

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ**

**MARMARA DENİZİ HALIÇ VE KÖRFEZLERİ'NİN
HİDRODİNAMİK YAPISI**

DOKTORA TEZİ

M.Sc. Ahmet Edip MÜFTÜOĞLU

Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı

**Danışman
Prof. Dr. Halil İbrahim SUR**

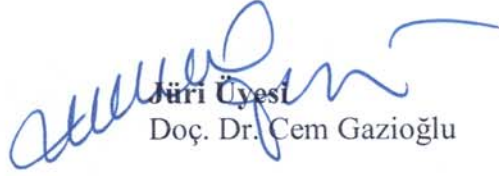
TEMMUZ, 2008

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

AHMET EDİP MÜFTÜOĞLU tarafından hazırlanmış ve sunulmuş "MARMARA DENİZİ HALİÇ VE KÖRFEZLERİ'NİN HİDRODİNAMİK YAPISI" başlıklı tez FİZİKSEL OŞİNOGRAFI ve DENİZ BİYOLOJİSİ Anabilim Dalında DOKTORA Tezi olarak kabul edilmiştir.



Tez Danışmanı
Prof Dr. Halil İbrahim SUR



Jüri Üyesi
Doç. Dr. Cem Gazioğlu



Jüri Üyesi
Doç. Dr. Ercan Kahya



Jüri Üyesi
Yrd. Doç. Dr. Hüsne ALTIÖK

Jüri Üyesi
Yrd. Doç. Dr. Şafak Nur ERTÜRK



Tez Savunma Tarihi: 30.07.2008

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, Haliç'te devam eden Su Kalitesi İzleme Projesi çalışmasının 2004-2005 senelerine ait verilerine ilave olarak, İzmit Körfezinde 1999-2000 senelerinde yapılmış çalışmalara ait veriler ve 2005-2006 senesinin belirli dönemlerinde Marmara Denizi körfezleri ve çevrelerinden elde edilen oşinografik veriler kullanılmıştır. Çift tabakalı körfezlerin hidrodinamik yapısı, güncel veriler kullanılarak ortaya konduğundan önemli bir çalışmadır. Tecrübe, bilgi ve tavsiyelerinden istifade ettiğim kıymetli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Halil İbrahim Sur'a, yardımlarını esirgemeyen Dr. Hüsne Altıok'a ve bana vefat edinceye kadar destek olan merhum babam Prof. Dr. R. Ferruh Müftüoğlu'na teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca benden her türlü yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarım; Araş. Gör. Abdullah AKSU'ya, Araş. Gör. Aslı Aslan YILMAZ'a, Araş. Gör. Mahmut Selim ERŞAN'a, Araş. Gör. İzzet Noyan YILMAZ'a, Araş. Gör. Sibel ZEKİ'ye, Araş. Gör. Volkan DEMİR'e ve İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü R/V Arar Gemisi personeline teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora tezi olarak yürütülen bu çalışma İ.Ü. Bilimsel Araştırmaları Destekleme Fonu tarafından 907 no'lu tez projesi olarak desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖNSÖZ	i
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	ix
EK LİSTESİ	x
I. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam	1
1.2. Çalışma Sahası	1
1.2.1. Haliç	1
1.2.1.1. Haliç'in genel fiziksel oşinografisi, hidrodinamik yapısı ve atmosfer şartları	3
1.2.2. İzmit Körfezi	5
1.2.2.1. İzmit Körfezi'nin genel fiziksel oşinografisi, hidrodinamik yapısı ve atmosfer şartları	6
1.2.3. Gemlik Körfezi	9
1.2.4. Bandırma Körfezi	10
1.2.5. Erdek Körfezi	11
1.3. Teori ve Tanımlamalar	12
1.3.1. Körfez ve haliçler	12
1.3.2. Tabakalı denizler	13
II. MATERYAL ve METOD	15
2.1. Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)	20
2.2. SBE25 Sealogger ve 9/11 CTD Sistemleri	21
III. BULGULAR	22
3.1. Haliç	22
3.1.1. Atmosferik koşullar	22
3.1.2. Tuzluluk ve sıcaklık aylık değişimleri ve su kütleleri	25
3.1.3. Haliç'in hidrodinamik özellikleri	60
3.1.4. Su seviyesi, atmosfer basıncı ve rüzgar şiddeti ilişkileri	79
3.2. İzmit Körfezi	83
3.2.1. Sıcaklık tuzluluk profilleri	83
3.2.2. Hidrografik kesitler	88
3.2.3. Dolaşım özellikleri	96
3.3. 2005-2006 Senelerinde Yapılan Seferlerde Elde Edilen Verilerle Marmara Denizi Körfezlerinin Değerlendirilmesi	100

	Sayfa
3.3.1. İzmit Körfezi	101
3.3.2. Gemlik Körfezi	114
3.3.3. Bandırma Körfezi	127
3.3.4. Erdek Körfezi	127
IV. TARTIŞMA ve SONUÇ	141
KAYNAKLAR	147
EKLER	151
ÖZGEÇMİŞ	164

ÖZET

MARMARA DENİZİ HALIÇ VE KÖRFEZLERİ'NİN HİDRODİNAMİK YAPISI

Ahmet Edip MÜFTÜOĞLU

Bu yapılan çalışmada, 1999, 2000, 2004, 2005 ve 2006 yıllarının çeşitli zamanlarında yapılan deniz çalışmalarından elde edilen güncel veriler kullanılarak, iki tabakalı yapıya sahip, Haliç, İzmit Körfezi, Gemlik Körfezi, Bandırma Körfezi ve Erdek Körfezi'nin oşinografileri ayrıntılı bir şekilde ortaya konup, bu yapıların bir birleriyle olan benzerlikleri tespit edilmiştir.

Bu ölçümler sonucunda, Haliç girişi üst tabaka tuzluluğu 18-20psu aralığında olduğu görülmüştür. Alt tabaka tuzluluk değeri ise 38psu'dur. Üst tabaka kalınlığı rüzgar durumuna göre 15-25m, ara tabaka kalınlığı ise 5-15m civarındadır. Üst tabaka sıcaklığı mevsimsel olarak değişim gösterirken, alt tabaka sıcaklığı yıl boyunca yaklaşık 15°C'de sabitlenmiştir.

Marmara Denizi üst tabakası Karadeniz kökenli İstanbul Boğazı üst akıntısının kontrolünde iken, alt tabakası ise Akdeniz kökenli Çanakkale alt akıntısının kontrolündedir. Alt tabaka tazelenme süresi 6-7 sene gibi uzun bir süre alırken, üst tabaka suyunun değişimi 5-6 ayı almaktadır.

İstanbul halici ve Marmara Denizi körfezlerinin hepsinde bu iki tabakalı yapıyı görmekteyiz. Yarı kapalı, sirkülasyonun kısıtlı olduğu körfezlerde, çift tabakalı yapı da eklenince, özellikle alt tabaka suyunun tazelenme süresinde artış olmaktadır. Bu durum, evsel ve sanayi atıklarının havzaya katılmasıyla, çevresel problemler doğurmaktadır. Bu nedenle, İzmit Körfezi'nin iç kesimleri ve derin çukurlarında, Gemlik Körfezi ve Haliç'in iç kesimlerinde anoksik koşullar görülmektedir.

Bu çalışmada güncel veriler toplanılıp bir araya getirilip, İstanbul halici ve Marmara Denizi körfezlerinin oşinografisi ortaya konmuştur. Tüm körfezleri kapsayan ve geniş veri seti ile oluşturulan bir çalışma olduğundan, körfezlerde ileride yapılacak fiziksel, kimyasal, biyolojik vb, çalışmalara alt yapı oluşturacaktır.

ABSTRACT

THE HYDRODYNAMIC STRUCTURE OF THE ESTUARY AND THE BAYS OF THE MARMARA SEA

Ahmet Edip MÜFTÜOĞLU

In this study, by using the current data collected from the synoptic cruises made in different time segments of the years; 1999, 2000, 2004, 2005 and 2006, the oceanography of the Golden Horn, İzmit Bay, Gemlik Bay, Bandırma Bay and Erdek Bay, all which have two layered stratification, is presented and the similarities are determined.

The results of these measurements show that the upper layer water salinity is ranged between 18-20psu at the entrance of the Golden Horn. The lower layer salinity value is 38psu. The thickness of the upper layer water ranged between 15-25 meters according to the wind situations. The thickness of the transition intermediate layer changed in the range of 5-25 meters by wind effect. The salinity value of the lower layer reached up to 38psu. While temperature of the upper layer was changed seasonally, the lower layer temperature was remained nearly the same at about 15°C during the whole year.

The upper layer water of the Marmara Sea is controlled by the Black Sea originated upper stream of the Bosphorus and the lower layer is controlled by the Mediterranean Sea originated lower stream of the Dardanelles Strait. While the refreshing time of the lower layer takes along time of nearly 6-7 years, the upper layer changes in about 5-6 months.

We can observe this two layered stratification in the Golden Horn and in all the bays of the Marmara Sea. In the semi-enclosed bays where the circulation is restricted, the flushing time, of especially the lower layer increases, if there is also a stratified system. By the addition of the domestic and the industrial discharges into the catchment area, this situation results with environmental problems. For this reason, the anoxic situations are observed in the innermost part and in the deep sunken of the İzmit Bay, the Gemlik Bay and in the innermost part of the Golden Horn in several times.

In this study, by collecting and gathering the current data together, the oceanography of the Golden Horn and the bays of the Marmara Sea is exposed. This study, which is shaped by a wide data set and which covers all of the bays, will be the infrastructure for the further physical, chemical, biological and etc studies.

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.	Haliç'te çalışılan istasyonların koordinatları.....	16
Tablo 2.	İzmit Körfezi'nde çalışılan istasyonların koordinatları.....	17
Tablo 3.	İzmit, Gemlik, Bandırma ve Erdek Körfezleri'nde, 2005-2006 senelerinde çalışılan istasyonların koordinatları.....	18

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.	Haliç uydu görüntüsü (Google earth).....	2
Şekil 2.	Haliç'in boy kesiti (Karpuzcu,1975).....	3
Şekil 3.	Kandilli'de kaydedilen kuzeyli ve güneyli rüzgarların zaman serisinden elde edilen aylık ortalama rüzgar şiddeti ve esme sıklığı (Sur ve diğ, 2001).....	5
Şekil 4.	İzmit Körfezi uydu görüntüsü (http://maps.yahoo.com).....	6
Şekil 5.	Yaz mevsimi üst ve alt tabaka sirkülasyonları (Sur 1988).....	7
Şekil 6.	Yaz mevsimi için hesaplanmış akış miktarları (m ³ /sn) (Sur 1988).....	7
Şekil 7.	Kış mevsimi üst ve alt tabaka sirkülasyonları (Sur 1988).....	8
Şekil 8.	Kış mevsimi için hesaplanmış akış miktarları (m ³ /sn) (Sur 1988).....	8
Şekil 9.	Gemlik Körfezi uydu görüntüsü (http://harita.turkcebilgi.com).....	10
Şekil 10.	Bandırma Körfezi uydu görüntüsü (http://harita.turkcebilgi.com).....	11
Şekil 11.	Erdek Körfezi uydu görüntüsü (http://harita.turkcebilgi.com).....	12
Şekil 12.	İstasyonların harita üzerindeki konumları (Sur v.d., 2001'den alınmıştır.).....	16
Şekil 13.	İzmit Körfezi istasyonlarının harita üzerindeki konumları.....	17
Şekil 14.	İzmit, Gemlik, Bandırma ve Erdek körfezleri istasyonlarının harita üzerindeki konumları.....	19
Şekil 15.	2004-2005 senelerine ait günlük ortalama sıcaklık değerleri.....	23
Şekil 16.	2004-2005 senelerine ait günlük ortalama hava basıncı değerleri.....	23
Şekil 17.	2004-2005 senelerine ait günlük ortalama yağış değerleri.....	24
Şekil 18.	2004-2005 senelerine ait günlük ortalama yağış değerleri.....	24
Şekil 19.	Haliç istasyonları aylık sıcaklık ve tuzluluk profilleri.....	33
Şekil 20.	Aylık tuzluluk, sıcaklık ve akıntı kesitleri.....	36
Şekil 21.	Farklı tipteki yüzey akıntılarını gösteren uydu görüntüleri.....	65
Şekil 22.	Haliç'te iki kıyı arasında ölçümü yapılmış akıntı kesitleri.....	66
Şekil 23.	Saatlik su seviyesi verileri (kırmızı renkli çizgi beşerli veri gurubunun ortalamaları alınarak oluşturulmuştur) ile atmosfer basınç verilerinin üst üste gösterimi.....	80
Şekil 24.	Rüzgar hızı ve atmosfer basıncı değerlerinin zaman serisi olarak üst üste gösterimi.....	81
Şekil 25.	Su seviyesi, basınç, sıcaklık ve yağış verilerinin zaman serileri (su seviyesi ve atmosfer basıncının dört mevsimi temsil etmesi için en uygun dördüncü dereceden polinomik eğrileri çizilmiş olup halkalar atmosfer sıcaklığını ve çapları yağışı temsil etmektedir).....	82
Şekil 26.	İzmit Körfezi istasyonlarının ölçüm yapılan aylara ait sıcaklık ve tuzluluk profilleri.....	84
Şekil 27.	İzmit Körfezi tuzluluk, sıcaklık ve akıntı enkesitleri.....	90
Şekil 28.	İzmit Körfezi 10m. ve 27m. akıntı yüzey dağılımı.....	98
Şekil 29.	İzmit Körfezi'nde 2005 ve 2006 senesinde yapılan seferlere ait tuzluluk ve sıcaklık profilleri.....	104
Şekil 30.	İzmit Körfezi 7m ve 40m tuzluluk sıcaklık ve akıntı yüzey dağılımları.....	106
Şekil 31.	Gemlik Körfezi'nde 2005 ve 2006 senesinde yapılan seferlere ait tuzluluk ve sıcaklık profilleri.....	117
Şekil 32.	Gemlik Körfezi 7m ve 40m tuzluluk sıcaklık ve akıntı yüzey dağılımları.....	119

	Sayfa
Şekil 33. Bandırma ve Erdek körfezlerinde 2005 ve 2006 senesinde yapılan seferlere ait tuzluluk ve sıcaklık profilleri.....	130
Şekil 34. Bandırma ve Erdek körfezleri 7m ve 40m tuzluluk sıcaklık ve akıntı yüzey dağılımları.....	133

KISALTMA LİSTESİ

AA	:Adalar Arası
ADCP	:Akustik Doppler Akıntı Ölçer (Accustic Doppler Current Profiller)
AS	:Adalar Sonrası
CA	:Camialtı Tersanesi
CTD	:İletkenlik-Sıcaklık-Derinlik (Conductivity-Temparature-Depth)
DGPS	:Düzeltilmeli Mevki Konumlandırma Cihazı (Differential Global Positioning System)
ES	:Eyüp - Sötlüce
GK	:Galata Köprüsü
GPS	:Mevki Konumlandırma Cihazı (Global Positioning System)
HK	:Halic Köprüsü
KAF	:Kuzey Anadolu Fayı
KP	:Kasımpaşa
PP	:Perşembe Pazarı
SB	:Sarayburnu
UK	:Unkapanı
VS	:Valide Sultan (Eski Köprü)

EK LİSTESİ

- EK 1.** : Saatlik rüzgar hız ve yön grafikleri
EK 2. : Günlük Yağış Grafikleri

I.GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Marmara Denizi halici ve körfezlerinde iki tabakalı sistem mevcuttur. İki tabakalı körfez sistemlerinde, her iki tabaka arası düşey karışımın ve yatay sirkülasyonun da sınırlı olması nedeniyle alt tabakada anoksik şartların oluşması kuvvetle muhtemeldir. Anoksik şartların oluşması biyolojik ortamı negatif etkilemektedir. Dolayısı ile bu tip çift tabakalı körfezlerin hidrodinamik yapıları detaylı bir şekilde ortaya konularak bölgenin ekolojisini korumak için bu veriler ışığında tedbirler alınmalıdır.

Bu çalışmada iki tabakalı sisteme sahip olan Haliç, İzmit Körfezi, Gemlik Körfezi, Bandırma ve Erdek Körfezleri'nin oşinografileri incelenip benzerlikleri değerlendirilmiştir. Bu sistemlerin dolaşımı, iki tabaka arasındaki karışıma rüzgar ve batimetri etkisi ve suyun tazelenme süresi incelenmiştir. Ayrıca su seviyesi değişimlerinin özellikle Haliç'in iç kesimlerindeki suyun yenilenme mekanizmasındaki rolü ortaya konulmuştur.

1.2. Çalışma Sahası

1.2.1. Haliç

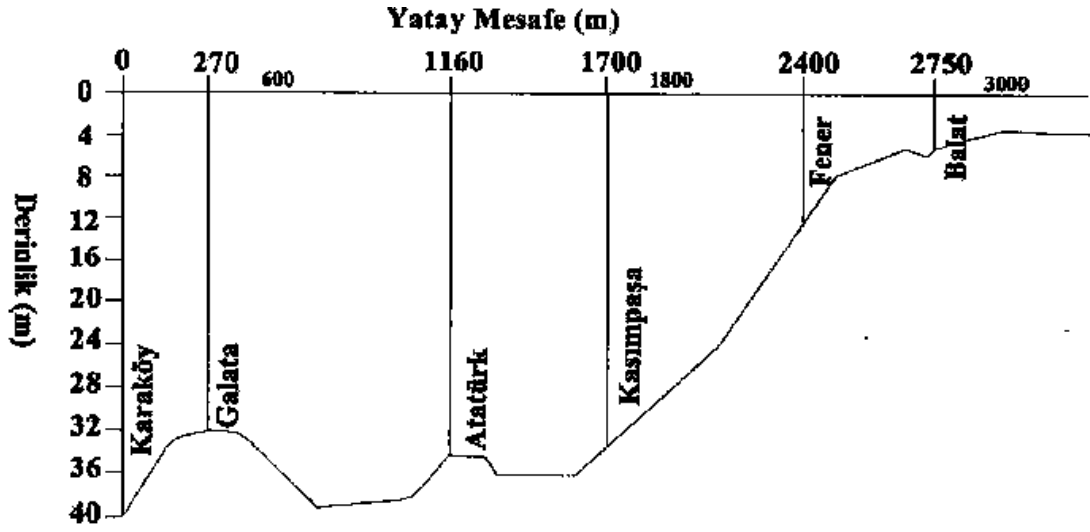
Haliç 28° 41' ve 29° 01'E ile 41° 01' ve 41° 15'N koordinatları arasında yer almaktadır. Boğaza eklenmiş boynuz biçiminde hafif bir yayı andırır. İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi birleşiminde kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanır (Şekil 1). Haliç, Kağıthane ve Alibey derelerinin birleşen ağızlarının deniz istilasına maruz kalmasıyla teşekkül etmiştir. Bu iki dere en önemli tatlı su kaynağıdır. Ayrıca, Dolapdere, İplikhane deresi, Piripaşa deresi gibi sel yatakları ile yağışlı zamanlarda önemli miktarda tatlı su girdisi görülmektedir. (Orhon v.d., 1990). Yaklaşık 7.5km uzunluğundadır ve 2.600.000m² alana sahiptir (Ergin v.d., 1990). Kuzey-Batısında Kağıthane ve Alibey dereleri, Güney-Doğu ucu ile de İstanbul Boğazı ile irtibattadır. Ağız kısmında 1010m olan genişlik iç kısımlarda azalmaktadır. İç kısımların en geniş yeri Kasımpaşa-Cibali arasında 700m kadardır. Eyüp-Hasköy arası 200m'dir. En derin yeri Perşembe Pazarı civarında yaklaşık 40m'dir. Derinlik ağız kısmından yaklaşık 2km.

sonra ani şekilde düşmeye başlar. VS istasyonundan sonra derinlik yaklaşık 4 m. civarında olup AS istasyonu civarında çökel birikimiyle derinlik 2,5m'ye kadar düşer (Şekil 2).

