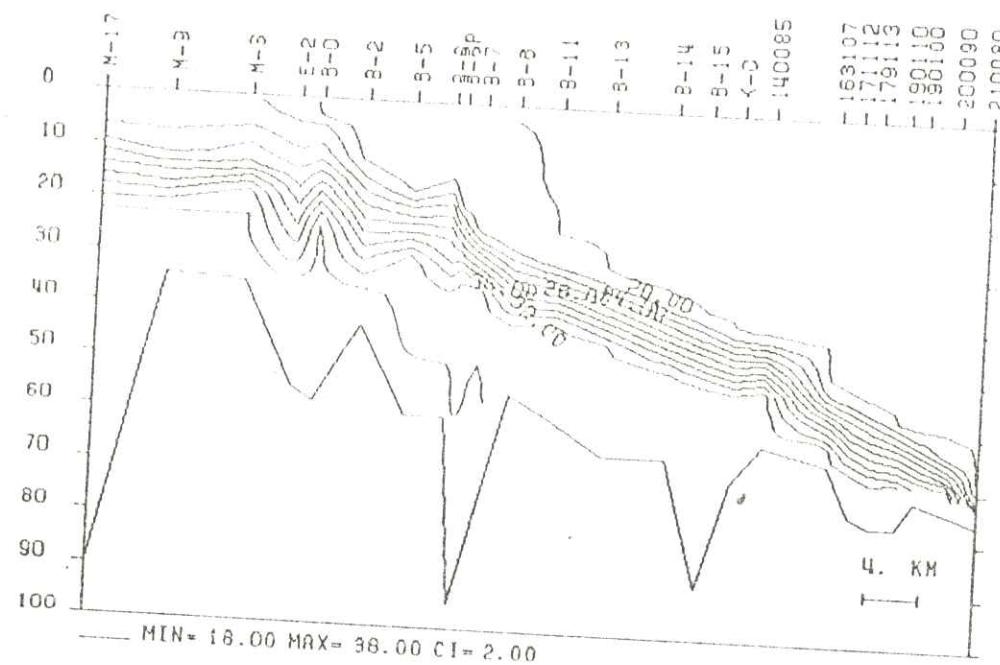


Sekil 2.9. Sıcaklık ve tuzluluk kesitleri, 24 Eylül 1986.

TEH 21.11.86

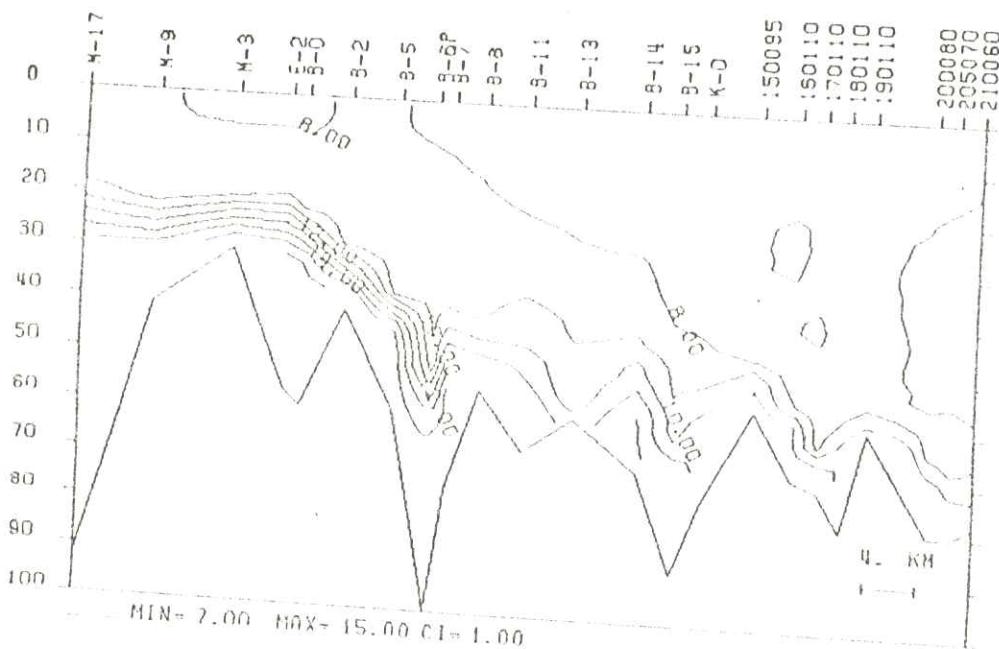


SAL 21.11.86

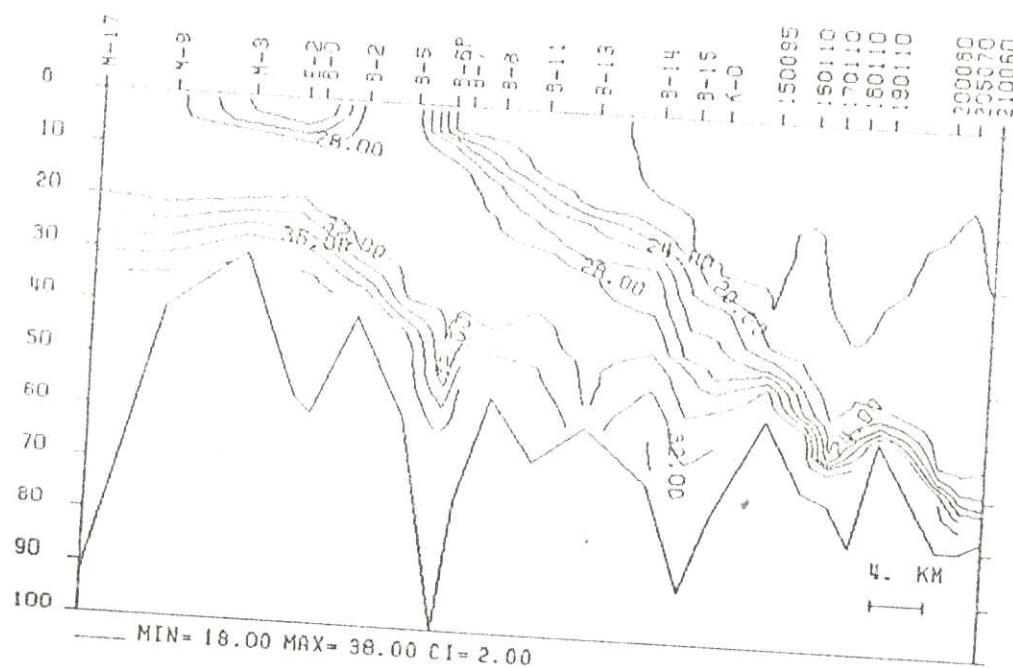


Şekil 2.10. Sıcaklık ve tuzluluk kesitleri, 21 Kasım 1986.