Haliç'in jeolojik evrimi İstanbul Boğazı'nınkine benzer. Her ikisinin de jeolojik yapısını açılmış eski vadiler denetler, Pleistosen'de veya Holosen'de gömülerek bir deniz bağlantısı oluşturduğu ileri sürülmektedir. Gömülmeyi izleyen dönemde yüzeysel ve denizel erozyonlar ve çökelme ile birbirini izleyen çeşitli değişiklikler olmuştur (Meriç, 1988). Dyer (1973) ve Fairbridge'e (1980) göre Haliç "su basmış akarsu vadileri" veya "kıyusal düzlem" tipi haliçlerdendir. Çoğu su basmış akarsu vadilerinden oluşmuş haliçler Flandrian transgrasyanu sırasında, M.Ö. 3000 yıllarında oluşmuştur (Aston ve Chester, 1976).



Şekil 1. Haliç uydu görüntüsü (Google earth).



Şekil 2. Haliç'in boy kesiti (Karpuzcu,1975).

1.2.1.1. Haliç'in genel fiziksel oşinografisi, hidrodinamik yapısı ve atmosfer şartları

Haliç bünyesindeki Akdeniz ve Karadeniz kökenli tuzlu sular ile Alibey ve Kağıthane derelerinden giren ayrıca karasal girdilerinde buna ilave olduğu tatlı sular ile kompleks bir yapıya sahiptir. İslah çalışmalarından sonra Haliç'in hidrodinamik yapısında değişimler gözlenmiştir. Gerek iç bölgelerdeki çamurun tasfiyesi gerekse tatlı su girdilerinin azaltılmasıyla Haliç genel haliçlerin yapısından biraz uzaklaşmıştır. Alibey ve Kağıthane Derelerinin senelik toplam debilerinin ($3 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{sene}$) eski yıllardaki günlük toplam debiye ($3 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{gün}$) eşit oluşu ve girdilerin ıslah çalışmalarıyla hayli azalması Haliç'e giren tatlı su miktarını oldukça düşürmüştür (Öztürk v.d., 1988; Kor, 1963). Dolayısıyla Haliç üst tabaka tuzluluk değeri, çok yağış alan aylar dışında Karadeniz suyunun karakteristiğini taşımaktadır.

Haliç girişinde 18-20psu tuzlulukla başlayan üst tabaka kalınlığı rüzgar durumuna göre 15-25m derinlikler arasında değişim göstermektedir. Üst ve alt tabakalar arasında kalan ara geçiş tabakasının kalınlığı gene rüzgar etkisiyle 5-15m arasında değişmektedir. Alt tabaka tuzluluk değeri 38psu'ya ulaşmaktadır (Müftüoğlu, 2002).

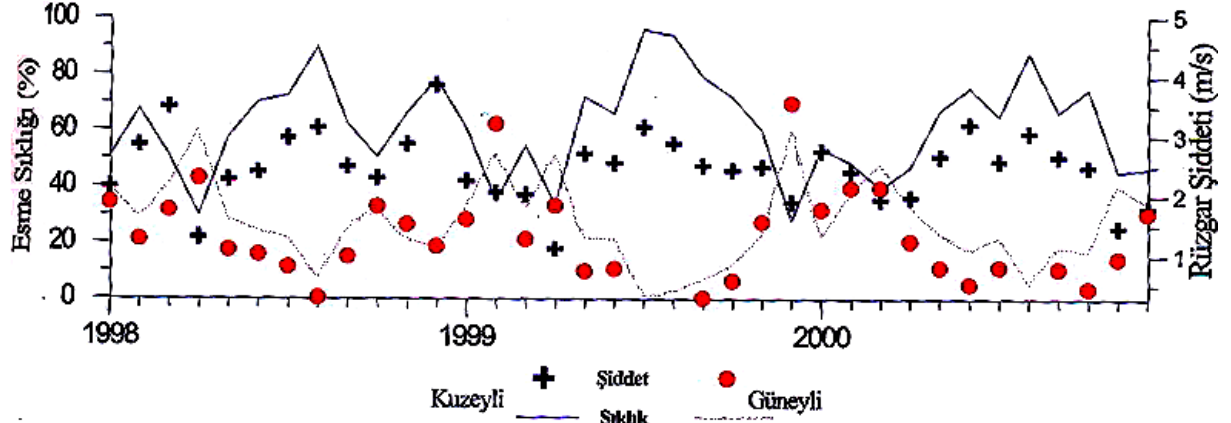
Üst tabaka sıcaklığı mevsimsel olarak değişim gösterirken alt tabaka sıcaklığı yıl boyunca neredeyse sabit kalır. Bunun sebebi alt tabakanın Akdeniz kökenli olmasıdır.

Haliç'in dinamik yapısı ise kararsızdır. Genel olarak üst ve alt katmanlardan içeri giren su daha yüksek bir debiyle ikisinin arasından Boğaz'a doğru çıkar. Farklı akıntı şekilleri de gözlenmiştir. Ayrıca yüzeyde ve dipte, zaman zaman ince kalınlıkta ve zıt yönlü akıntılar gözlenmiştir. Haliç'in akıntı sistemi ve hidrografisinin şekillenmesinde çift tabakalı İstanbul Boğazı etkindir. Camialtı'na kadar olan kısım dinamik bir yapıya sahip olup su sirkülasyonu yeterli gözükmemektedir. Valide Sultan Köprüsünden içeriye ara karışım tabakasına ait su kütlesi nadiren gözükürken Akdeniz suyu girememektedir. Dolayısıyla Haliç'te Valide Sultan Köprüsün'den hatta CA istasyonundan hemen sonraki sığ bölge için farklı bir sistem vardır (Müftüoğlu, 2002).

Oşinografik çalışmalar Haliç suyunun giriş kısmı civarındaki Boğaz suyunun özelliklerine çok yakın özellikler taşıdığını göstermiştir. Eski Galata Köprüsü taşınmadan önceki ölçümler, Boğaz'dan giren iki tabakalı suyun Haliç'in karakteristik sıcaklık, tuzluluk ve oksijen içeriğini sağladığını, fakat yüzeydeki 2-3 metrelik kısmının endüstriyel ve evsel atıkları taşıyan yüzey deşarjları nedeniyle önemli ölçüde kirlendiğini göstermektedir. Deşarjlarla giren tatlı su, yüzey tabakasının yoğunluğunu kısmen düşürmüş ve kirletici maddeler nedeniyle de oldukça yoğun askıda katı madde taşıyarak güneş ışınlarını ilk 1-2m'de emilimine sebep olmuştur. Diğer taraftan, 1998-2000 dönemindeki aylık veriler Haliç'te yaklaşık 25m derinlikte bir üst tabaka ve genellikle 25m den daha derinde kalan alt tabaka olmak üzere, iki tabakalı bir sistem ortaya koymaktadır ki bu da tarihi Galata Köprüsünün taşınmasından sonra, Haliç'te iki tabakalı bir sistem oluştuğuna işaret etmektedir (Özsoy v.d., 1988; Müftüoğlu, 2002).

Şekil 3'de Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Meteoroloji kayıtları ile çizilen 1988, 1999 ve 2000 yıllarındaki kuzeyli ve güneyli rüzgarların aylık ortalama şiddetleri ve esme sıklıkları birlikte gösterilmiştir. Mayıs'tan Kasım'a kadar kuzeyli rüzgarların hakim olduğu, Aralık Mayıs arasında ise her iki yönden esen rüzgarların esme sıklıkları hemen hemen birbirine eşit durumdadır. Bu durum, güneyli rüzgarların kış aylarında, kuzeyli rüzgarların da tüm yıl boyunca etkin olduğunu göstermektedir. Kuzeyli rüzgarların şiddeti yaz ve sonbahar aylarında çok daha kuvvetli iken, her iki yönden esen rüzgarların şiddeti genellikle kış aylarında daha yüksektir. Yıl boyunca

doğulu ve batılı rüzgarların esme sıklığı %15 ve şiddetleri 1,5 m/s den daha küçük oldukları için ihmal edilmiştir (Sur v.d., 2001).



Şekil 3. Kandilli'de kaydedilen kuzeyli ve güneyli rüzgarların zaman serisinden elde edilen aylık ortalama rüzgar şiddeti ve esme sıklığı (Sur v.d., 2001)

Haliç suyunun özellikleri Boğaz suyunun özellikleri ile yakından ilişkilidir. Kuzeyli rüzgarlar Karadeniz kıyısındaki deniz seviyesini yükselterek Boğazdaki üst tabakanın hızını ve kalınlığını artırırken, üst akıntıyı azaltıp alt akıntının artmasına sebep olur. Güneyli rüzgarlar her iki tabakanın dikey karışımında önemli rol oynar, üst tabakada gözlemlenen yüksek tuzluluğa sebep olur. Gerek coğrafik gerekse jeopolitik öneminin yanında bu kompleks yapısı da Haliç'i bilimsel açıdan önemli kılmıştır.

1.2.2. İzmit Körfezi

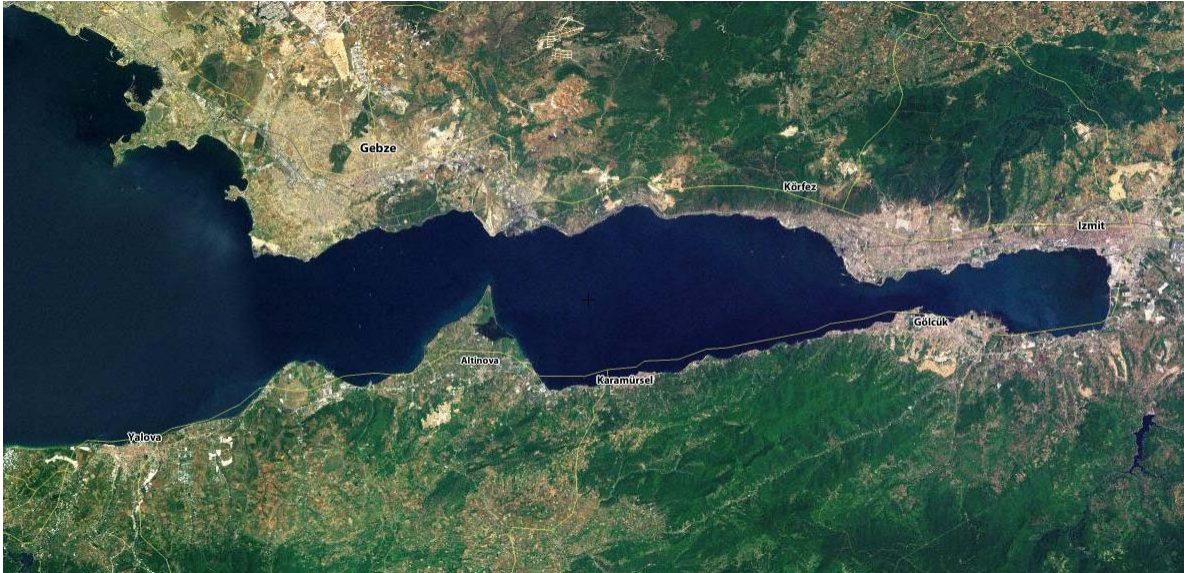
Marmara Bölgesi'nde Marmara denizi'nin kuzeydoğu ucunda yer alan İzmit Körfezi yaklaşık 50km. uzunluğa sahip yarı kapalı bir su havzasıdır. Kuzeyinde batıdan doğuya doğru Pendik, Tuzla, Eskihisar, Gebze, Hereke, Körfez ve İzmit ile çevrilidir. Güneyi ise Gölcük, Değirmendere, Halıdere, Karamürsel ve Yalova'ya kadar uzanır. İzmit Körfezi deniz ulaşımına son derece müsait doğal bir liman halindedir.

Oşinografik ve topografik özelliklerine göre Doğu, Orta ve Batı olmak üzere üç bölgeye ayrılabilir. Maksimum derinliği 250 m.yi bulur. Yüzey alanı yaklaşık 210km²'dir (Şekil 4).

İzmit Körfezi 30 yıl öncesine kadar çevresinin doğal güzelliği, denizinin sakinliği ile sayfiye yeri olarak kullanılıp özellikle İstanbul ve Ankara'dan gelen yazlıkçılara ev sahipliği

yaparken, sanayileşmenin başlaması ve hızla ilerlemesiyle bu özelliğini yitirmek üzeredir (http://tr.wikipedia.org/wiki/izmit_Körfezi/).

Körfezin kuzey kıyısında Derince, Yarımca, Dil Deresi ve güney kıyısında Değirmendere, Başiskele, Karamürsel bölgelerinde %0,5 eğimli düzlükler yer almaktadır. Bu düzlük alanların genişliği 1-4km civarındadır. Körfezin kuzey ve güneyi dağlık olup, yükseklikleri güneyde 1500 m.yi, kuzeyde ise 1000m yi geçmektedir. Gebze ve Yukarı Değirmendere’de eğimler %40’a ulaşmaktadır ve arazi çok engebeldir (Orhon v.d., 1984).

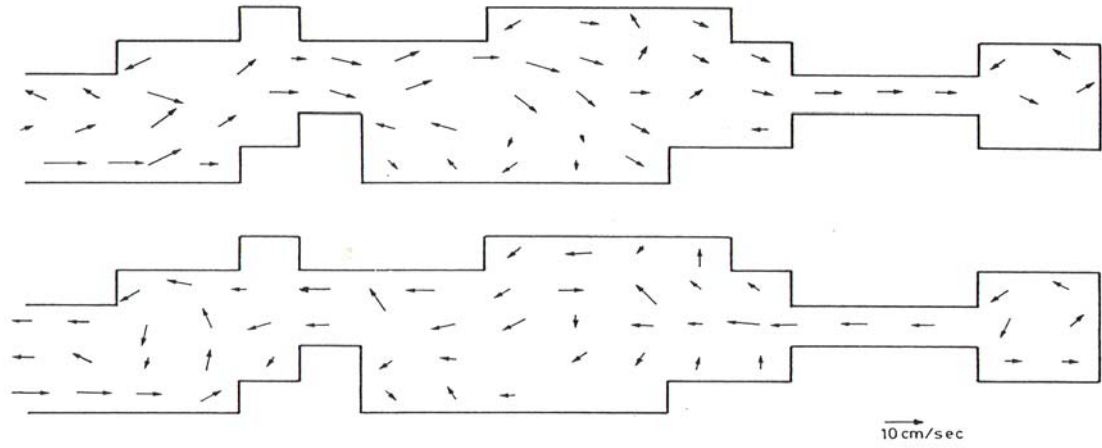


Şekil 4. İzmit Körfezi uydu görüntüsü (<http://maps.yahoo.com>).

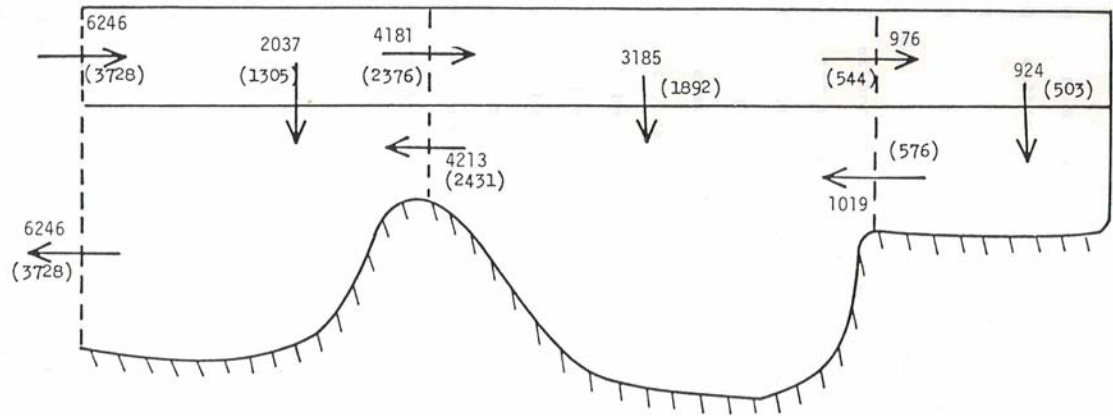
1.2.2.1. İzmit Körfezi’nin genel fiziksel oşinografisi, hidrodinamik yapısı ve atmosfer şartları

İzmit Körfezi’nin hidrolojik yapısını ortaya koymak için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Şekil 5’de körfezde gözlenen yaz ayına ait hesaplanmış yatay sirkülasyonlar verilmiştir. Şekil 6’da 10-15cm/sn hızla sahip yüzey akıntılarının körfezin batı bölgesinden iç (doğu) bölgelere doğru girdiğini görülmektedir. Darıca açıklarından körfezin kuzey kıyılarına takiben Marmara’ya geri dönen bir akıntı mevcuttur. Alt tabakada buna benzer ama daha zayıf bir sirkülasyon olduğu belirtilmektedir (Sur, 1988). Sur çalışmasında, yaz aylarında $6246\text{m}^3/\text{sn}$ ’lik bir debiyle, su kütesinin körfez ağzı boyunca üst tabakadan girdiği ve aynı

miktardaki suyun süreklilik gereğince alt tabakadan çıktığı sonucuna varmıştır. Batı körfezde üst tabakadan alt tabakaya 32% lik bir geçiş varken yaklaşık 4000 m³/sn lik bir debiyle orta körfeze bir su girişi hesaplanmıştır. Model sonucuna göre doğu körfeze ise bu su girişinin sadece 14% lük kısmı ulaşmaktadır (Şekil 6). Model değişik sınır şartları için tekrar çalıştırılmış ve sonuçlar Şekil 5 de parantez içinde verilmiştir (Sur, 1988).



Şekil 5. Yaz mevsimi üst ve alt tabaka sirkülasyonları (Sur, 1988).

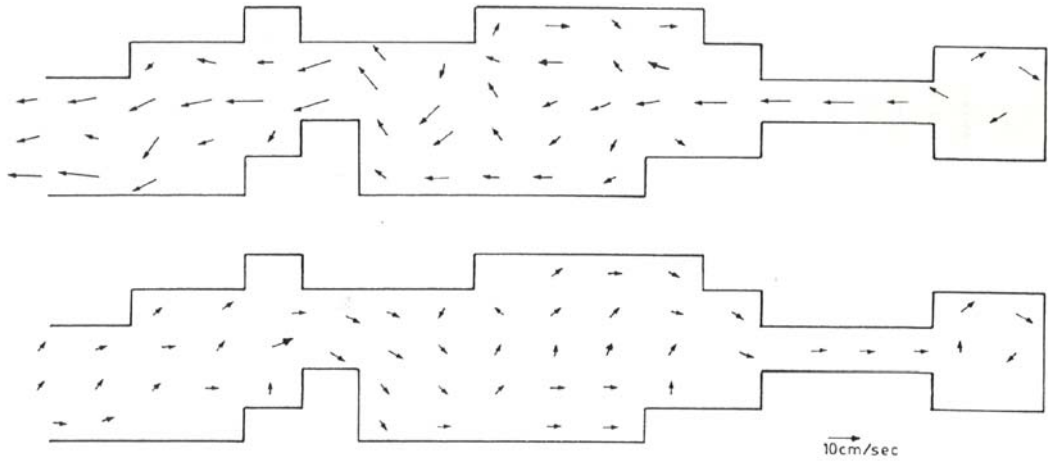


Şekil 6. Yaz mevsimi için hesaplanmış akış miktarları (m³/sn) (Sur, 1988).

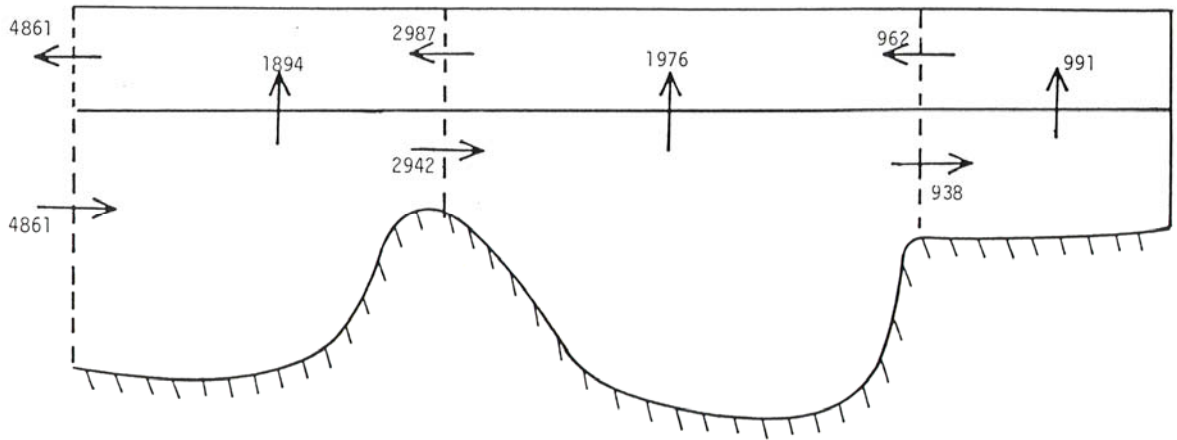
Kış mevsiminde ise, Marmara'nın derin sularının yaklaşık 10m. kalınlıklı ince bir yüzey tabakasından girdiğini, çıkışların Orta ve Doğu bölgelerde tabana yakın kısımlardan, Batı bölgelerde ise yaklaşık 50m derinlikten olduğunu göstermiştir. Bu nedenle giren sular sadece ince yüzey tabakasından değil aynı zamanda tabana yakın seviyelerden körfezi terk etmektedir (İrtem, 1991). Bununla beraber bu iki tabakalı model tuzlu Marmara suyunun alt

tabaka boyunca girdiğini ve yüzey tabakasından çıktığını kabul etmiştir. Körfezde kış mevsimindeki tipik akıntı yönleri Şekil 8 de gösterilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, 4861 m³/sn lik net akım alt tabakadan girmekte ve aynı miktardaki akım süreklilik gereği üst tabakadan çıkmaktadır. Modele göre Batı körfezde alt tabakadan üst tabakaya %39 lık bir geçiş varken yaklaşık %60 lık bir miktar orta körfeze giriş yaptığı hesaplanmıştır. Doğu körfeze ise sadece %19 luk kısmı ulaşmaktadır (Şekil 8).

Sur ayrıca kuzeydoğu ve batı rüzgarlarının kış sirkülasyonuna etkisini araştırmıştır. Kuzeydoğu rüzgarlarının kış sirkülasyonunu etkilemediği, batı rüzgarlarının ise sadece kısa bir dönem için yüzeyde körfez içine doğru alt tabakada ise Marmara'ya doğru bir akım oluşturduğu sonucuna varmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Kış mevsimi üst ve alt tabaka sirkülasyonları (Sur, 1988).



Şekil 8. Kış mevsimi için hesaplanmış akış miktarları (m³/sn) (Sur, 1988).

Körfez ve çevresinde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve bol yağışlıdır. Ortalama yıllık yağış 700mm. Buharlaşma 650-800mm. dir. Yıllık ısı ortalaması 15,2°C, nisbi nem %70'dir. Rüzgar aylık ortalamaları genelde düşük olup 2-3m/sn dir. Günlük ortalamalarda ise maksimum değer 5-7m/sn mertebesindedir. Körfezde yıl boyunca kuzeydoğu rüzgarları hakimdir. Kış aylarında zaman zaman Marmara Denizi'nden gelen güneybatı rüzgarları da görülmektedir (Sur, 1988).

1.2.3. Gemlik Körfezi

Gemlik Körfezi Marmara Denizi'nin güney doğusunda, yaklaşık olarak 28° 45' ve 29° 09'E ile 40° 20' ve 40° 31'N koordinatları arasında yer almaktadır. Körfez adını doğusunda yer alan Gemlik ilçesinden almıştır. Mudanya Körfezi olarak da anılır. Körfez, doğu-batı doğrultusunda 31km uzunlukta ve Bozburun-Trilya yakaları arasında 14km genişliktedir (Şekil 9). Gemlik Körfezi; topografik yapısı nedeniyle Marmara Denizi'nden bir eşikle ayrılan yarı kapalı bir körfezdır. Çift tabakalı yapısı, topografyası ve coğrafik oryantasyonuyla oşinografik açıdan haliçleri andırır.

Körfezin kuzey ve güney kesimlerinde, tepelik alanların ortasında küçük bir ova bulunur. Körfezin kuzeyinden Marmara Denizi'ne doğru uzanan Samanlı Dağları'nın yüksekliği, Armutlu'nun doğusundaki Daz Dağlarında 925m'ye ulaşır. Dağlarla kıyı arasında sıkışmış bulunan çok sayıda ova bulunmaktadır. Bunların en büyükleri Engürücük ve Gemlik ovalarıdır. İlçe topraklarındaki küçük dereler Marmara Denizi'ne, Gemlik Körfezi'ne ve İznik Gölü'ne akarlar. Gemlik Körfezi'nin doğusundaki geniş kumsallar turistik yönden önemlidir. Karsak Çayı olarak da bilinen Sazlık Deresi, ilçenin en fazla su taşıyan akarsuyudur. Uzunluk yönünden ilçenin en büyük akarsuyu olan Kocadere, Katırlı Dağlarından doğar ve Engürücük ovasını suladıktan sonra körfeze dökülür.

Gemlik Körfezi, KAF'nın orta kolu üzerinde geç Pliyosen-Erken Pleyistosen döneminde gelişen doğu-batı yönlü sağ yanal doğrultu atımlı faylar denetiminde gelişen 11x36km ebadında bir çek-ayır havzadır. Güney kıyılar fay denetimli morfolojik yapılardan, Kuzey sahiller ise 20-30m yüksekliğinde falezlerden ve bunları kesen K-G doğrultulu vadilerden oluşmaktadır. Gemlik Körfezi çukuru, karadaki dendiritik drenaj ağı özellikleri gösteren ve 70-80m derinliğe kadar uzanan deniz altı vadileri ile yarılmıştır.Kuzeyde kapaklı

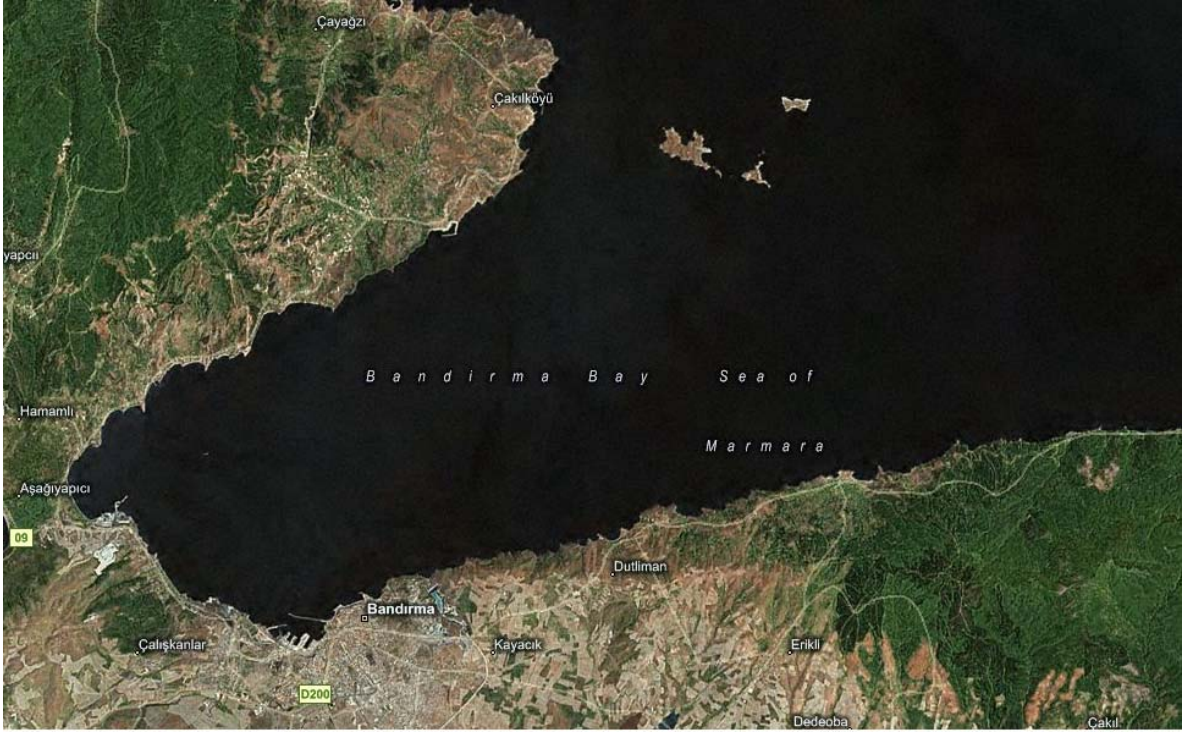
açıklarındaki ve G-GD daki geniş tabanlı vadi şebekeleri bunların en belirginleridir.65-70m derinlik konturları, en derin yeri 107m olan eliptik bir çukurun KD-GB yönünde uzandığını açıkça göstermektedir. Gemlik Körfezinin en önemli özelliği Marmara güney şelfinin güneyinde kalan ve Marmara çukurlarından 53m derinliği olan bir sırt ile ayrılan 109m derinliğinde bir çukur olmasıdır (Artüz ve Korkmaz, 1977).



Şekil 9. Gemlik Körfezi uydu görüntüsü (<http://harita.turkcebilgi.com>).

1.2.4. Bandırma Körfezi

Marmara Denizi'nin güneyinde, Kapıdağ Yarımadası'yla Bandırma kıyıları arasında kalan bir körfezdır. Adını, körfezin güney sahilinde bulunan en kalabalık yerleşim birimi olan Bandırma ilçesinden almıştır. En derin yeri, Dutlimanı köyünün 3km batısında 55 metreyi bulur. Sanayi atıkları nedeniyle önemli ölçüde kirlenmiştir. Kuzeydoğu kesiminde kayalık adalar topluluğu (Mola Adaları) yer alır (www.boyutpedia.com). Körfez coğrafik konumu gereği kuzey batı rüzgarlarına açıktır (Şekil 10).



Şekil 10. Bandırma Körfezi uydu görüntüsü (<http://harita.turkcebilgi.com>).

1.2.5. Erdek Körfezi

Marmara Denizi'nin güneybatısında bulunan Erdek Körfezi, Kapıdağ Yarımadası ve Biga Yarımadası arasındadır. Erdek Körfezi; kuzeydoğusunda Kapıdağ Yarımadası, kuzeybatısında Paşalimanı Adası ve Türkeli Adaları ile sınırlıdır. Güneyde Balıkesir ili kıyıları boyunca batıda İnce Burun'a kadar uzanmaktadır (Şekil 11). Bölgenin hidrografik özellikleri genellikle Ege, Marmara ve Karadeniz arasındaki morfolojik farklılıklar ve su değişimi ile kontrol edilmektedir. Bu nedenle bölge, Ege ve Karadeniz su kütlelerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine sahiptir.

Erdek Körfezi'nin hidrografik özellikleri ve pH değerleri Marmara Denizi'nin geneline uygun olup, pH değerleri 7,59 ile 8,02 arasında farklılık göstermektedir. Oksijenin %5,4 civarında olmasına karşın, tabana doğru oksijen azalması görülmektedir. Tuzluluk, genel körfez koşullarında yüzeyde 23psu, tabanda ise 34,7psu'dur. Sıcaklık yüzeyde 20,6 °C iken, tabanda 11,5 °C olarak ölçülmüştür (Artüz ve Baykut, 1986; Tunoğlu, 1999). İnceleme alanı, jeolojik açıdan bugünkü konumunu ve şeklini genellikle Miyosen'de başlayıp orta-geç Pleyistosen'e kadar devam eden tektonik-jeomorfolojik süreçler ile Pleyistosen- Holosen'de

hakim olan küresel, iklimsel ve deniz düzeyi değişimleri sonucu kazanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Erol ve Çetin, 1995; Meriç v.d., 1995). Ayrıca, son buzul çağı ve buzularası dönemde küresel östatik deniz düzeyi değişimleri değişik araştırmacılar (Erinç, 1978; Stanley ve Blanpied, 1980; Ergin v.d., 1997) tarafından incelenmiş olup, sonuçta Akdeniz sularının güneyden kuzeye doğru sokularak önce Marmara'yı sonra Karadeniz'i doldurmaya başladığı saptanmıştır.*



Şekil 11. Erdek Körfezi uydu görüntüsü (<http://harita.turkcebilgi.com>).

1.3. Teori ve Tanımlamalar

1.3.1. Körfez ve haliçler

Körfez denizin karaya girinti yaptığı, üç tarafı karayla çevrelenmiş yarı kapalı uzantısıdır. Körfezlerin ağız kısımlarının genişliği, karaya yaptıkları girintinin boyu, batimetrisi ve ağız kısmındaki hidrolojik şartlar dinamik yapılarını oluşturan faktörlerdir. Küçük körfezlere koy denir.

* Erdek Körfezi'nin genel yapısı hakkındaki bilgiler Avşar ve arkadaşlarının 2006 senesinde yaptıkları çalışmadan kaynaklarıyla birlikte alınmıştır.

Haliçler ise denizlerin nehir ağızları boyunca karaya doğru yaptıkları derin, geniş ve uzun girintileridir. Karasal, biyolojik ve antropojenik maddelerin, hidrolojik şartların baskın gelmesiyle hapis oldukları, tatlı ve tuzlu su çevrelerinin geçiş bölgeleridir (Ergin v.d., 1990). Genel kıyı şeridi şekline yaklaşık dik bir açıyla ilerlerler. Bazı haliçler de su baskınına maruz kalmış akarsu yataklarından oluşmaktadırlar. Haliçler, çoğunlukla med-cezir hadisesinin cereyan ettiği kıyılarda teşekkül ederler. Çünkü med-cezir akıntıları, akarsuların getirdikleri alüvyonları sürükleyerek birikmelerine mani olur, dolayısıyla da delta oluşumuna imkan vermezler. Med-cezir akıntılarının hakim olduğu kıyılarda irili ufaklı haliçler meydana gelir. Haliçlerdeki su, buzul çekilmesiyle oluşan körfezlerden farklı olarak sığdır.

Haliçler ulaşımına imkan verirler ve yerleşim yeri olarak önem taşırlar. Gemiler haliçler vasıtasıyla karaların iç kısımlarına kadar sokulabilirler. Ayrıca karasal besin elementi girdisinin yoğunluğundan ve sakin yapısından balık yumurtlamasına ve larvaların muhafazasına imkan tanıyan bölgelerdir. Dolayısıyla su kalitesine bağlı olarak çok sayıda balık çeşidi gözlemlenebilir.

1.3.2. Tabakalı denizler

Yüzeyden dibe doğru giderken yoğunluk değişiminin tuzluluk, sıcaklık ya da her ikisine bağlı olarak ani değişim gösterdiği denizlerdir. Sıcaklığa bağlı bir değişim söz konusu ise buna termoklin, tuzluluğa bağlı bir değişim söz konusu ise buna da haloklin denilmektedir. Her ikisine bağlı bir yoğunluk değişimi varsa buna da piknoklin denilir. Tuzluluk bakımından homojen olan denizlerde mevsimsel termoklin tabakası oluşur. Mevsimine göre derinliği ve kalınlığı değişir ve zaman zamanda kaybolur.

Her iki tabakayı ayıran ara yüzey ne kadar ince olursa ve alt tabaka ile üst tabaka değerleri birbirinden ne kadar farklı olursa tabakalaşma o kadar keskin ve kuvvetlidir. Ara tabakanın kalınlaşmış olup eğimli bir yapıda olması ise iki tabaka arasındaki karışımı göstermektedir.

Mevsimsel ara yüzeylerin oluşmasıyla bazen basamaklı yapıları da görmek mümkündür. İki denizden fazla tabakası olan denizlerde vardır (örneğin, çok yağış aldığı zamanlar, Haliç).

Sirkülasyon genellikle birbiriyle farklı istikametlerdedir. Her iki tabaka arasındaki su alış verişini ile olan karışım çeşitli mekanizmalarla oluşmaktadır. Başlıca etkenler iki yüzey

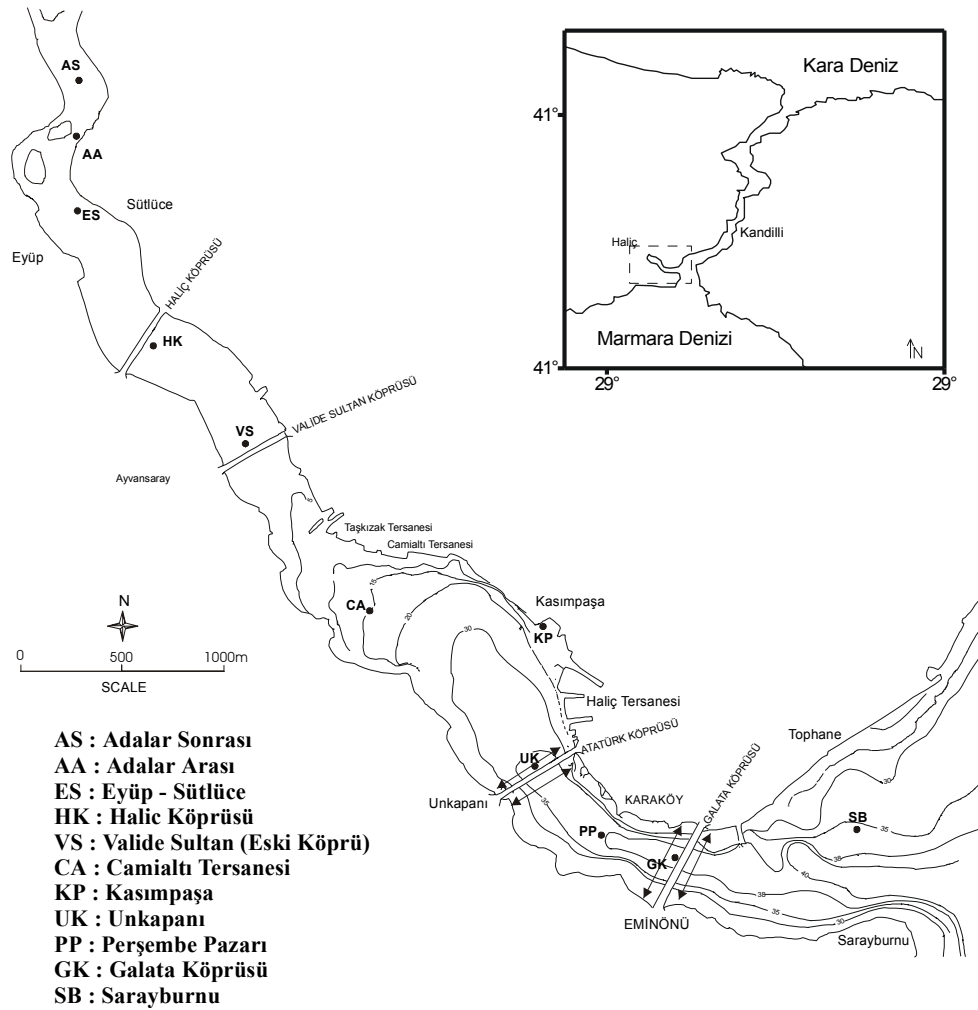
arasında oluşan türbülanslı akımlar, her iki yüzey arasında oluşan i dalgalanmalar ve çalkantılar, yüzeydeki suyun soğuyarak yoğunlaşıp alt tabakaya batması ve diğer atmosferik olaylar olarak sayılabilir.