TEM 16.1.87

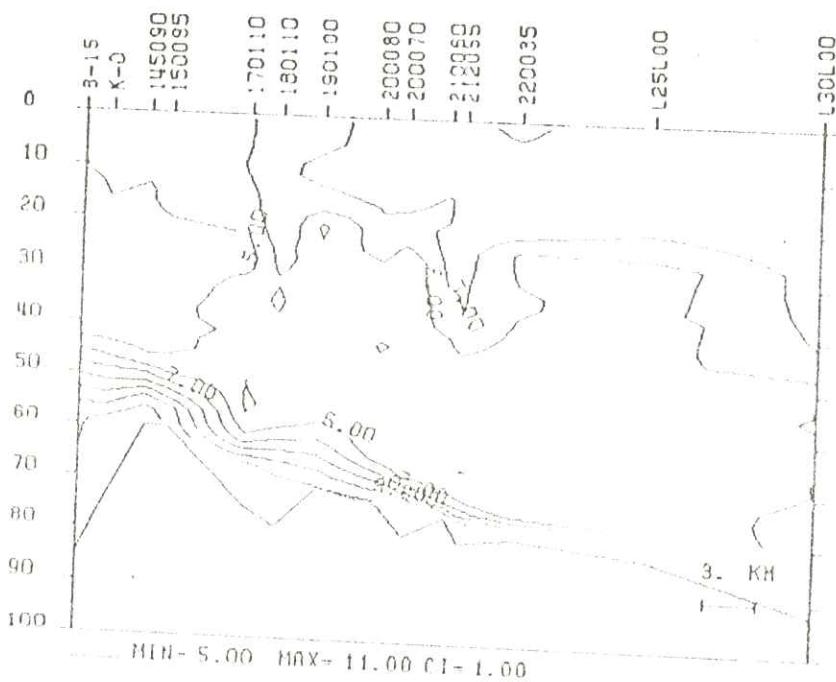


SAL 16.1.87

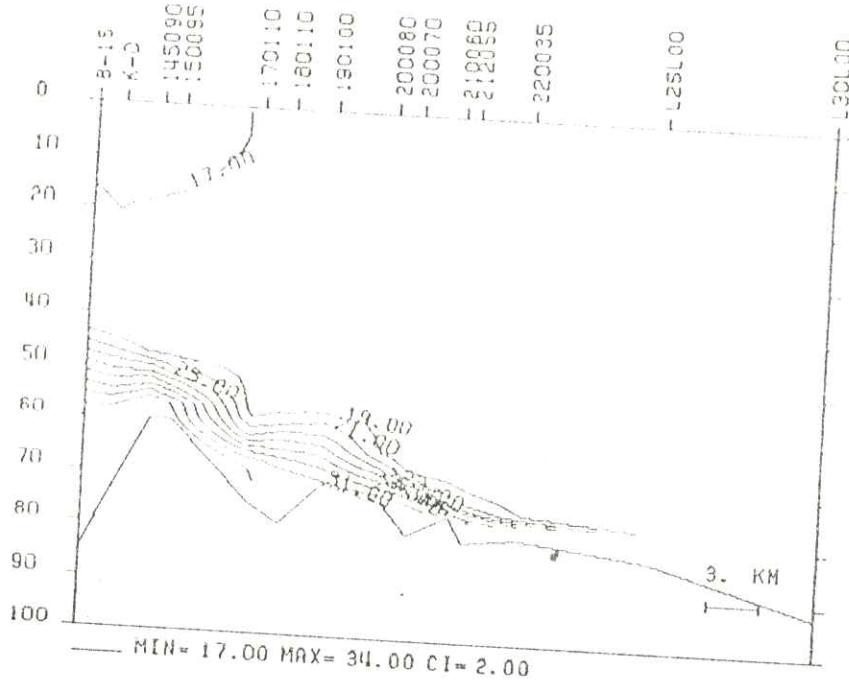


Şekil 2.11. Sıcaklık ve tuzluluk kesitleri, 16 Ocak 1987.

TEH 21.4.87



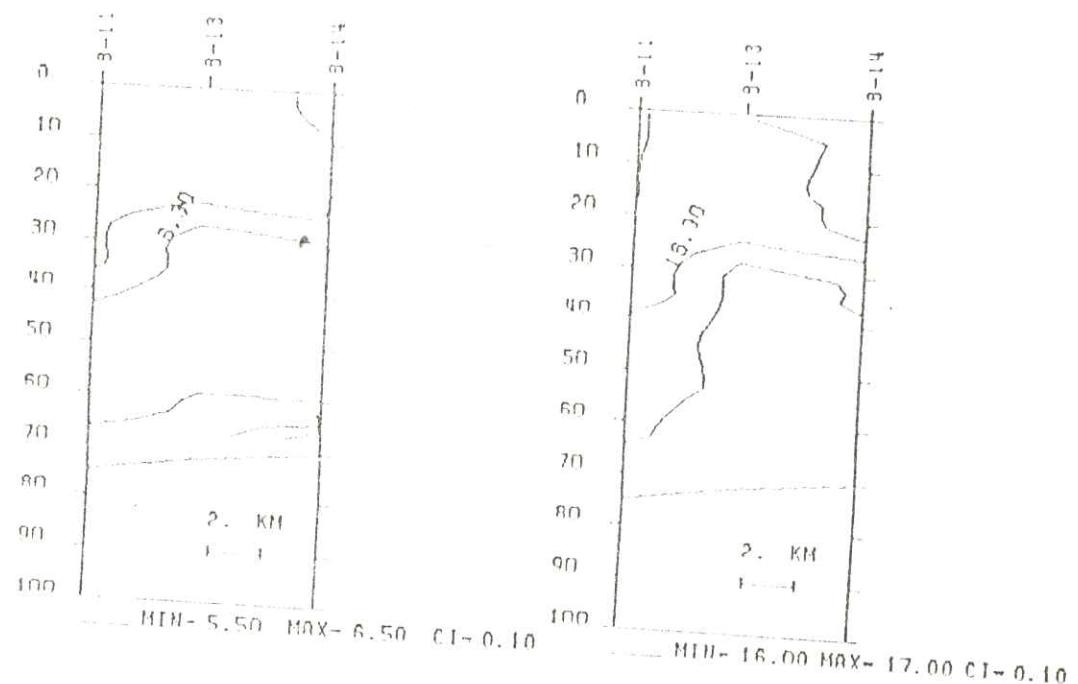
SAL 21.4.87



Sekil 2.12. Sicaklik ve tuzluluk kesitleri, 21 Nisan 1987.

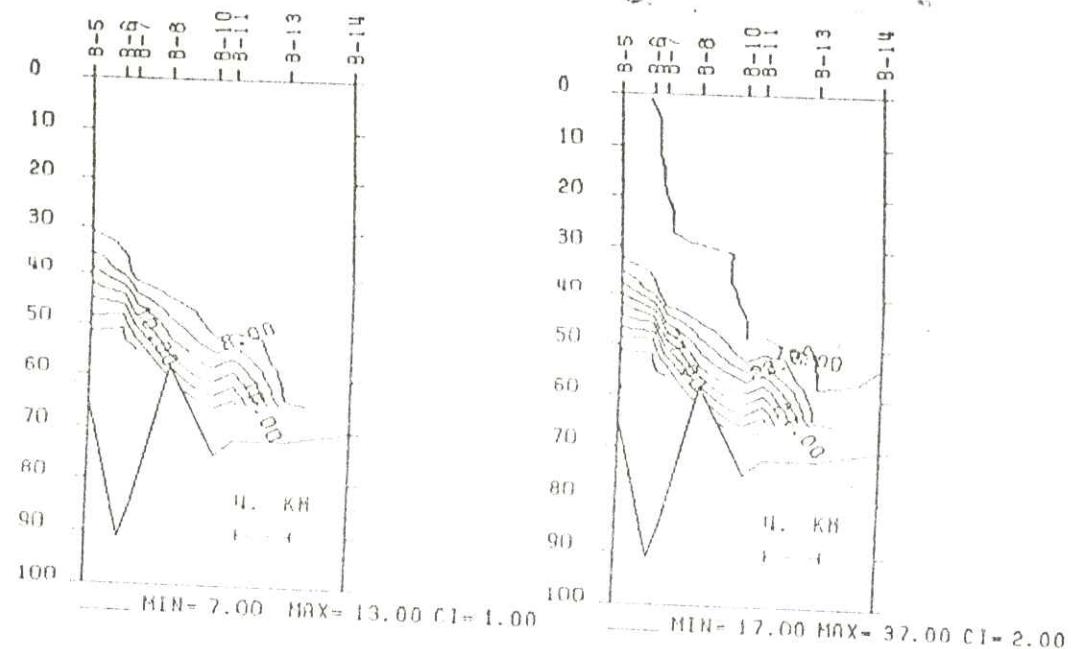
TER 1.5.87 0815-0928

SAT 1.5.87 0815-0928



TEH 1.5.87 1357-1615

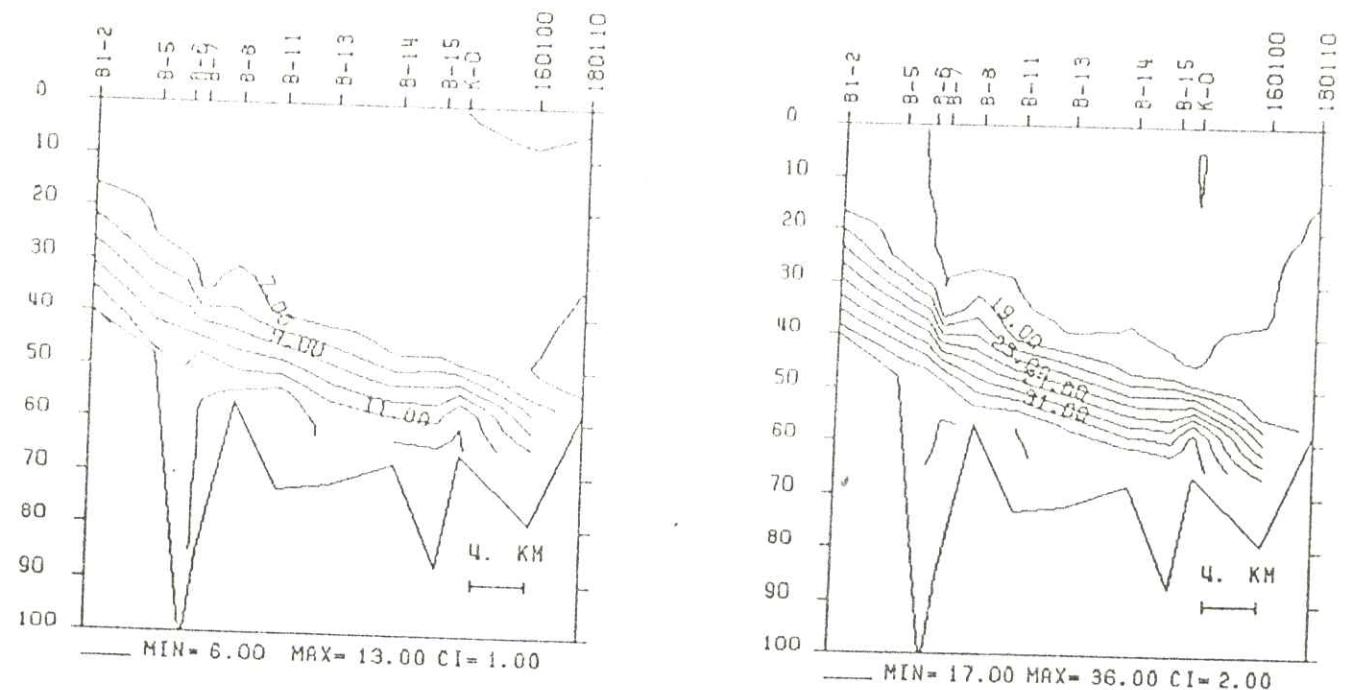
SAL 1.5.87 1357-1615



Şekil 2.15. Sıcaklık ve tuzluluk kesitleri,
1 Mayıs 1987 (13:57-16:15).