II. MATERYAL ve METOD

Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü'ne ait ARAR1 araştırma botu ve R/V ARAR gemisi ile toplanılmıştır. Haliç verileri ARAR1 araştırma botu ile, İzmit, Gemlik, Bandırma ve Erdek Körfezlerinde ise çalışmalar R/V ARAR gemisi ile gerçekleştirilmiştir. Tablo 1, 2 ve 3'de çalışma yapılan istasyonların koordinatları verilmektedir. Şekil 12, 13 ve 14'te ise istasyonların harita üzerindeki konumları gösterilmiştir. Körfezlerin tuzluluk, sıcaklık ve akıntı verileri 9/11 CTD sistemi ve RD Instruments Şirketinin ürettiği 150kHz Direct-Reading Broadband Acoustic Doppler Current Profiler (DR-BBADC) cihazı ile yapılmıştır. Derinlik hücreleri 2m aralığında seçilmiştir. Gemi pruva yönü dahili elektronik pusula kullanılarak elde edilmiştir. Gemi hareketi taban izleme yöntemi kullanılarak tespit edilip, gerçek akıntı hızları hesaplanmıştır. İstasyonlarda gemi durduktan sonra akıntı verileri en az 5 dakikalık ortalamalar alınarak toplanılarak hata payı düşürülmüştür. Su kolonu 2 metrelik hücelere bölünerek çalışılmıştır. İstasyon mevkilerinin tespiti SeaStar DGPS (Differential Global Positioning System) sistemi kullanılarak yapılmıştır. Haliç'te ise tuzluluk ve sıcaklık verileri SBE 25 CTD sistemi kullanılarak toplanılmış, akıntı verileri ise yine RD Instruments Şirketi tarafından imal edilen 300 kHz frekansında çalışan Workhorse isimli taşınabilir akıntıölçer cihazı kullanılarak toplanılmıştır. Veri toplanmasında benzer metod kullanılmış, sığ sularda ölçüm yapabilmek için hücre aralığı 1m seçilmiştir. ADCP kesitleri, gemi ~3,5 knot hızla giderken sürekli veri toplanmasıyla elde edilmiştir. İstasyon mevkileri Garmin markalı, el GPS cihazı ile ve belirli noktalardan kerteriz olarak tespit edilmiştir. Cihazlar hakkındaki detaylı teknik bilgiler ve çalışma prensipleri bölüm 2.1'de bahsedilmiştir.

Tablo 1. Haliç'te çalışılan istasyonların koordinatları

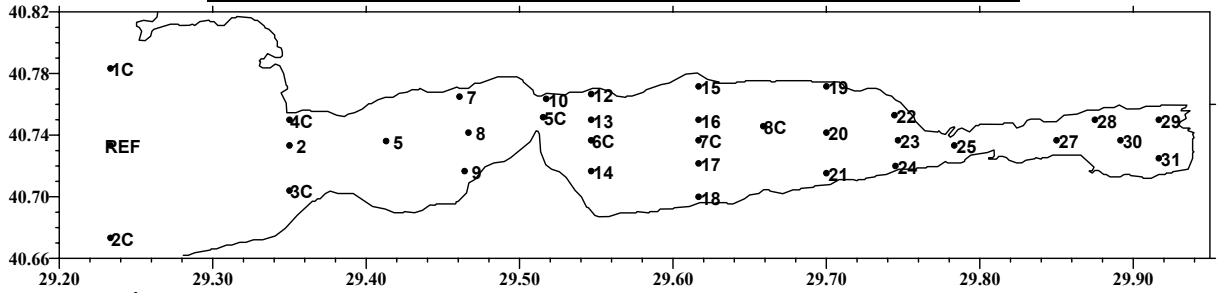
<i>İstasyon Adı</i>	<i>Enlem(°)</i>	<i>Boylam(°)</i>
Sarayburnu	41.0236	28.9849
Galata Köp.	41.0220	28.9742
Perşembe Paz.	41.0225	28.9686
Unkapanı Köp.	41.0245	28.9648
Camialtı	41.0323	28.9665
Kasımpaşa	41.0301	28.9562
Valide Sultan Köp.	41.0404	28.9487
Haliç Köprüsü.	41.0447	28.9435
Eyüp-Sütlüce	41.0487	28.9402
Adalar Önü	41.0530	28.9406
Adalar Sonu	41.0561	28.9444



Şekil 12. İstasyonların harita üzerindeki konumları (Sur v.d., 2001'den değiştirilerek alınmıştır.)

Tablo 2. İzmit Körfezi'nde çalışılan istasyonların koordinatları

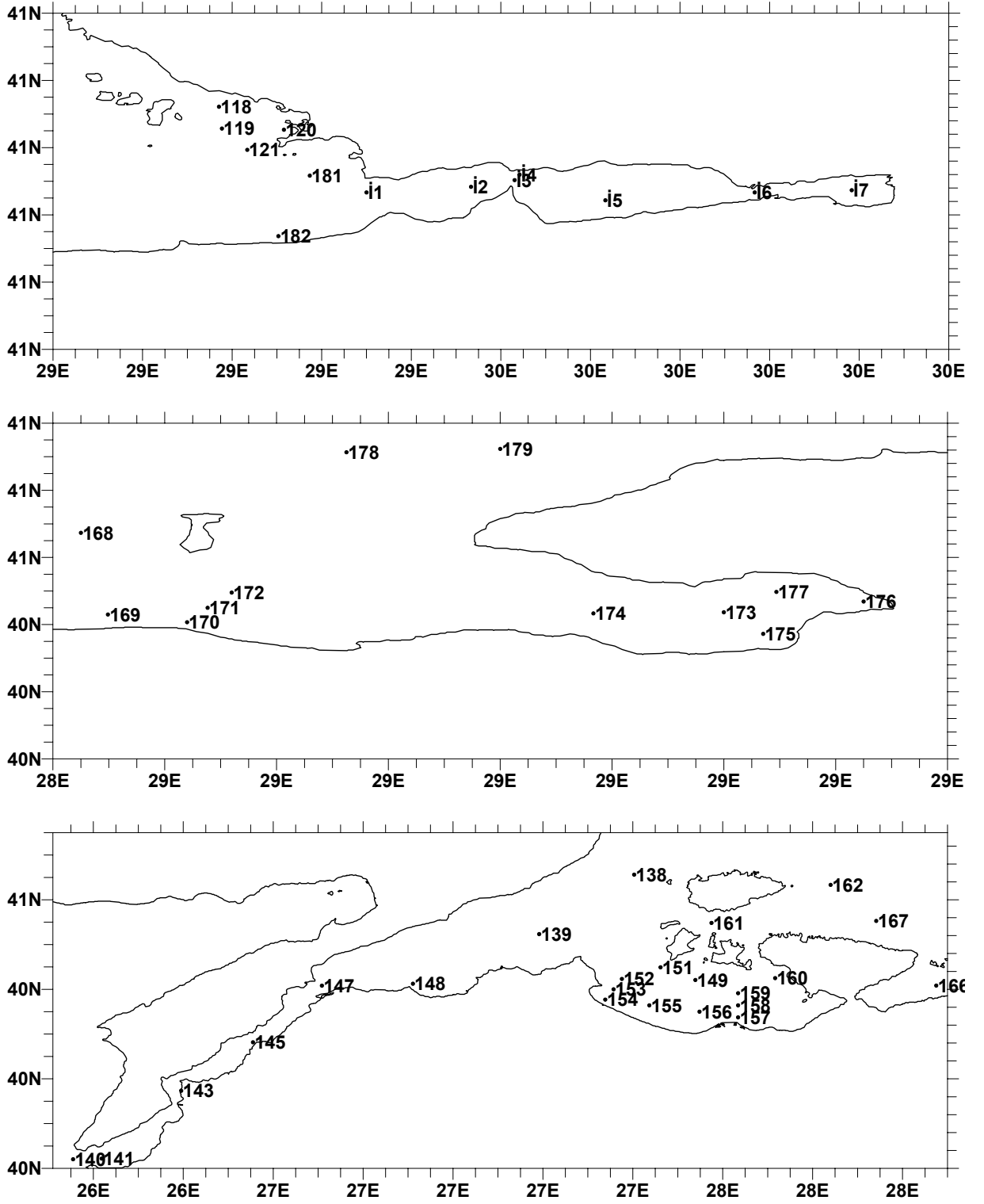
<i>İstasyon Adı</i>	<i>Enlem(°)</i>	<i>Boylam(°)</i>
5	40.7362	29.4130
7	40.7650	29.4608
8	40.7417	29.4667
9	40.7167	29.4642
10	40.7636	29.5173
12	40.7667	29.5467
13	40.7500	29.5467
14	40.7167	29.5467
15	40.7717	29.6167
16	40.7500	29.6167
17	40.7217	29.6167
18	40.7000	29.6167
1C	40.7833	29.2333
20	40.7417	29.7000
2	40.7333	29.3500
21	40.7153	29.7000
22	40.7530	29.7443
23	40.7367	29.7467
24	40.7200	29.7450
25	40.7333	29.7833
27	40.7367	29.8500
28	40.7500	29.8750
29	40.7500	29.9167
2C	40.6733	29.2333
30	40.7367	29.8917
31	40.7250	29.9167
3C	40.7040	29.3500
4C	40.7500	29.3500
5C	40.7517	29.5153
6C	40.7367	29.5467
7C	40.7367	29.6167
8C	40.7458	29.6588
REF	40.7333	29.2333
19	40.7717	29.7000



Şekil 13. İzmit Körfezi istasyonlarının harita üzerindeki konumları.

Tablo 3. İzmit, Gemlik, Bandırma ve Erdek Körfezleri'nde, 2005-2006 senelerinde çalışılan istasyonların koordinatları

<i>İstasyon Adı</i>	<i>Enlem(°)</i>	<i>Boylam(°)</i>
118	29.1853	40.8608
119	29.1886	40.8284
120	29.2578	40.8266
121	29.2169	40.7967
138	27.4030	40.6562
139	27.1917	40.5233
140	26.1548	40.0203
141	26.2183	40.0218
143	26.3953	40.1733
145	26.5550	40.2817
147	26.7083	40.4082
148	26.9108	40.4125
149	27.5392	40.4208
151	27.4617	40.4492
152	27.3757	40.4232
153	27.3572	40.4000
154	27.3387	40.3770
155	27.4367	40.3642
156	27.5483	40.3500
157	27.6342	40.3373
158	27.6342	40.3642
159	27.6342	40.3913
160	27.7167	40.4250
161	27.5750	40.5483
162	27.8400	40.6333
166	28.0750	40.4083
167	27.9415	40.5528
168	28.4250	40.5367
169	28.4492	40.4150
170	28.5200	40.4035
171	28.5383	40.4250
172	28.5598	40.4477
173	29.0000	40.4183
174	28.8833	40.4167
175	29.0352	40.3862
176	29.1250	40.4343
177	29.0470	40.4487
178	28.6625	40.6567
179	28.8000	40.6617
181	29.2867	40.7583
182	29.2517	40.6683
İ1	29.3500	40.7333
İ2	29.4667	40.7417
İ3	29.5153	40.7517
İ4	29.5208	40.7597
İ5	29.6167	40.7217
İ6	29.7833	40.7333
İ7	29.8917	40.7367



Şekil 14. İzmit, Gemlik, Bandırma ve Erdek körfezleri istasyonlarının harita üzerindeki konumları.

2.1. Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)

Son yıllarda kıyı ve haliç sistemlerinin 3-boyutlu hız yapılarının Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) ölçümleri ile araştırılması yaygınlaşmıştır. Bu bölümde çalışmada kullanılan ADCP cihazlarının özellikleri ile ölçüm ve veri işleyişi hakkında bilgi verilecektir.

ADCP'nin çalışması adından da anlaşıldığı üzere, değişik nesnelere arasındaki bağıl radyal hızların Doppler etkisiyle ölçülmesi prensibine dayanır. Doppler etkisi, gözlemlenen ses frekansında bağıl hareket neticesinde meydana gelen değişimdir. Yaklaşıp, yanımızdan geçen bir trenin düdük sesindeki değişim bu etkinin iyi bilinen bir örneğidir. ADCP, Doppler etkisini sabit frekansta yolladığı seslerle, bu seslerin su kolonunda yüzen plankton ve askıdaki katı maddeler gibi küçük parçacıklara çarpıp geri dönen yankılarını kıyas ederek tespit eder. Bu parçacıkların hızının ortalama olarak su hızını verdiği varsayılır. ADCP'nin performansı akıntının her dört sinyal istikametinde homojen olmasıyla orantılıdır. Gordon'a (1996) göre bu varsayım okyanus, akarsu ve göl sularında makul derecede geçerlidir.

Alışagelmiş akıntıölçerlerden farklı olarak ADCP, üç-boyutta hızı tespit edebilmek için akıntı profillerini dört ses demeti kullanarak ölçer. Su kolonunda derinlikler belirli eş büyüklükteki hücrelerle ayrılmıştır. Her bir hücre bir tek akıntıölçer gibi düşünülebilir. Her ne kadar ADCP hücre boyunca ortalama yapıyı alsın da, hücre merkezindeki akıntı etkilidir. Hücre boyutu çalışma bölgesine göre 20 ila 800 cm. arasında değişebilir. ADCP, sadece yatay hız bileşenlerini değil düşey hız bileşenlerini de ölçebilir. Bir çift ses demeti Doğu-Batı bileşenini ölçerken diğer çift Kuzey-Güney bileşenini ölçer. Her iki çift ses demeti aynı zamanda düşey hız bileşenlerini de ölçmektedir (Workhorse el kitabı). Bu iki hesaplanmış dikey hız arasındaki fark hata hızı olarak bilinir ve hesaplanması kullanıcının yatay homojenliğin uygun olup olmamasını değerlendirmesine yarar. Sadece homojenliğin olmadığı durumlar hata hızını arttırmaz, bir takım aksaklıklarda hata hızını arttırabilir (Gordon, 1996).

ADCP gerek dibe aynaları yukarı gelecek şekilde sabitlenerek gerekse yüzeyden aşağı doğru bir platforma veya araştırma gemisine monte edilerek ölçüm yapar. Veriyi kendi hafızasında depolayabildiği gibi, kablo bağlantısıyla anlık ölçüm ve kayıtları bir bilgisayar yardımıyla da gerçekleştirilebilir. Gemiye monte edilen alet seyir esnasında ölçüm yapmaya

imkan verir. Gemi yönü ADCP içindeki pusula ile tespit edilir. Ayrıca geminin gyro pusulasından çıkış alınarak manyetik sapma etkisi yok edilir ve daha hassas yön verisi alınabilir (R/V Arar gemisi metal olduğundan gyro pusulası kullanılmaktadır). Gemi hızı dip-izi (bottom-trac) metodu ile veya DGPS verisinin işlenmesiyle hesaplanır ve ölçülen akıntı hızından çıkartılarak gerçek akıntı hızı bulunur.

Bu çalışmada kullanılan RD Instruments tarafından imal edilen “Workhorse” isimindeki cihazın çalışma frekansı 300kHz dir ve direk bilgisayara kayıt imkanı olduğu gibi kablosu çıkarılarak kendi hafızasına bilgi depolama özelliği de mevcuttur (Workhorse el kitabı). Diğer cihaz ise R/V Arar gemisine bağlı olan 150kHz çalışma frekansında çalışan diğer cihazda ise veri direk olarak bilgisayara kaydedilmektedir

“Transect” isimli program vasıtasıyla anlık ölçüm ve kayıt yapılır. Program yatay akıntı hızlarını, hata akıntısını, hata oranını, geminin seyir hızı ve yönü gibi verileri hesap edip görmemizi ve binary sistemde kayıt etmememizi sağlar. Daha sonra bu ham veri gene aynı program kullanılarak, uygun zaman dilimi veya mesafelik ortalamalar alınarak ASCII formatına çevrilir. Bir takım Fortran diliyle yazılmış programlar vasıtasıyla bozuk veriler ayıklanır, çalışılan kesitlerin morfolojisi belirlenir ve ölçülen ham veriler uygun hale getirilir.

2.2. SBE25 Sealogger ve 9/11 CTD Sistemleri

Bu çalışmada SBE25 Sealogger CTD sistemi ile 9/11 CTD sistemi kullanılmıştır. Her iki sistem üzerinde basınç, sıcaklık ve iletkenliği ölçen üç adet algılayıcı vardır. İletkenlik algılayıcısının ölçme doğruluğu 0,001S/m, duyarlılığı 0,00004S/m, sıcaklık algılayıcısının ölçme doğruluğu 0,01°C ve duyarlılığı 0,0003°C dir. SBE25 saniyede sekiz ölçüm yaparken 9/11 ise 12 ölçüm yapar. SBE25 sisteminde gövde içinde bulunan NiCd pil ve hafıza kartı sayesinde anlık veri kaydedilir. Daha sonra kaydedilen veriler Term25 programı ile bilgisayara yüklenir. Datcnv adlı program veriyi ASCII biçimine çevirir. Binavg programı sayesinde belirli mesafelik ortalamalar alınır ve Derive programıyla tuzluluk ve yoğunluk hesap edilir. 9/11 CTD sisteminde ise veriler doğrudan bilgisayara kaydedilir ve adı geçen programlar sayesinde işlenirler.

III. BULGULAR

3.1. Haliç

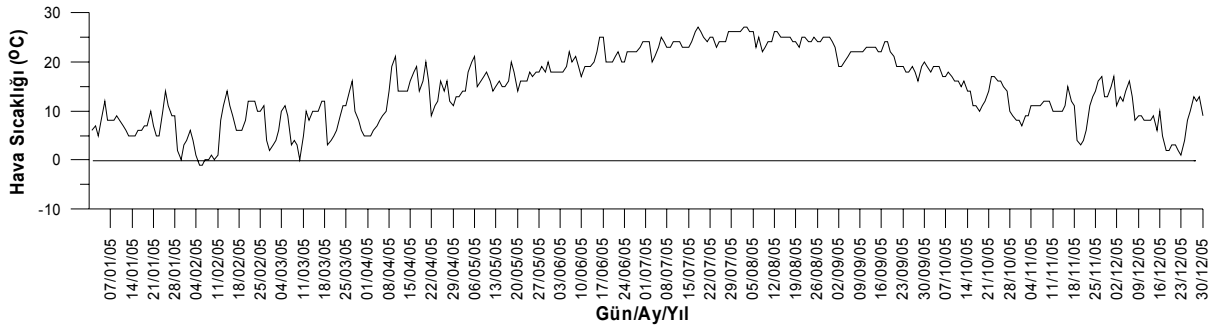
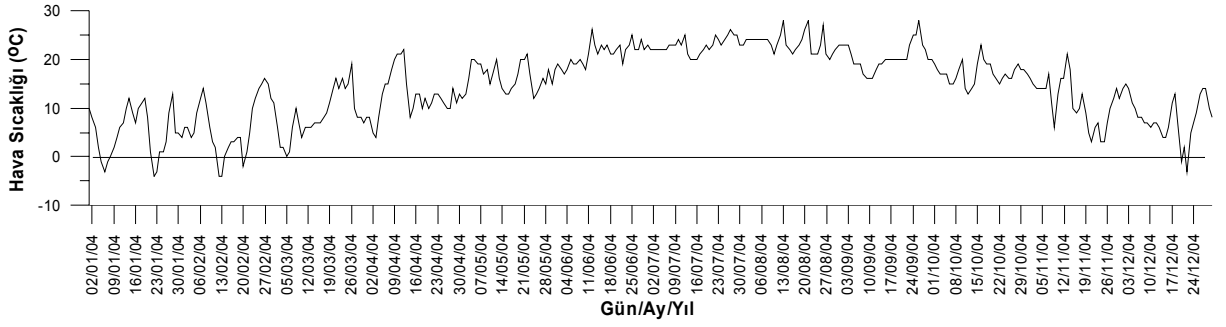
3.1.1. Atmosferik koşullar

Bu bölümde İstanbul'a ait atmosferik koşullar ölçüm dönemlerini kapsayacak şekilde genel olarak incelenecektir. 2004–2005 senesine ait atmosfer verileri Kandilli ve Balmumcu meteoroloji istasyonlarından alınan veri setleri kullanılarak elde edilmiştir. Detaylı rüzgar ve yağış şekilleri Ek 1'de verilecek olup Haliç'in oşinografisi incelenirken zaman zaman değinilecektir. Şekil 15, 16, 17 de Haliç'te yapılan ölçüm zamanlarını kapsayan 2004 ve 2005 senelerine ait sıcaklık, basınç ve yağış verileri günlük ortalamalar şeklinde verilmiş olup, Şekil 18.'de ise rüzgar gülü üzerinde ve histogram grafiği ile yıllık esen rüzgarların esme sıklıkları ve yüzdeleri ile rüzgar şiddetinin senelik yoğunluğu gösterilmiştir.

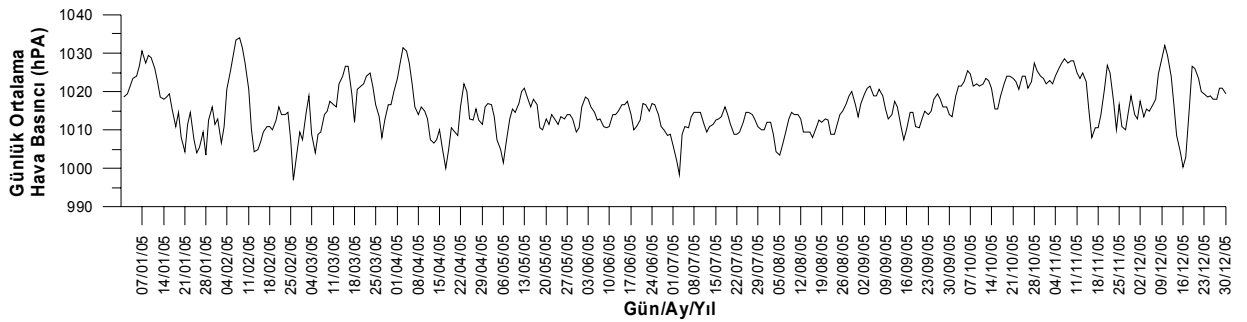
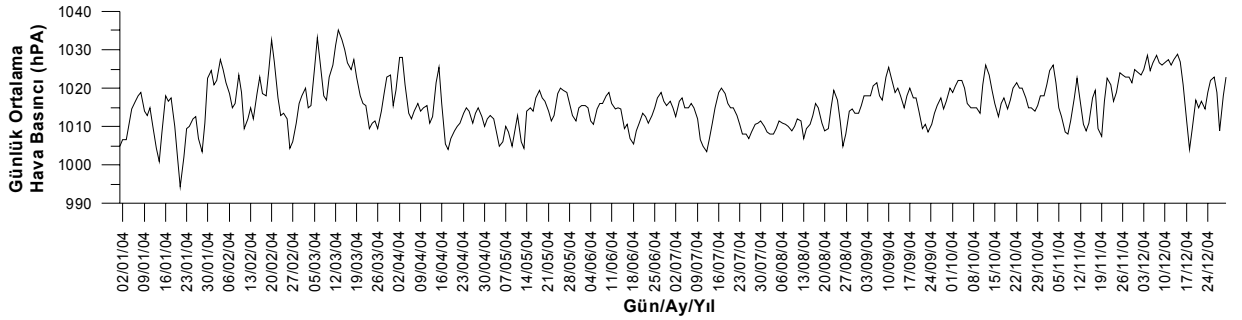
Şekil 15 ve 16 de Ekim ve Nisan aylarını kapsayan ortalama basınç ve sıcaklıklarda özellikle kış aylarında görülen inişli çıkışlı durağan olmayan yapı Büyükay (1989) tarafından yapılan çalışmayla da örtüşmektedir. Büyükay bu çalışmasında Ekim ve Mart dönemlerini kapsayan sonbahar ve kış aylarında, siklonik karakterli alçak basınç sistemlerinin geçişleri esnasında şiddetli güneyli rüzgarların görüldüğüne işaret etmiştir. Bu dönemde kararsız yapının etkisiyle güneyli rüzgarları kuzeyli rüzgarlar izlemiştir. Şekil 18'de de görüldüğü gibi her iki senede de kuzey yönlü rüzgarlar %50'nin üzerinde esme frekansına sahip olup baskındır.

Genel olarak atmosfer basıncına bakıldığında zaman sonbahar-kış döneminde basınç ortalaması yazıya göre daha yüksektir (Şekil 16).

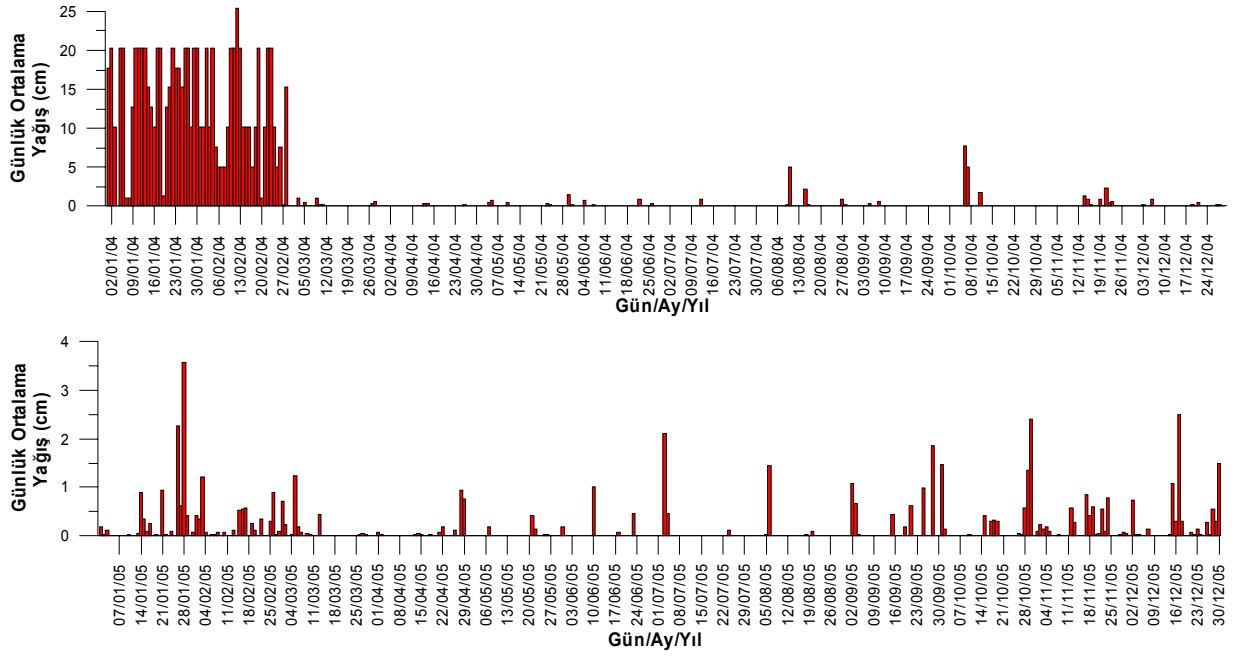
Balmumcu meteoroloji istasyonu verilerine göre 2004 senesinde yağış dağılımı homojen olmayıp senenin ilk iki ayında toplam yağın yağışın yaklaşık %90'ı yağmıştır. 2005 senesinde ise yağış tüm seneye dağılmış olup kış ve sonbahar aylarında daha fazla miktardadır. Yağış verileri Kandilli istasyonu verileriyle tam bir uyum içinde olmasa da tutarlıdır.



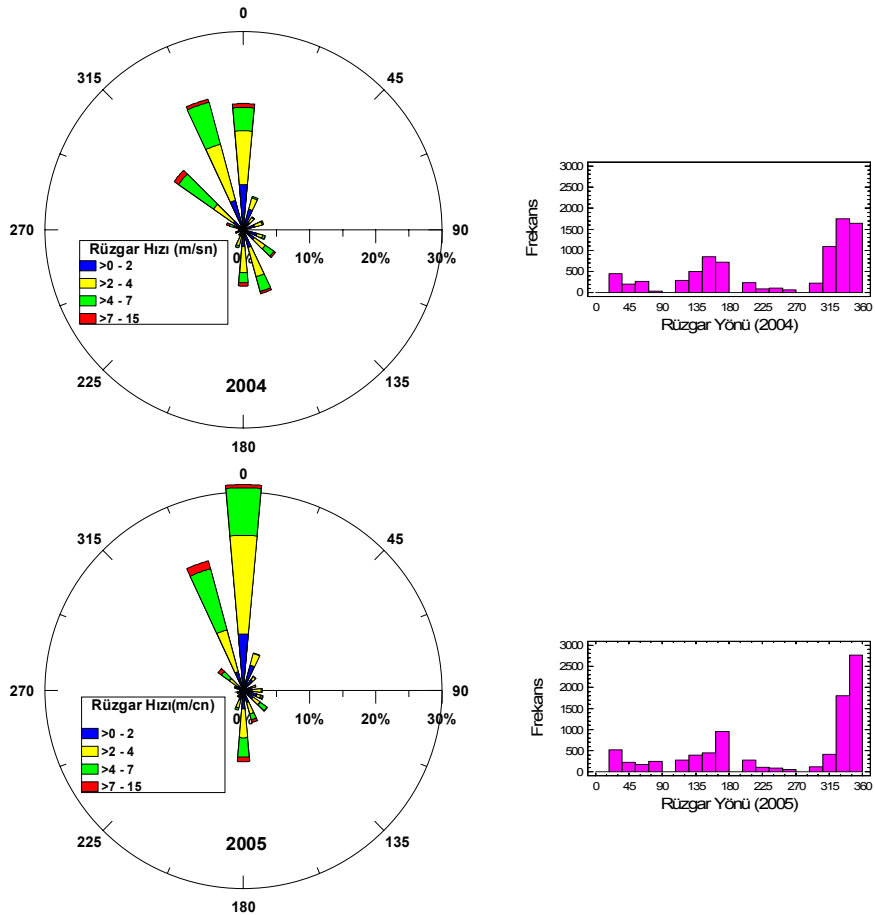
Şekil 15. 2004-2005 senelerine ait günlük ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 16. 2004-2005 senelerine ait günlük ortalama hava basıncı değerleri



Şekil 17. 2004-2005 senelerine ait günlük ortalama yağış değerleri



Şekil 18. 2004-2005 senelerine ait günlük ortalama yağış değerleri

3.1.2. Tuzluluk ve sıcaklık aylık değişimleri ve su kütleleri

Bu bölümde, 2004-2005 çalışma döneminde Haliç'te ölçülen sıcaklık ve tuzluluk profilleri ile birlikte sıcaklık ve tuzluluk kesitleri yorumlanıp, su kütlelerinin hidrografik özellikleri incelenmiştir.

Şekil 19'da ölçüm yapılan aylara ait sıcaklık ve tuzluluk profilleri üst üste çizilmiştir. Şekil 20 ise, Haliç orta hattından elde edilen veriler kullanılarak çizilmiştir. Tuzluluk ve sıcaklık verilerinin interpolasyonu yapılarak, eş konturlar çizilerek, tabakalaşmanın daha kolay bir şekilde görülmesi için konturlar renklendirilmiştir. İstasyonlarda alınan akıntı vektörleri tuzluluk boy kesitleri üzerinde gösterilmiştir. Bu vektörler işlenerek alındıkları istasyonun üzerinde bulunduğu iki kıyı arasında kalan hattın oryantasyonuna göre hattın içeriye, ya da dışarıya doğru olduğu tespit edilip tefrik edilsin diye renklendirilmiştir. Tuzluluk ve sıcaklık değişimleri Sarayburnu istasyonundan, Camialtı istasyonuna kadar benzerlik gösterir. Camialtı istasyonundan Haliç'teki son çalışma istasyonu olan Adalarsonu'na kadar olan 4-5m lik sığ bölge, fiziksel bakımdan ayrılık göstermektedir. Genel olarak Haliç'in Camialtı'na kadar olan bölümünde, 30m den derin istasyonlarda, üst tabakanın 15-25m kalınlığında olduğu göze çarpmaktadır. İç kesimlerde ise genellikle Karadeniz kökenli düşük tuzluluktaki suyun etkisi görülmektedir. Zaman zaman yağış veya karasal girdilerin artması neticesinde tuzluluk bakımından seyrelmeler görülmektedir (Şekil 19, 20).

Ocak 2004 te sefer haftası boyunca hızı 12m/sn ye kadar yükselen güneyli rüzgarın neticesinde ara tabaka 16m'lik bir kalınlığa ulaşmıştır. Haliç girişinde üst tabaka sıcaklığı mevsimsel soğumaya bağlı olarak 8°C ye düşmüş fakat iç kesimlere doğru hafif bir artışla AS istasyonunda 9°C'ye ulaşmıştır. Bu sıcaklık farkı, askıda katı madde yoğunluğundan kaynaklanan güneş ısısının daha fazla soğurulmasıyla ilgilidir. Alt tabakada 15°C'lik sıcaklığa ve 38psu luk tuzluluğa sahip Akdeniz kökenli su kütlesi, 30m den sonra görülmektedir (Şekil 19). AÖ ve AS istasyonları civarında, sirkülasyonun yetersiz olmasından, sefer haftasının başında görülen üç günlük yağışın etkisi ile tuzluluk düşmüştür (Ek 1). Bu durum iç kesimlerde zaman zaman su kütesinin hapis olduğuna işaret etmektedir. Daha evvelden CA istasyonundan sonraki iç kesimde, ES istasyonu ilerisindeki eşik engeline kadar içeriye girmiş

olan 20psu'luk bir su kütlesi özellikle ES istasyonunun 4-5m'lerinde hala etkisini sürdürmektedir. Tuzluluk boy kesiti üzerindeki vektörler göz önünde bulundurulursa, Haliç içerisine ara tabakadan su girerken üst ve alt tabakalardan terk etmektedir. Haliç'in daraldığı mevkide bulunan PP istasyonunda akıntı hızı artarak 15cm/s ye ulaşmıştır (Şekil 20).

Şubat seferinde de, Ocak ayında görüldüğü gibi seferden beş gün evvel esmeye başlayan ve sefer günü maksimum seviyesine ulaşmış 13m/sn hızla esen güneyli rüzgarın etkisiyle, düşey karışım olup ara tabaka 20m kalınlığına ulaşmıştır (EK2, Şekil 19). Üst tabaka incelerek 9m. ye düşmüştür. Sefer günü yağın yağmurun etkisiyle PP istasyonundan itibaren yüzey tuzluluk değeri iç kesimlere doğru tedricen azalarak, SB istasyonu yüzeyinde 18,5psu olan tuzluluk değeri AS istasyonunda 8psu'ya kadar düşmüştür (EK1). Üst tabakadan Haliç'i terk eden bir su kütlesi mevcuttur. CA istasyonundan içeri kesime doğru su girişi gözlenmekle beraber, HK ve ES istasyonlarında görülen aksi yönlü akıntılar iç kesimlerde şiddetli esen güney rüzgarının neticesinde oluşmuş yerel döngüleri göstermektedir (Şekil 19). Ara tabakanın ilk 10m'lik kısmında içeriye su girişi varken, hemen altındaki 10m lik kısımda akıntı yönü Haliç dışına doğrudur (Şekil 20).

Mart ayında sefer haftası boyunca esen ve şiddeti 9m/sn lik maksimuma ulaşan güneyli rüzgara rağmen karışım oluşmayıp, Haliç'e yüksek miktarda Karadeniz kökenli suyun girdiği görülmektedir. Üst tabaka iyice kalınlaşmış 28m'yi bulmuştur. 19psu tuzluluğa sahiptir ve homojendir. Akdeniz kökenli alt tabaka suyu birkaç metrede sıkışmış olup, UK istasyonundaki dip suyu ancak 34psu seviyesindedir (Şekil 19). CA istasyonundan sonraki düşük tuzlulukta yüzey suyu Mart ayı başlarında yağın yağmur ve karın etkisiyle artan dere girdisini göstermektedir (EK1).

Nisan ayında sefer haftası boyunca Lodos esmiştir (EK2). Ara tabaka karışım sebebiyle kalınlaşmış, fakat bu karışımın etkisi 20m. nin altında kalmıştır. Akıntı boy kesitinden 22 ila 30 m'ler arasından Haliç'e su girdiği gözükmektedir. Üst tabaka ısınmaya başlayarak SB ve GK istasyonları arasında 9°C ye, iç kesimlerde yüzeyde ise 13°C ye kadar yükselmiştir. Haliç'te yüzey suyundaki sıcaklık farkı ısınmanın hızlı bir şekilde olduğunu ve henüz hemen altındaki suya sirayet etmediğini göstermektedir (Şekil 19).

Mayıs ayında üst tabaka kalınlaşmıştır; bu durum Karadeniz kökenli yoğun bir su girişine işaret etmektedir. Akıntı boy kesiti incelendiğinde üst tabakadan giren yaklaşık 25m. kalınlığında Karadeniz kökenli su ve alt tabakadan Haliç'i yoğun bir şekilde terk eden Akdeniz suyu gözlemlenmiştir (Şekil 20). Bu durum üst tabakanın kalınlaşmasıyla uyumludur. Ara tabakanın hemen üstünde hafif bir karışım görülse de tabakalaşma kuvvetlidir. Üst tabakada CA istasyonuna kadar ölçülen 19psu dan düşük tuzluluk bu ayda Boğaz'dan giren Tuna suyunun Haliç'e de girdiğini göstermektedir. İç kesime doğru bu değer 17psu'ya düşmüştür (Şekil 19, 20).

Haziran ayında seferden bir gün evvel esen ve 8m/sn hızına ulaşan güneyli rüzgar düşey karışıma sebep olup, ara tabakayı biraz kalınlaştırmıştır (EK2). Üst tabaka suyu ısınarak iç bölgelerde yüzeyde 18-19°C'ye ulaşmıştır. AS istasyonunda askıda katı madde yoğunluğuna bağlı olarak ve sirkülasyon bakımından izole bir bölge olması hasebiyle sıcaklık yüzeyde 24,5°C'ye ulaşmıştır. Bu ayda soğuk ara tabakanın etkisi 20-28 m'ler arasında görülmektedir. Alt tabaka sıcaklığı 15°C ve üst tabaka sıcaklığı ortalama 16°C iken, soğuk ara tabaka sıcaklığı 12,5°C'dir. Sıcaklık kesitinde soğuk ara tabakanın CA istasyonuna kadar girip tesisini gösterdiği görülmektedir (Şekil 19).

Temmuz ayında 20 m. lik Karadeniz kökenli üst tabakanın hemen altında yer alan, düşey karışıma maruz kalarak 13 m. kalınlığa ulaşan bir ara yüzey mevcuttur. Üst tabaka tuzluluğu yaklaşık 18,5psu değerindedir ve tüm haliçte neredeyse sabittir. Bir evvelki ay oluşmuş olan soğuk ara tabakayı bu ayda da 15-25m'ler arasında KP istasyonu açıklarına kadar görmek mümkündür (Şekil 19, 20). Üst tabaka ısınmaya devam ederek yüzeyde dış bölgede 19°C ye, iç Haliç'te ise 23°C ye kadar yükselmiştir (Şekil 19).