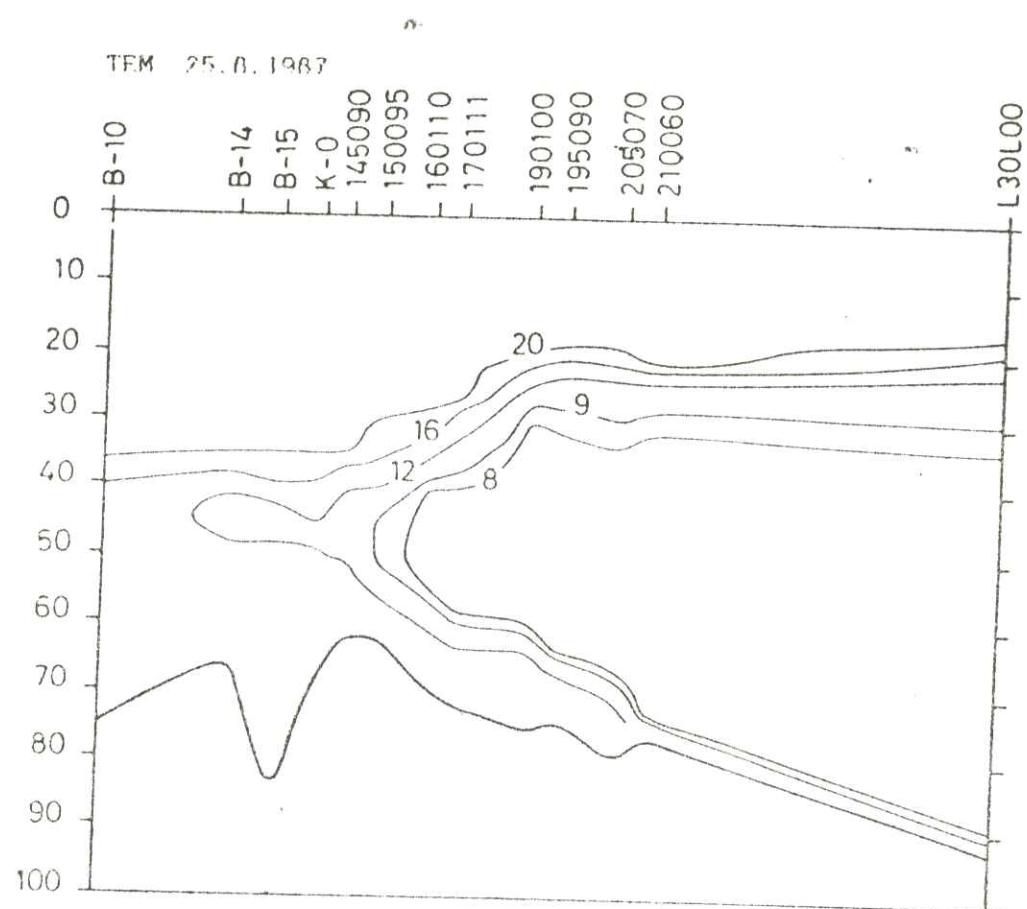
TEH 2.5.87 0922-1415

SAL 2.5.87 0922-1415

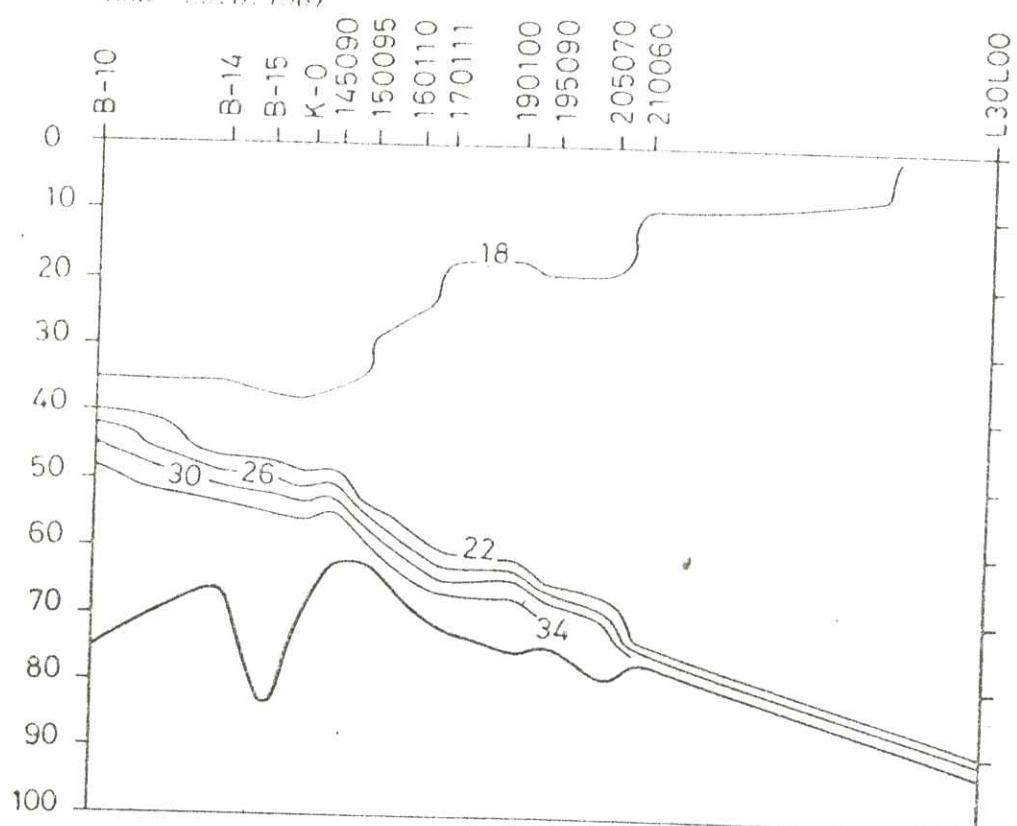


Şekil 2.16. Sıcaklık ve tuzluluk kesitleri, 2 Mayıs 1987.

TEM 25.8.1987

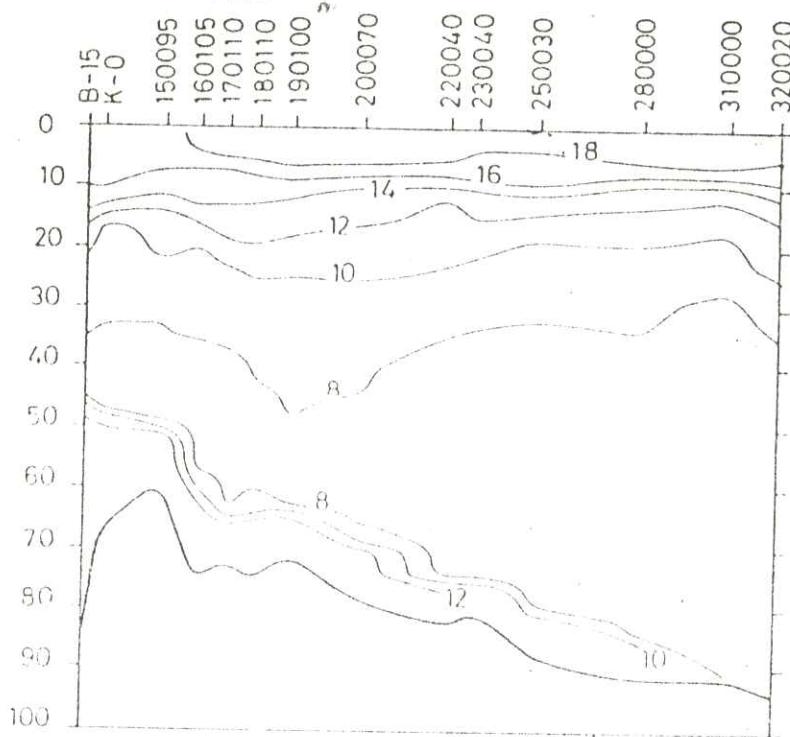


SAL 25.8.1987

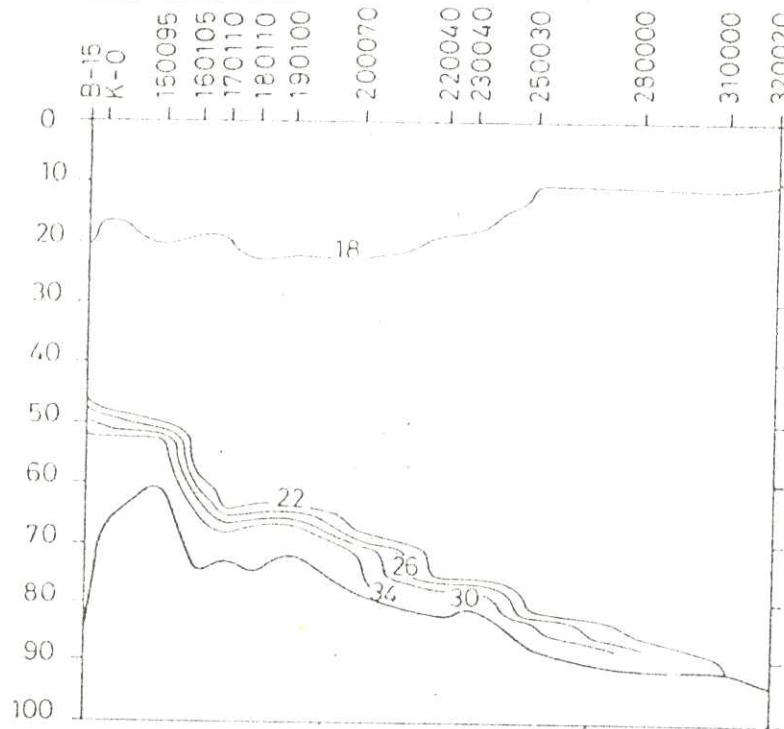


Şekil 2.17. Sıcaklık ve tuzluluk kesitleri, 25 Ağustos 1987.

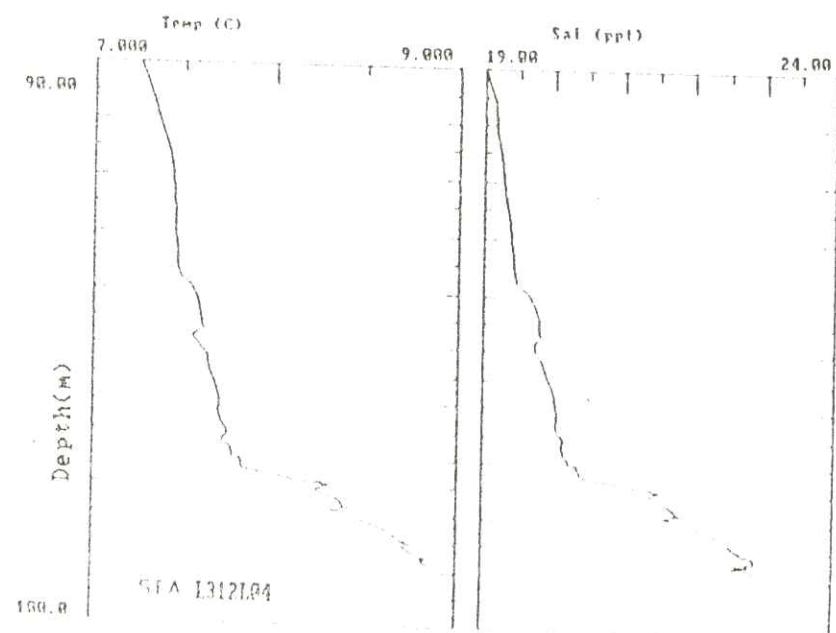
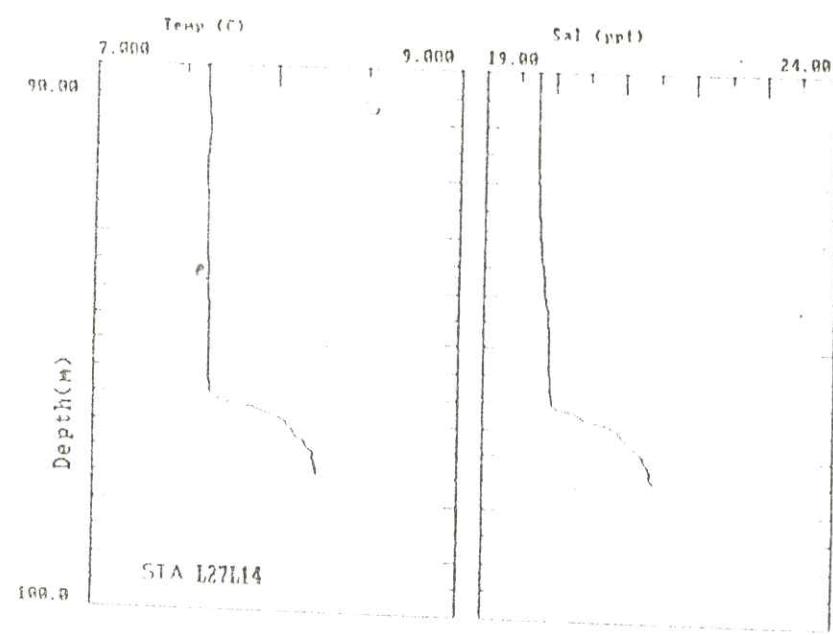
TEM 8.6.1988