Ağustos ayında, seferden evvel ve sefer günü esen kuzey rüzgarının etkisiyle ince ve belirgin bir ara yüzey tabakası, oldukça homojen bir yapıda bulunan alt ve üst tabakaları birbirinden ayırmıştır (EK2, Şekil 19). Ağustos ayında görülen yağış, iç bölgeyi etkileyerek VS istasyonundan sonra tuzluluğun düşmesine sebep olmuştur. Atmosferik ısınmayla, dış bölgede yüzey suyu sıcaklığı 19-20°C'ye, iç Haliç'te ise 23°C'ye kadar yükselmiştir. Soğuk ara tabakanın etkisi, Haziran ayına göre 1°C ısınmış olsa da, hala 15-25m'ler arasında kuvvetli bir şekilde gözükmemektedir (Şekil 19). Alt tabakadan, Haliç'i terk eden bir akıntı

görülürken, özellikle PP istasyonunda belirgin olan, üst tabaka boyunca içeriye giren bir akıntı sistemi (GK istasyonunda gözüken zayıf ters akıntı Galata Köprüsü ayağının etkisiyle oluşmuştur) görülmektedir (Şekil 20).

Eylül ayında, homojen alt ve üst tabakaları ayıran ara yüzey sefer haftası esen güneyli rüzgar neticesinde SB istasyonuna doğru kalınlaşmaya başlamıştır (EK2). Üst tabaka sıcaklığı, soğumaya başlayarak 22°C'ye düşmüştür. İç kesimlerde yüzeyden dibe kadar oldukça homojen, 23°C sıcaklığında ve 18-19psu tuzluluğunda bir su kütlesi mevcuttur (Şekil 19).

Ekim ayında, ara tabaka oldukça kalın olup, kuvvetli bir karışıma işaret etmektedir. Üst tabakada sadece 12m kalınlığında 18,5psu tuzluluğa sahip homojen bir su kütlesi gözlemlenmiştir. Yüzey suyu sıcaklığı dış bölgede 18, iç bölgede ise 19°C'ye kadar düşmüştür. KP istasyonu hizasından itibaren 15m kalınlığında haliç dışına doğru bir akıntı sistemi görülmektedir (Şekil 19, 20).

Kasım ayında, 4m kalınlığında belirgin bir ara yüzey tabakası ile homojen alt ve üst tabakalar birbirlerinden ayrılmaktadır. GK istasyonunda ara yüzey iyice keskinleşerek inceliyor 2m kalınlığa inmiştir. SB istasyonunda 20psu tuzlulukta üst tabaka suyu GK istasyonundan UK istasyonuna kadar olan bölgede 19psu'dur. Üst tabaka suyu 22m'ye kadar görülmektedir. 25 metreden sonra gözüken alt tabaka tuzluluğu 38psu'dur (Şekil 19). Seferden iki gün evvel esmeye başlayan güneyli rüzgarın etkisiyle alt tabakadan giren akıntı özellikle PP istasyonunda belirgindir (EK2). Bu akıntı hızlı bir şekilde yavaşlayarak UK istasyonunda kaybolmuştur. Yüzey suyunun hemen altındaki sudan 0,5°C daha soğuk olması üst tabakanın hızlı bir şekilde soğumaya devam ettiğini göstermektedir. Dış bölgede 13°C olan yüzey suyu sıcaklığı, AS istasyonunda 12°C'dir (Şekil 19, 20).

Aralık ayında ise sefer günü hızı 7 m/sn.ye ulaşan üç günlük güneyli rüzgarın etkisiyle ara tabaka kalınlaşarak yaklaşık 13m kalınlığa ulaşmıştır (EK2, Şekil 19). Üst tabaka 14m kalınlığında olup, 19psu'luk tuzluluğa sahiptir. 38psu tuzluluğa sahip alt tabaka, 27m'den sonra gözükmektedir. Alt tabakaya bu ay 16°C'lik sıcak bir su kütlesi girişi olmuştur. Yüzey suyu sıcaklığı tüm haliçte 10°C civarındadır (Şekil 19). Akıntı kesitine bakıldığında GK

istasyonunda ara yüzeyden halice su girişi gözlemlenirken üst ve alt tabakalardan halici terk eden bir yapı gözükmetedir (Şekil 20).

2005 yılının Ocak ayında, sefer günü şiddetlenen keşişleme rüzgarı ara tabakada, özellikle 10 ve 24m'ler arasında, karışıma sebep olup ara yüzeyin tuzluluğunu ve kalınlığını artırmıştır. Akıntı boy kesitinde açıkça 10 ve 24m'ler arasından CA istasyonuna kadar Haliç'e yoğun su girişi göze çarpmaktadır (Şekil 19). Yüzeyde dış bölgede 19psu tuzluluğundaki su, iç bölgelerde sefer öncesi yağan yağışların etkisiyle, VS istasyonunda 18, ES istasyonunda 16 ve AS istasyonunda 14psu ya düşmüştür (EK1). Yüzey suyu sıcaklığı tüm Haliç'te 8°C civarında iken 10 metreden sonra karışımın etkisiyle sıcaklıkta artış gözükmetedir (Şekil 19).

Şubat ayında sefer gününü de kapsayan üç günün sakin geçmesine karşın, evvelden esen ve hızı 11 m/sn'ye ulaşan bir haftalık güneyli rüzgarların karıştırdığı yapı sefer zamanında hala korunmaktadır (EK2). 17m'de başlayan ara yüzey tabakası yaklaşık 29m'de alt tabaka ile sınırlanmıştır (Şekil 19). 4 tabakalı bir akıntı sistemi gözükmetedir. Üst tabakadan 10 m. kalınlığında bir su girişi gözükürken, alt tabakada ise 30m'den sonra Haliç'i terk eden bir su kütlesi gözükmetedir. 20 ila 30psu tuzluluk değerleri arasında kalan su kütlesi ise Haliç'ten içeri doğru KP istasyonu açıklarına kadar gözükmetedir. Hemen üstünde 10 ve 17m'ler arasında tekrar Haliç'i terk eden bir akıntı gözlemlenmiştir (Şekil 20). Yüzey tuzluluğunda GK istasyonundan itibaren ani bir düşüş gözükmetedir. Bu durum sefer anında ve haftasında yağan yağışla irtibatlandırılabilir (EK1). Üst tabaka sıcaklığı bu ayda, her sene olduğu gibi, minimum seviyesi olan 6°C'ye düşmüştür. Fakat seferin yapıldığı Şubat sonunda atmosferik ısınma başladığından, 2004 senesinde de gözüküğü gibi, yüzey suyunda ani sıcaklık artışı görülmektedir (Şekil 19, 20).

Mart ayında, 26m kalınlığında bir üst tabaka mevcuttur. Belirgin bir ara yüzey gözükmetedir. Alt tabakadan Haliç dışına doğru olan kuvvetli bir akıntı sistemi dikkati çekmektedir. Üst tabaka sıcaklık bakımından oldukça homojen olup yaklaşık 8°C'dir. Özellikle ES istasyonundan sonraki bölümde gözüken tuzluluktaki düşüş bir gün evvel yağan yağmurun etkisini göstermektedir (EK1)(Şekil 19, 20).

Nisan ayında, KP istasyonu önlerine kadar gözüken tabakalı bir yapı mevcuttur. Üst tabaka sıcaklığı, atmosferik ısınmayla artarak 10°C civarına ulaşmıştır. UK istasyonundan itibaren

artış gösteren yüzey suyu AS istasyonunda 15°C'ye ulaşmıştır. İlk metrelerde gözükken bu artış çok dinamik olmayan iç bölgelerde askıda katı madde yoğunluğunun fazla olması ve güneş ışımasının bu ay artarak bu tabakada soğurulması ve atmosferik ısınmanın da bu ay hızlı olması ile alakalıdır. 2004 senesinin Nisan ayında de benzer bir yapı görülmüştür (Şekil 19,20).

Mayıs ayında sefer gününü de kapsayan beş günlük hızı 6,5 m/sn hıza ulaşan kuzeyli rüzgar sayesinde üst tabakadan yoğun Karadeniz suyu girişi olmuştur ve bu durum üst tabakayı kalınlaştırıp ara yüzeyi keskinleştirmiştir (EK2). Tuzluluk kesiti üzerindeki akıntı vektörleri incelendiğinde üst tabakada ilk 13m'de içeriye doğru bir akıntı mevcuttur. Hemen altında Haliç'i terk eden 10m kalınlığında bir su kütlesi gözükmemektedir. Tuzluluğu 20 ila 30psu değerleri arasında kalan ince karışım tabakasından içeriye doğru bir giriş mevcuttur. Alt tabakadaki Akdeniz kökenli su Haliç'i terk etmektedir (Şekil 20). Dış bölgede üst tabaka tuzluluğu su kolonu boyunca 19psu'dur. İç bölgelerde 18psu ve AS istasyonu yüzeyinde 17psu'luk tuzluluk ölçülmüştür. Üst tabaka ısınarak alt tabakayla aynı sıcaklığa gelmiştir. İç bölgelere doğru hafifçe artan yüzey suyu sıklığı ihmal edilirse neredeyse tüm haliçte ve tüm derinliklerde su sıcaklığı bakımından homojen bir yapı mevcuttur. 2004 senesi Mayıs ayı ile kıyas edildiğinde üst tabaka sıcaklığı 2°C daha fazla olup 16°C'dir (Şekil 19, 20).

Haziran ayında sefer teknik sebeplerden dolayı gecikip 6 Temmuzda yapılmıştır. Dolayısıyla Temmuz ayında ayın başında ve sonunda iki sefer gerçekleştirilmiştir. Ayın 6'sında yapılan seferden bir gün evvel esen 10 m/sn hızındaki kuzeyli rüzgar ara tabakayı kalınlaştırıp belirginleştirmiştir (EK2). Alt ve üst tabakalar kendi aralarında oldukça homojendir. Üst tabaka tuzluluğunun 18psu civarında olması sefer döneminde Haliç'e Tuna nehri kaynaklı su kütlesinin girmiş olabileceğini göstermektedir. Üst tabaka suyu ısınarak 21°C'ye çıkmıştır. Akıntı sistemi yine dört tabakalıdır ve bir evvelki profili andırmaktadır. Bu dönemde gözükken soğuk ara tabaka, ara yüzeyden UK istasyonuna kadar içeriye girmiştir ve sıcaklığı 14-15°C'dir (Şekil 20). Ay sonundaki seferde ise üst tabaka kalınlığı azalarak yaklaşık 16m olmuştur. GK istasyonu hariç diğer kesimlerde düşey karışım olup ara yüzey tabakası kısmen kalınlaşmıştır. Soğuk ara tabaka ve Tuna nehri kökenli suyun etkileri azalmış olsa da hala gözükmemektedir. Soğuk ara tabakanın etkisi bir evvelki seneye göre daha zayıf

kalmıştır. Karışımın neticesiyle üst tabaka suyunda derine indikçe hafif bir soğuma görülmüştür. Yüzey suyu sıcaklığı iç kesimlerde 23°C'ye yükselmiştir (Şekil 19, 20).

Ağustos ayında oldukça homojen alt ve üst tabakaları 8m kalınlığında bir ara yüzey ayırmıştır. Üst tabaka kalınlığı 16m olup, yaklaşık 18psu tuzluluk değeri, bünyesinde Tuna kaynaklı suyun varlığını göstermektedir. Üst tabaka sıcaklığı maksimum seviyesine ulaşarak dış bölgede 23°C'ye, iç bölgede ise 24°C'ye ulaşmıştır. Bir evvelki sene bu aylarda soğuk ara tabakanın etkisi gözükürken bu ayda tamamen kaybolmuştur. Alt tabaka 24 metreden sonra gözükmemektedir ve 38psu tuzluluk değeri ölçülmüştür. 19-26m'ler arasında Haliç içerisine doğru gözükürken bir akıntı mevcuttur. Üst tabakada hızı daha yavaş olan 10m kalınlığında bir su kütlesi de Haliç içerisine yönelmiştir. 10-19m'ler arasında ve 26 metreden dibe kadar Haliç'i terk eden akıntılar ölçülmüştür (Şekil 19, 20).

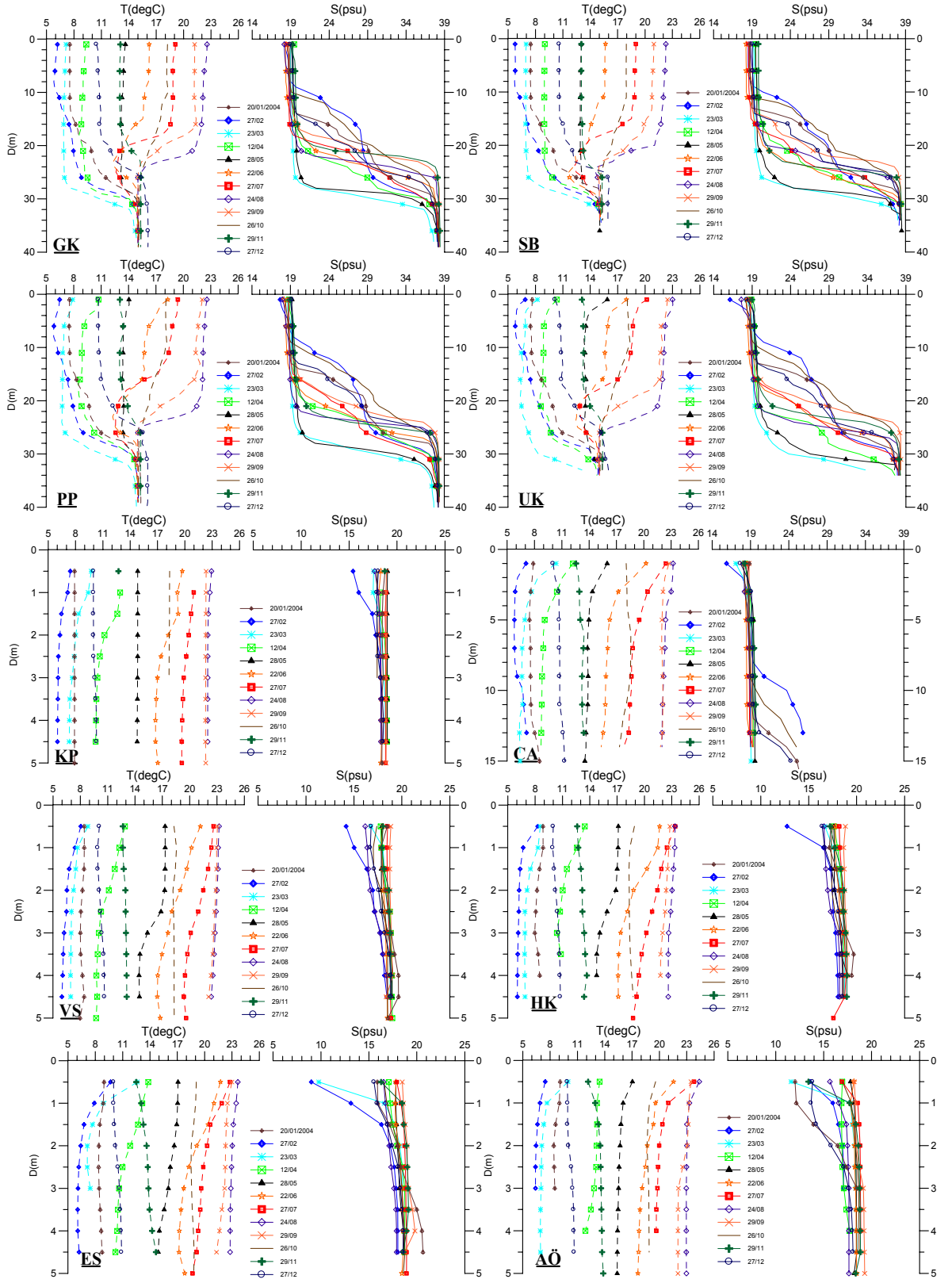
Eylül ayında, 17m kalınlığında, tuzluluğu 18psu olan bir üst tabaka mevcuttur. Ara tabaka kalınlaşarak 19m olmuş ve karışım ara yüzeyini oluşturmuştur. Üst tabaka atmosferik soğumanın etkisiyle dış bölgede bir evvelki Ağustos ayına nazaran 0,5°C soğumuştur. Sefer günü başlayan yağmur ölçüm yapıldığı esnada henüz Haliç'te birikmediğinden iç kesimlerde yüzey suyu tuzluluğunda bariz bir düşüş görülmemiştir (EK1, Şekil 19)).

Ekim ayında üst tabaka kalınlığı 22 metredir. Yüzeyde 18psu tuzluluğa sahip üst tabakanın 22m'de tuzluluk değeri lineer olarak 1psu artmıştır. Ara tabaka yaklaşık 8m kalınlığındadır. Sıcaklık bakımından oldukça homojen bir üst tabaka mevcuttur. Tüm Haliç üst tabakasında ve yüzey suyunda sıcaklık 17,5°C'dir. Soğuk ara tabakanın varlığı sıcaklık kesitinde hissedilmese de sıcaklık profillerinden UK istasyonuna kadar olan bölümde yaklaşık 27m'de sıcaklık minimumu göze çarpmaktadır (Şekil 19, 20).

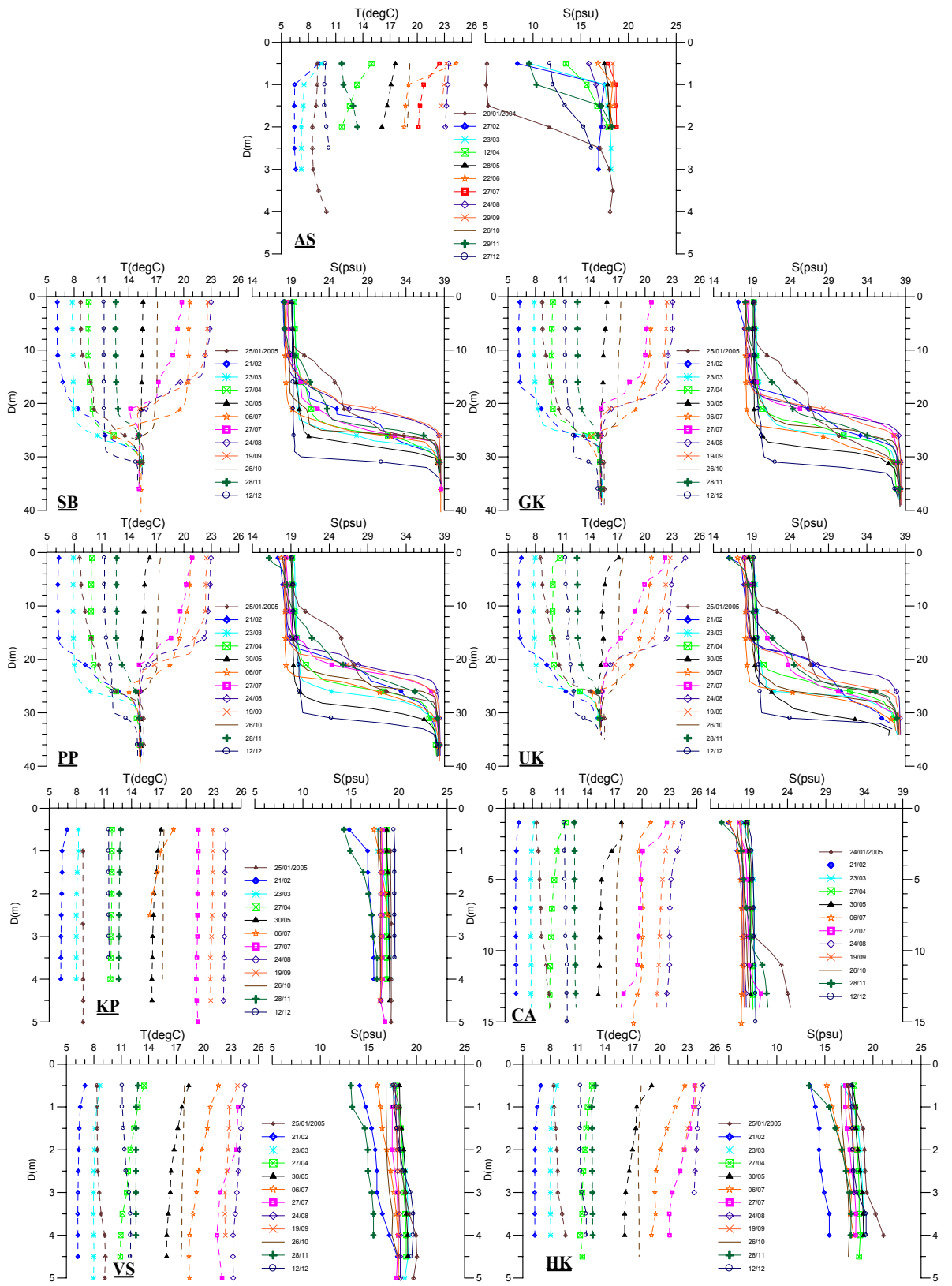
Kasım ayında, sefer gününü de kapsayarak tüm hafta güneyli rüzgar esip özellikle 10 ila 23m'ler arasında karışıma sebep olmuştur (EK2). Akıntı boy kesitine bakıldığında 10 ila 20m'ler arasında bu karışıma sebep olan su girişini görmek mümkündür. Hemen altındaki 20psu ile 30psu tuzluluk değerlerinin sınırladığı bir tabakada ise Haliç dışına doğru bir akıntı görülüyor. Karışım neticesinde oluşan ara karışım tabakasının kalınlığı 17 metreyi bulmaktadır. Bu dönemde üst tabaka incelmeye ve 18psu tuzluluk değerinde 10m kalınlığında bir şekil almıştır. Sefer günü ve haftasında yağın yağmurların etkisiyle PP istasyonu ve UK

istasyonunda yüzey tuzluluk değeri 16psu'ya düşmüştür (EK1). İç kesimde ise yüzey tuzluluğu, VS istasyonunda 13psu'ya AS istasyonunda ise 8psu değerine kadar düşmüştür (Şekil 19, 20).

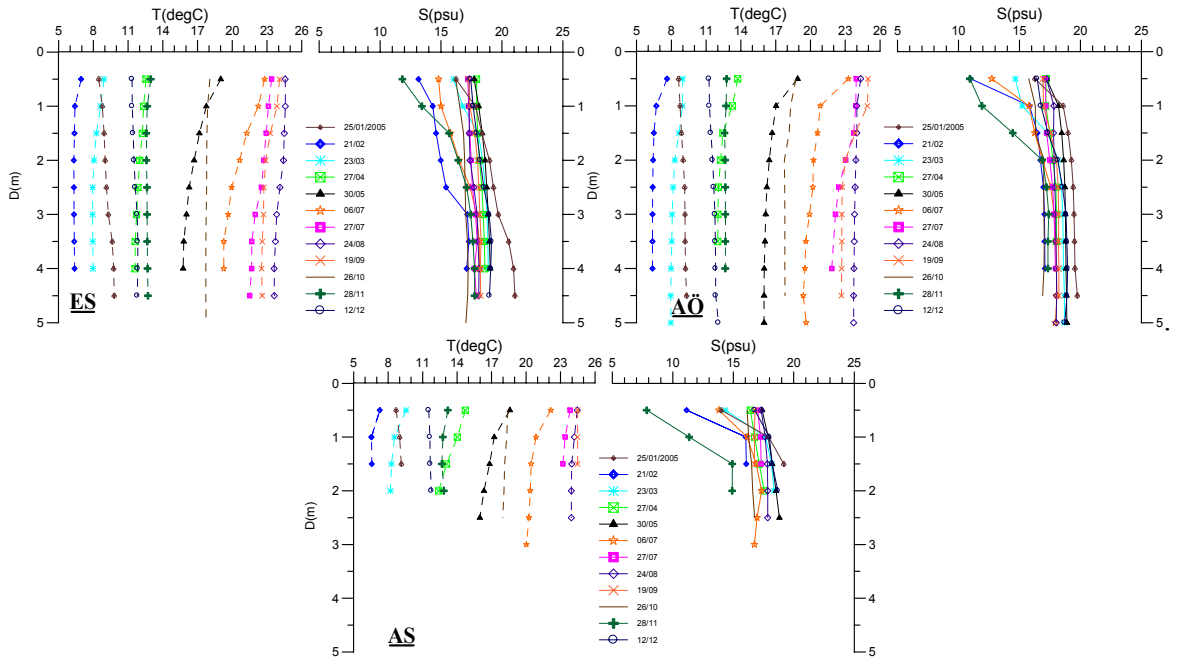
Aralık ayında oldukça homojen 30m kalınlığında bir üst tabakanın varlığı bu dönemde Haliç'e bu tabakadan çok yoğun bir şekilde su girdiğini göstermektedir. Akıntı boy kesiti incelendiğinde üst tabakada 13m'lik bir su kütlesi içeriye doğru girerken bu kütlein altında alt tabakayı da dışarıya çıkaracak şekilde (dipteki 1m'lik akıntı müstesna) tüm su kolonu Haliç dışına doğru yönlenmiştir. Alt tabakaya 33m civarında ulaşmak mümkün olduğundan UK istasyonu dip derinliğinde 38psu tuzluluğundaki suya rastlanılmamıştır. Yüzey ve üst tabaka sıcaklıkları içeride ve dış bölgede neredeyse sabit olup 11°C'dir. Alt tabakada bir sene evvel görülen sıcak suya 2005 senesinde rastlanılmamıştır (Şekil 19, 20).



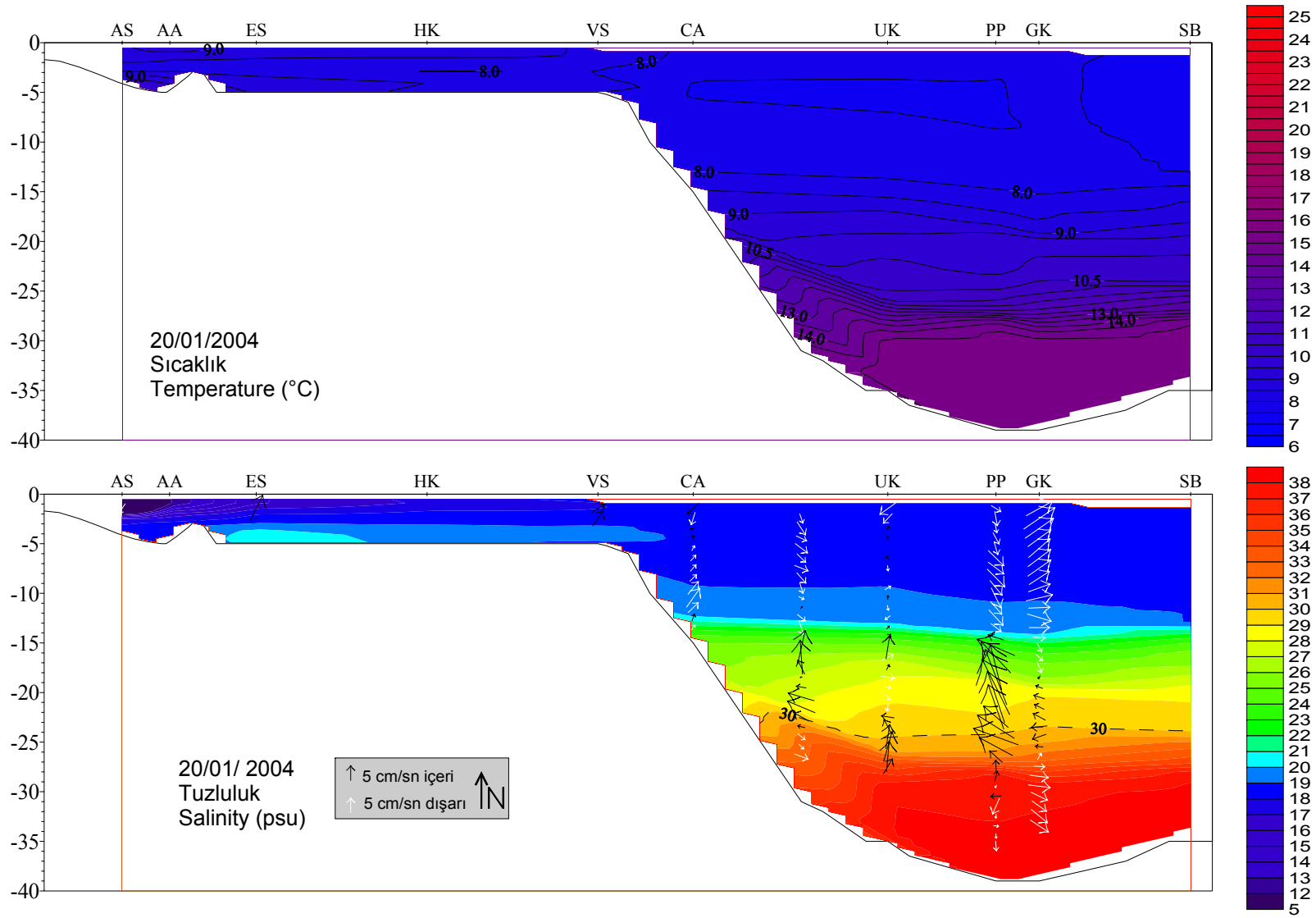
Şekil 19. Haliç istasyonları aylık sıcaklık ve tuzluluk profilleri



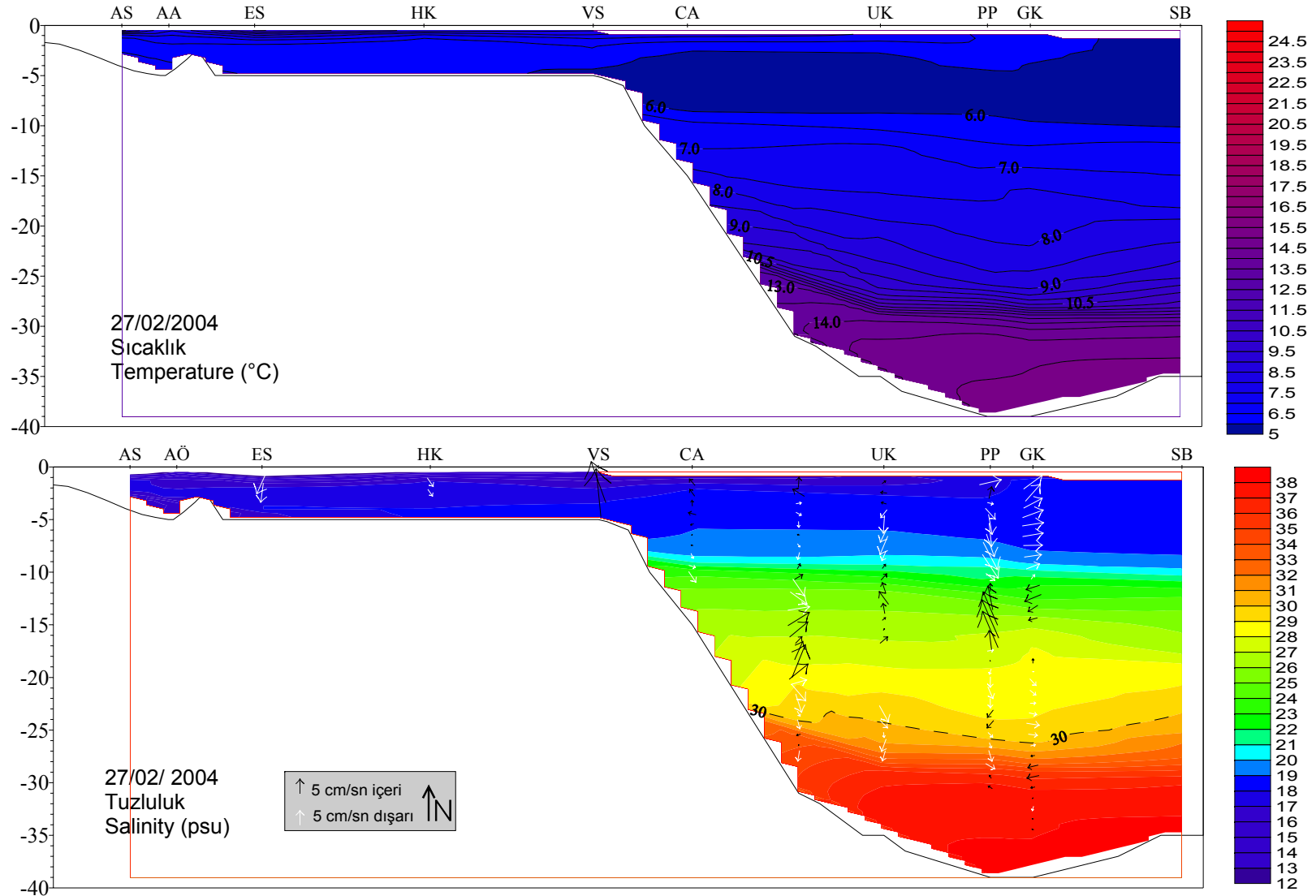
Şekil 19. Devam.



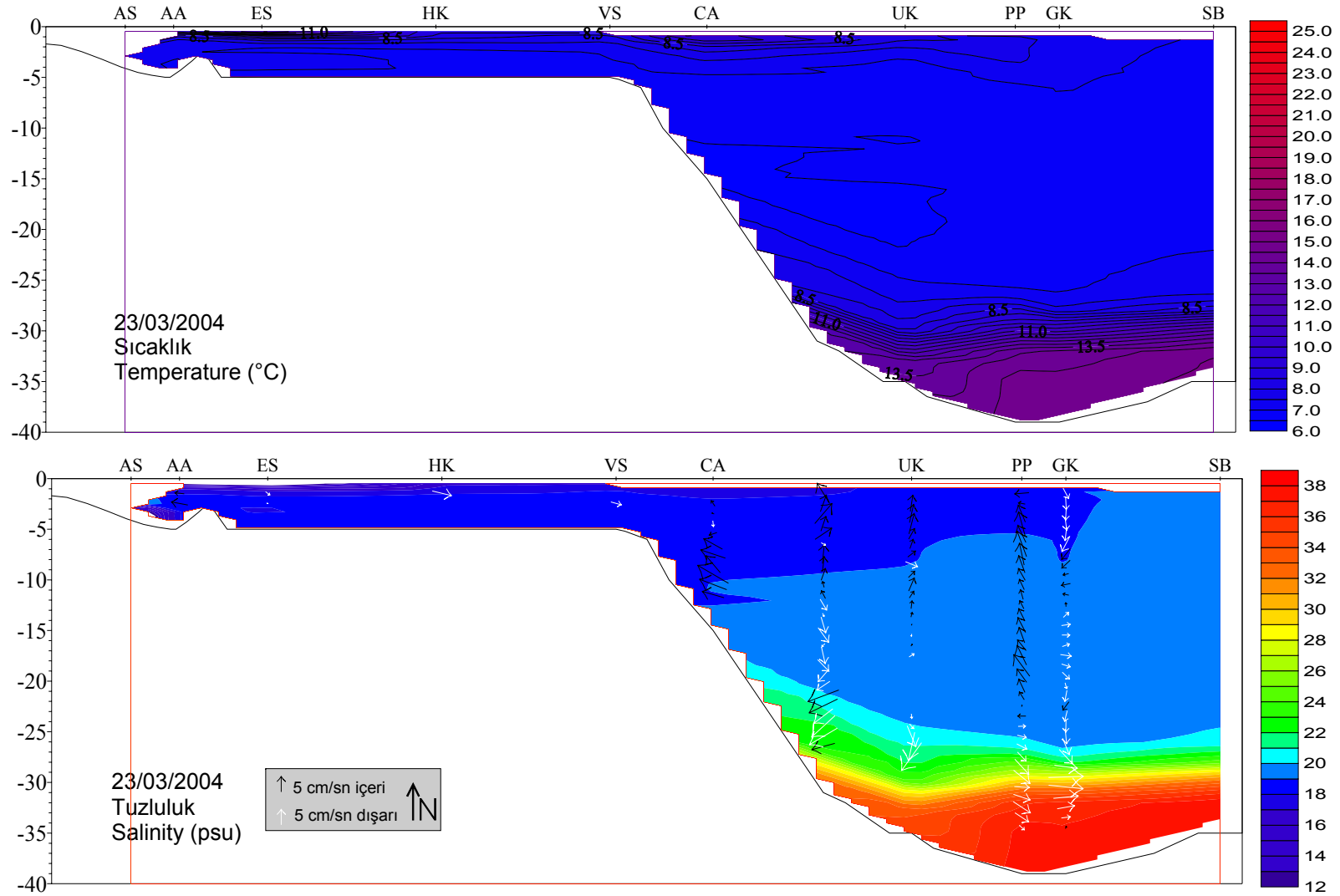
Şekil 19. Devam.



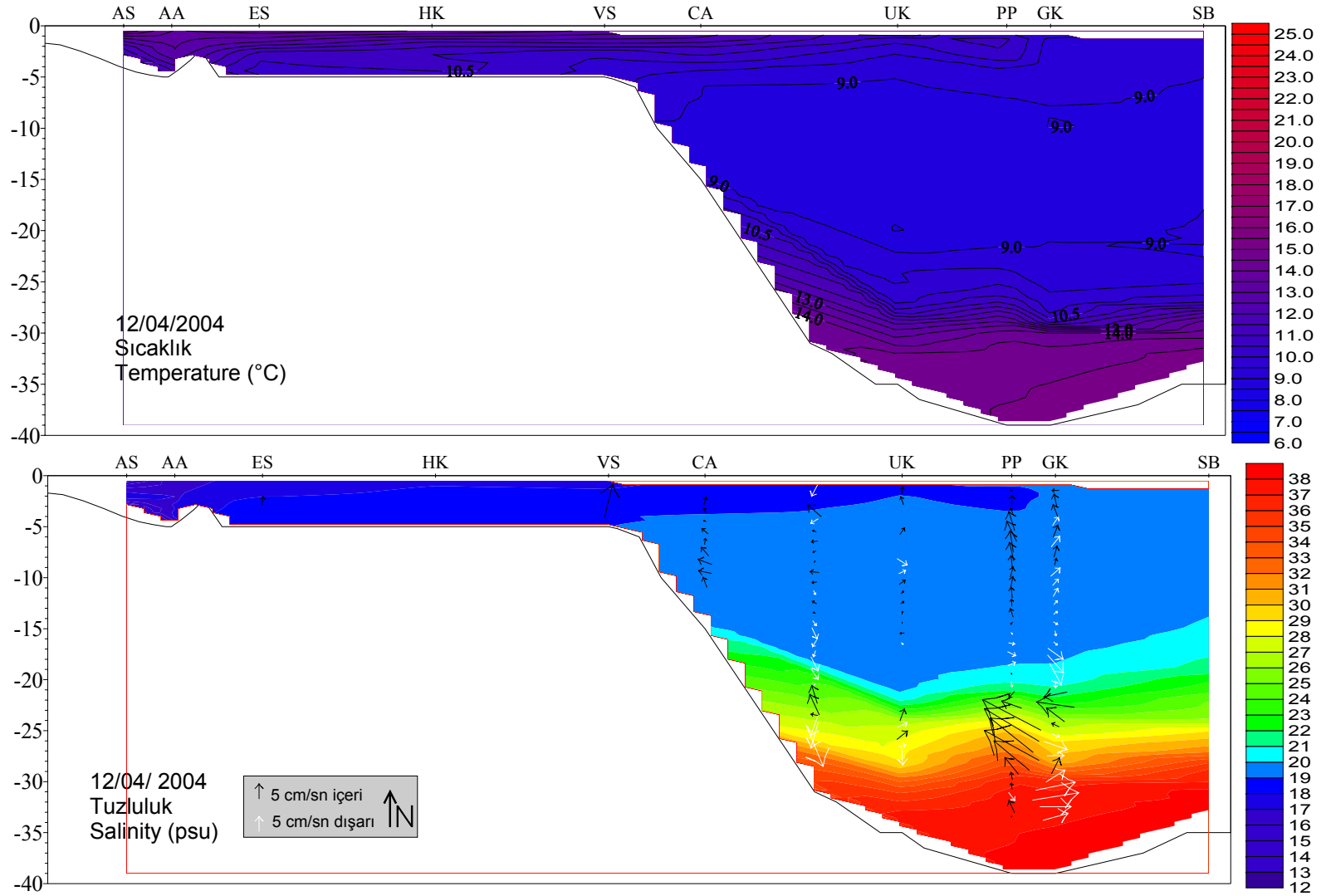
Şekil 20. Aylık tuzluluk, sıcaklık ve akıntı kesitleri