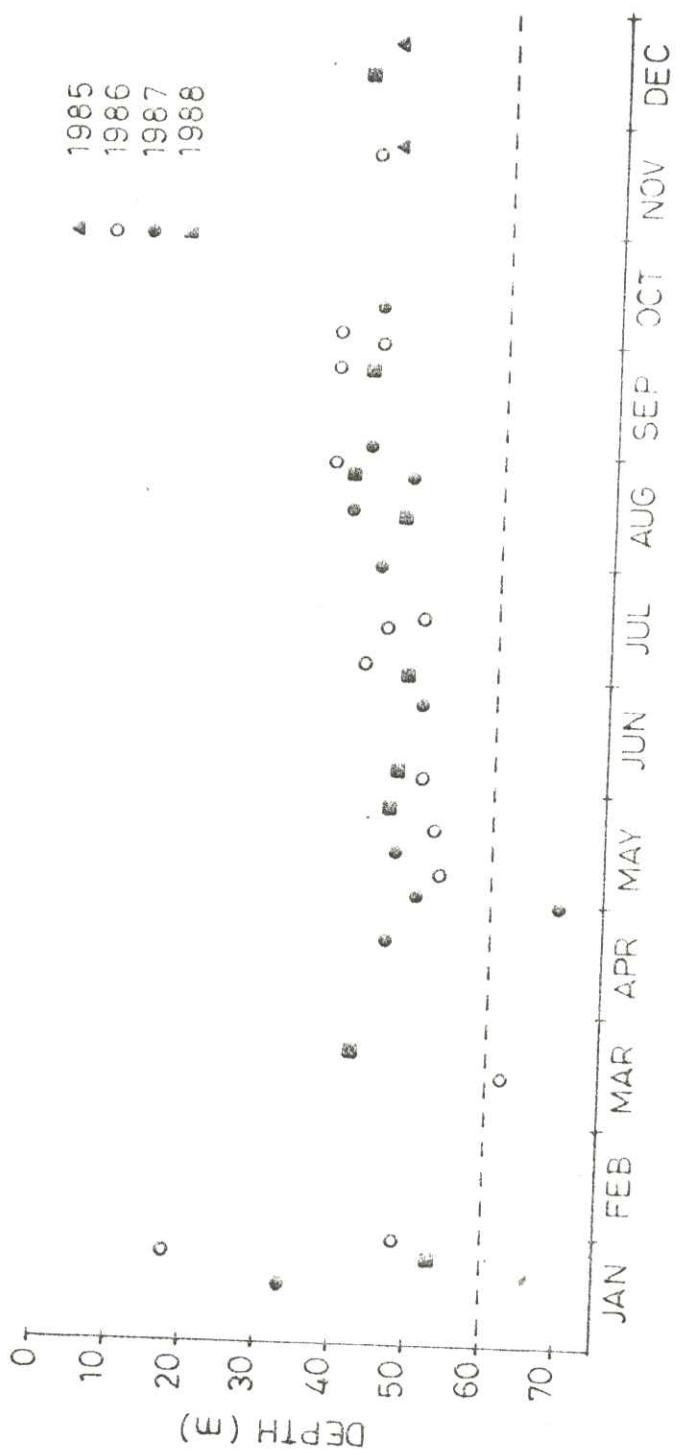
SAL. 8.6.1988



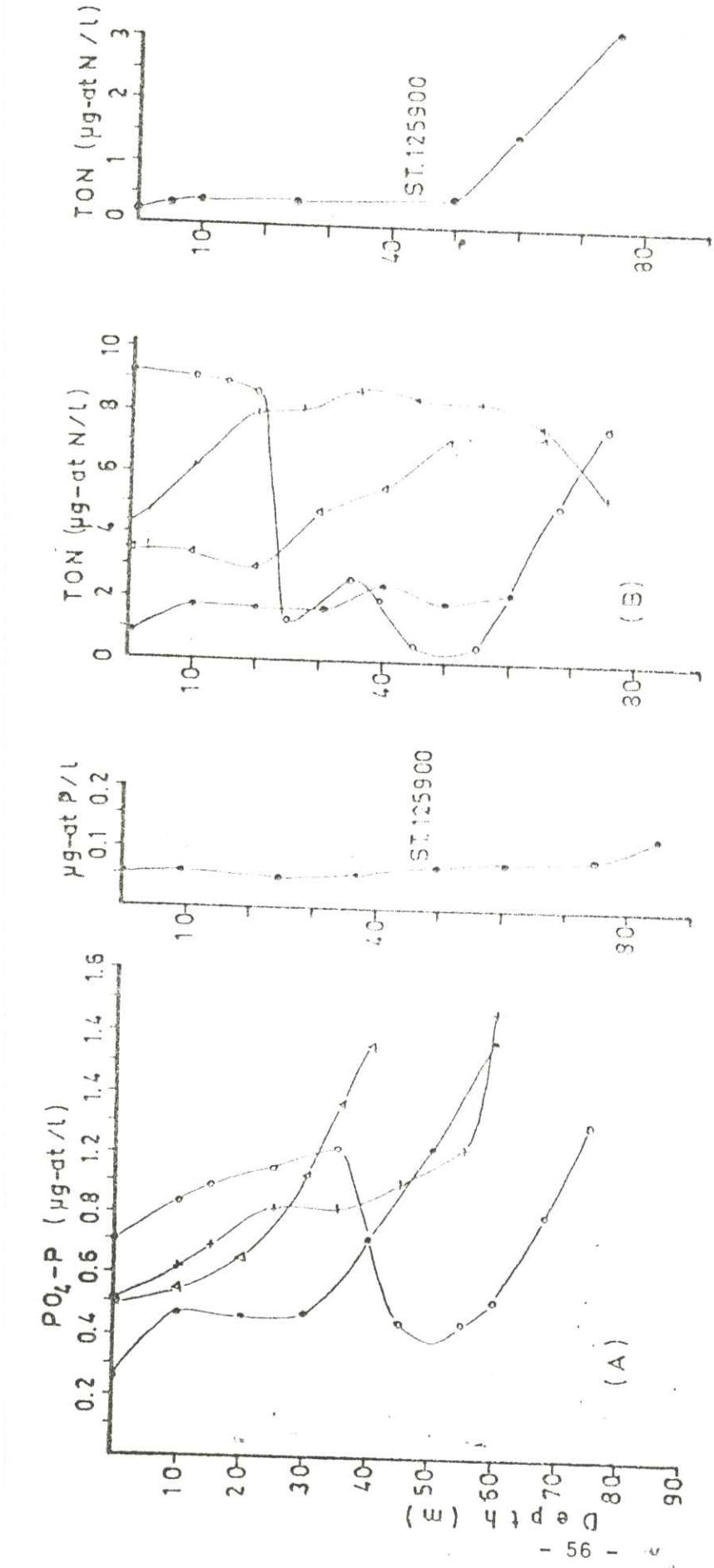
Şekil 2.18. Sıcaklık ve tuzluluk kesitleri, 8 Haziran 1988.



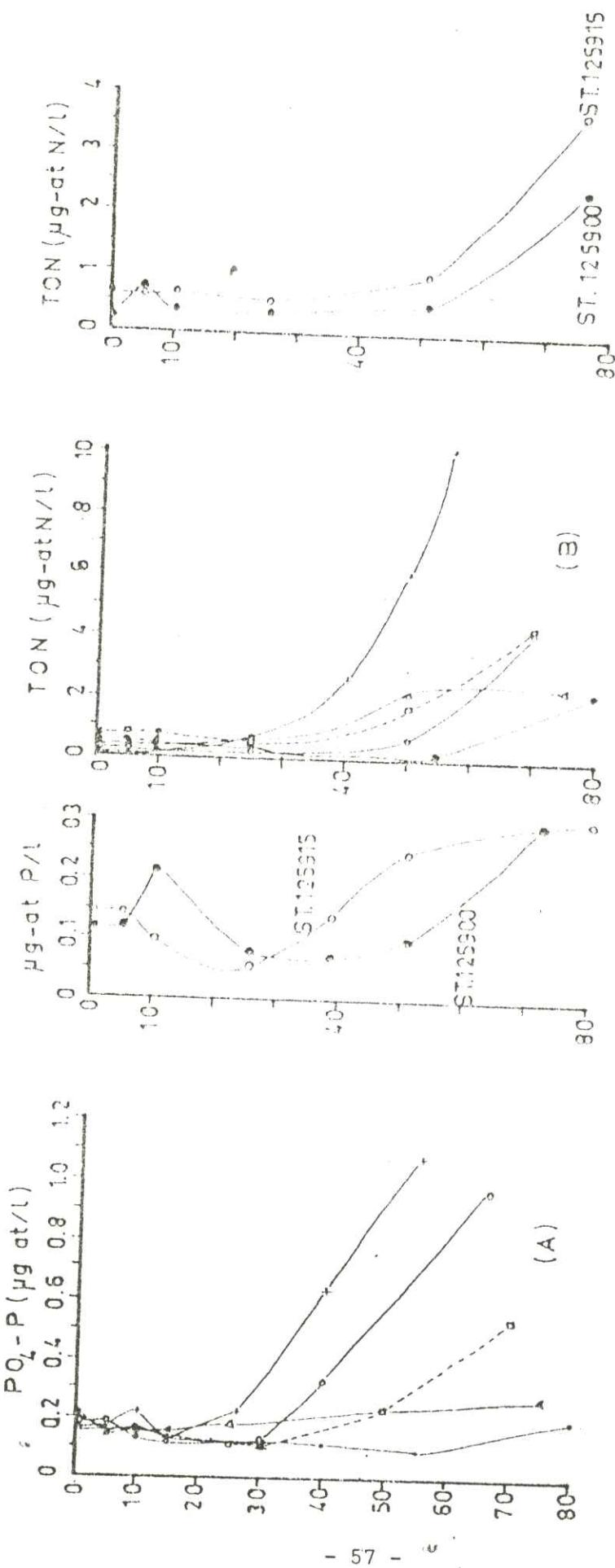
Şekil 2.19. Sıcaklık ve tuzluluk profilleri, 8 Haziran 1988.



Sekil 2.20. K-Ø istasyonunda 20 ppt tuzluluğundan derinliği, istasyonun toplan derinliği 75 m dir; 60 m'de kesikli çizgi eşik derinliğini göstermektedir.



Sekil 3.1. (•): 145090, (+): 179113, (○): 190120, (▽): B15 ve 125900 nolu istasyonlarda Fosfat (A) ve TON (toplum okside olmuş nitrat) (B) profilleri; Mayıs, 1986.



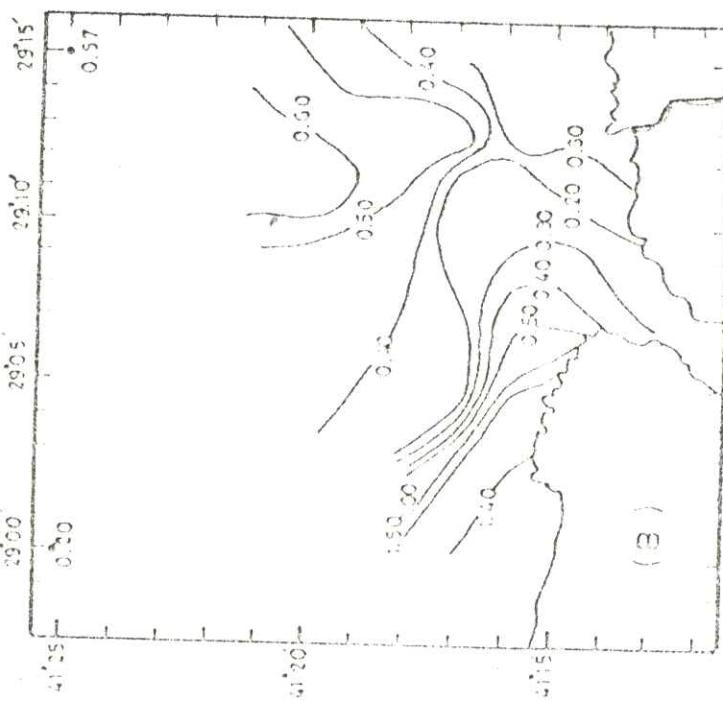
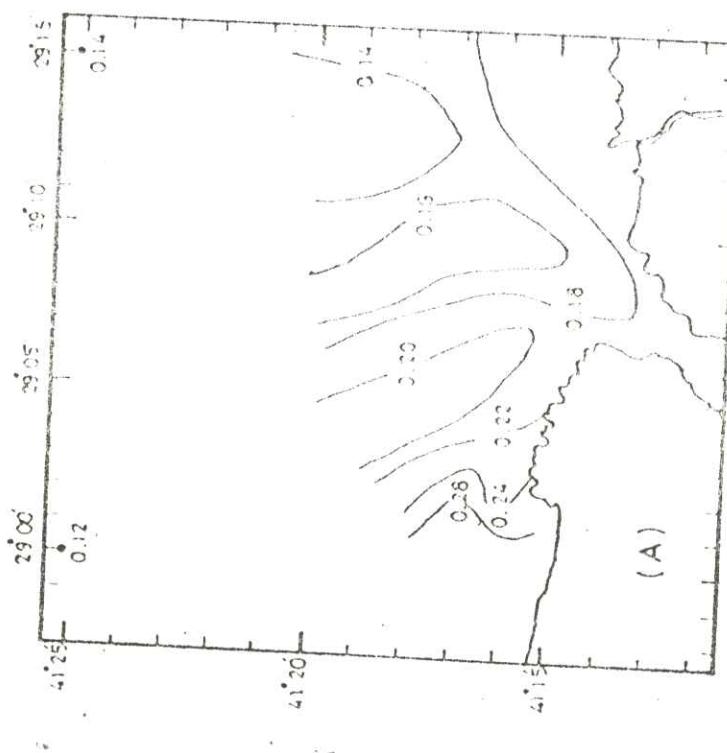
Şekil 3.2. (+): 145090, (v): 160110, (o): 170110, (□): 125915 nolu istasyonlarda Fosfat (A) ve TON (toplam okside olmuş nitrat) (B) profilleri: Kasım, 1986.



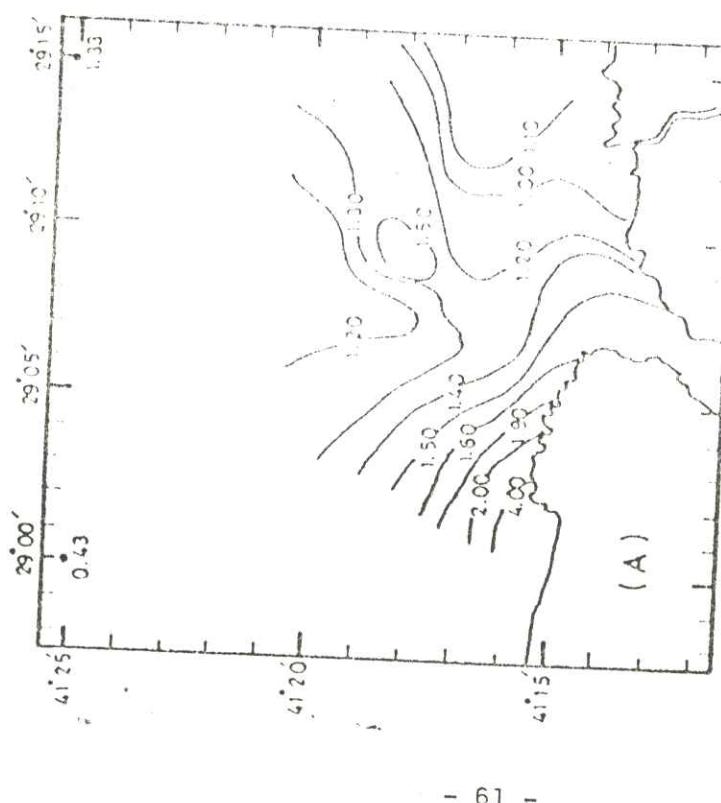
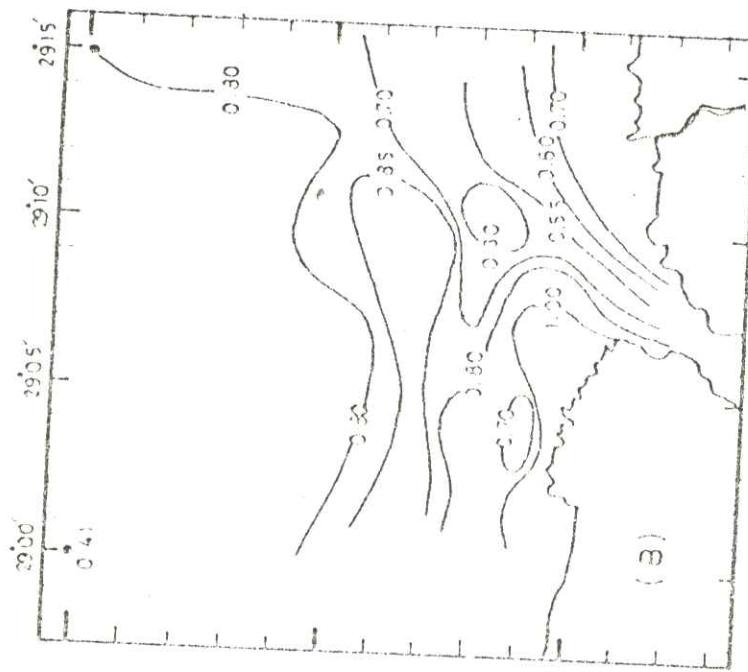
Şekil 3.3. B14 ve KO istasyonları arasında üst suدادı bessin tuzlarının
aylık ortalama değerleri (A): PO₄-P, (B): TON, (C): Si(OH)₃-Si
ve (D): TOC.



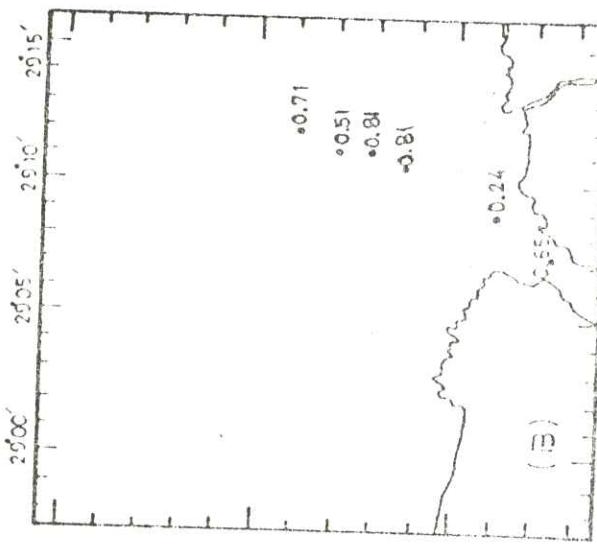
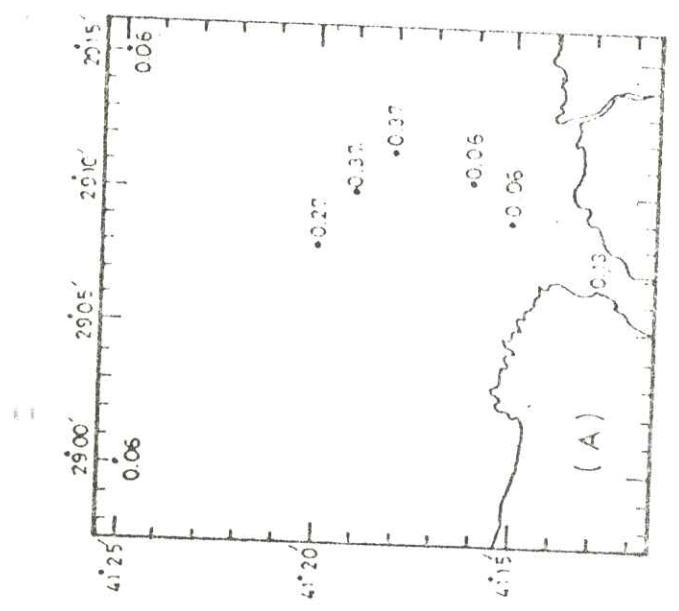
Şekil 3, 4. 314 ve KO istasyonları arasında list sundağı kirlilik parametrelerinin aylik ortalaması değerleri (A): TSS ve (D): HM, (C): COD ve (B): PAH, (B): HG,



Şekil 3.5. Boğazın Karadeniz giriş bölgesinde, (A): Fosfat, ve (B): Okside olmuş toplam nitrat bileşiklerinin yüzey dağılımı, Mayıs 1986.



Şekil 3.6. Boğazın Karadeniz çıkışında, (A): askı yükteki toplam katılarım ve (B): toplm askı yükteki katıların kimyasal oksijen intiyacıınınının yüzeysel dağılımları, Mayıs 1986.



Sekil 3.7: Boğazın Karadeniz Çukurusundaki bölgede fosfatın yüzey dağılımları. (A): Eylül, 1986 ve (B): Kasım, 1986.