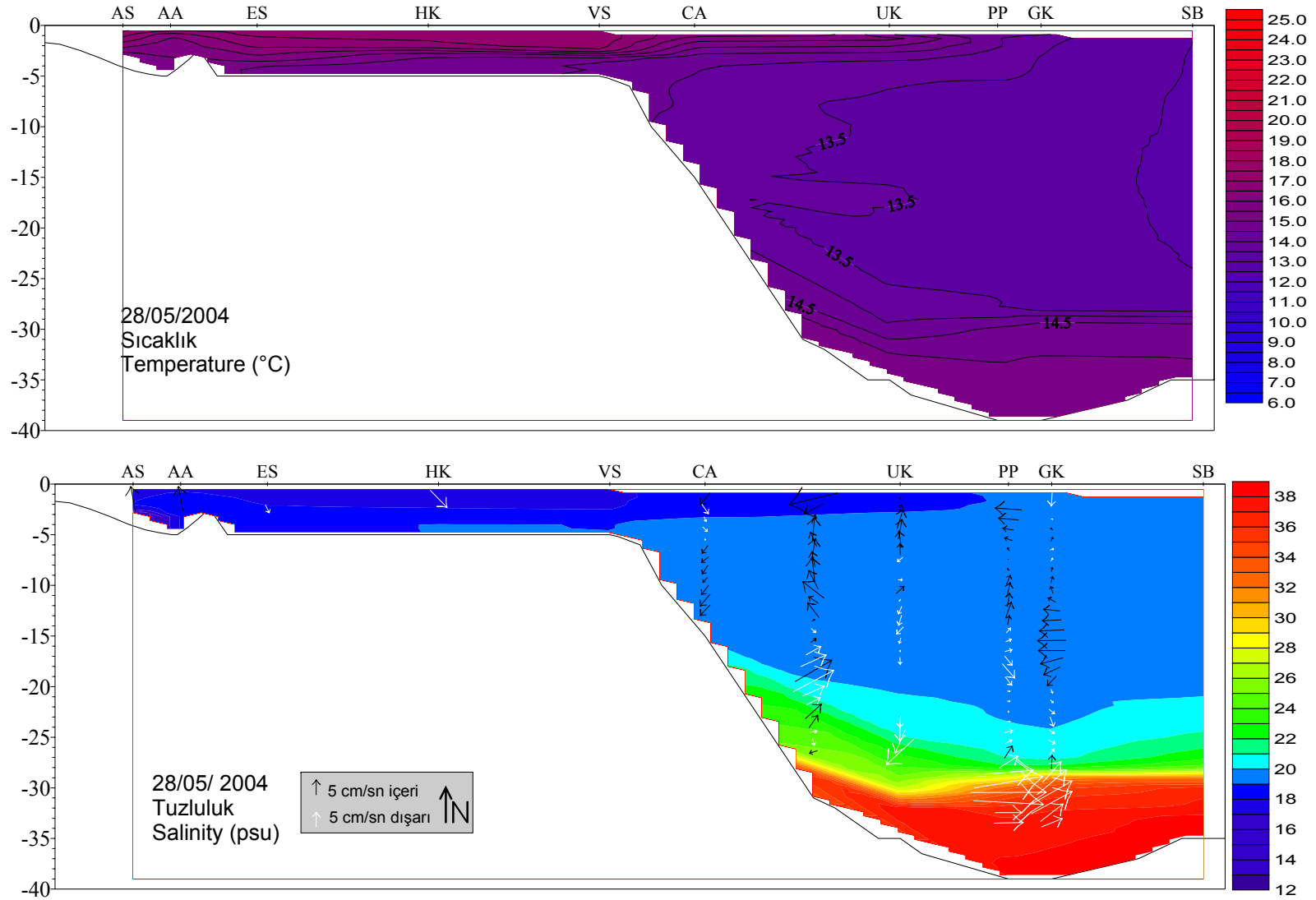
Şekil 20. Devam.



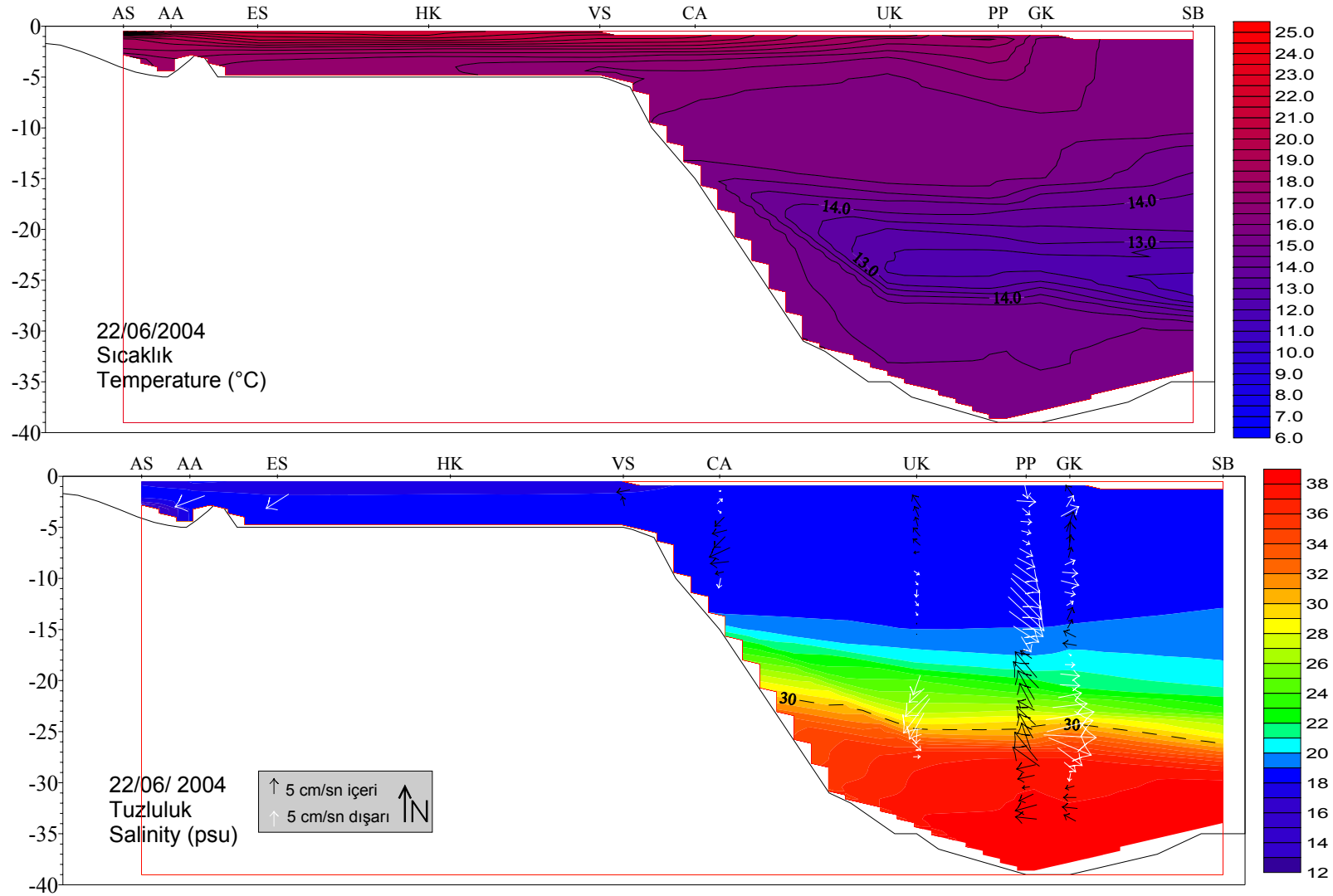
Şekil 20. Devam.

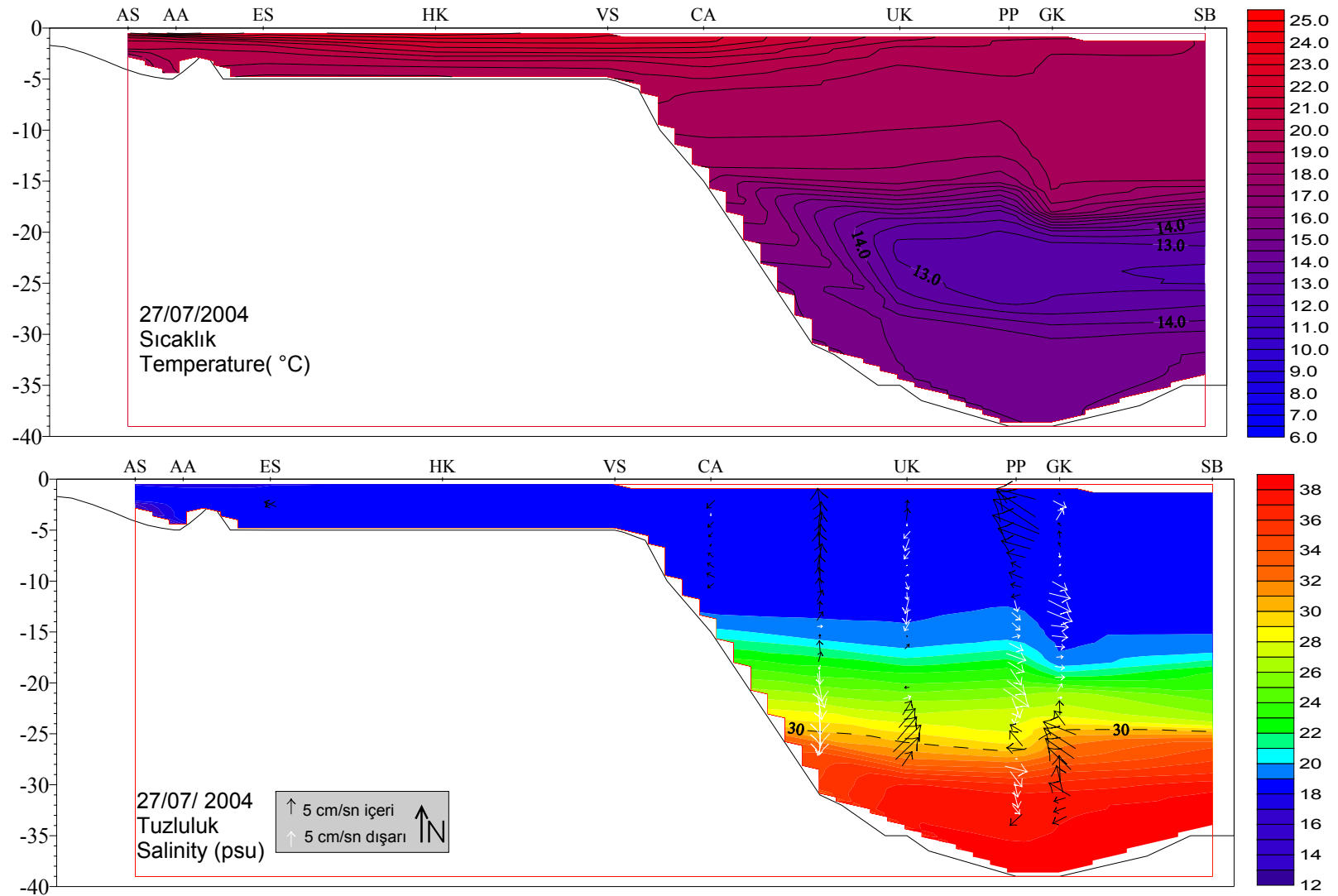


Şekil 20. Devam.

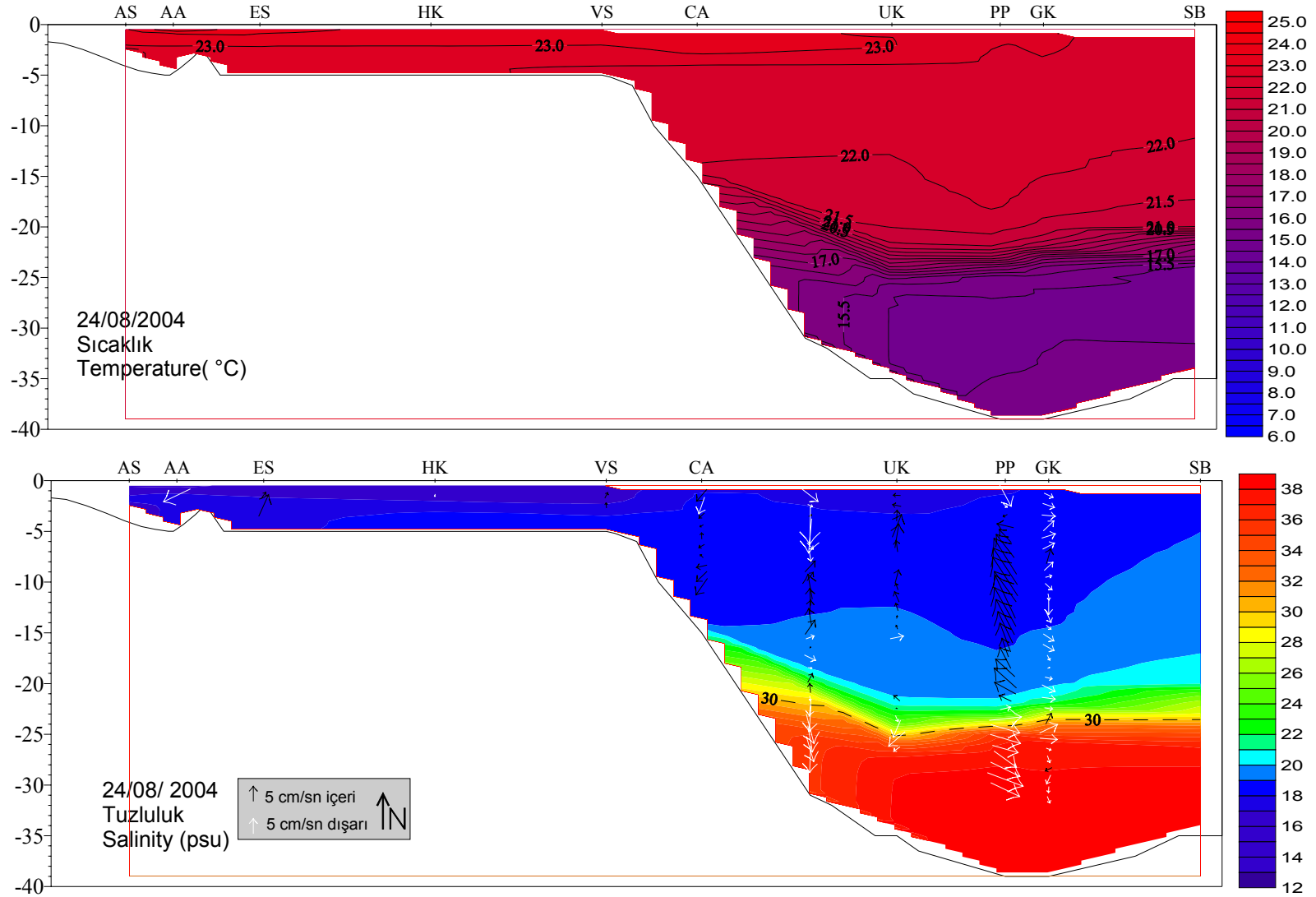


Şekil 20. Devam.

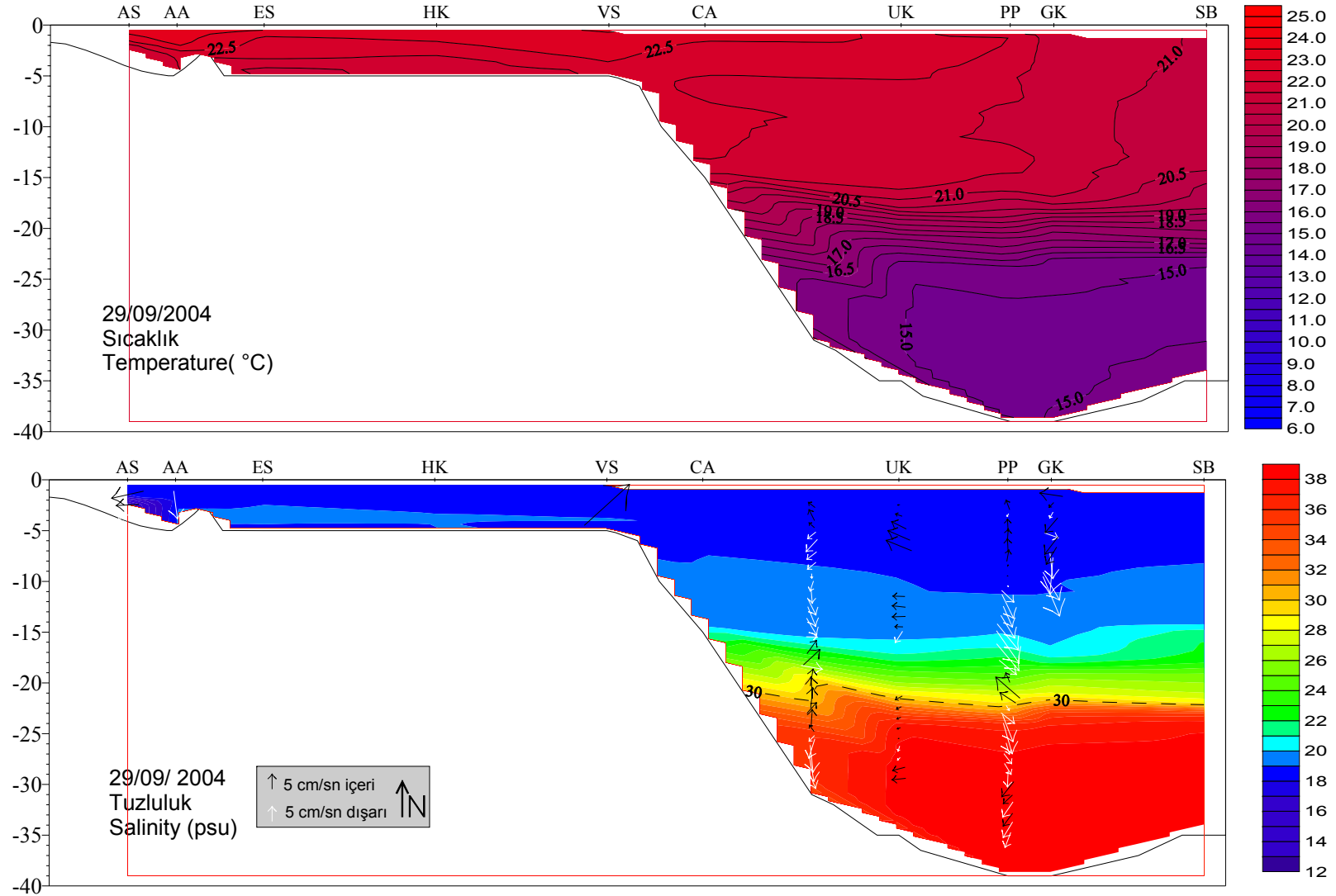




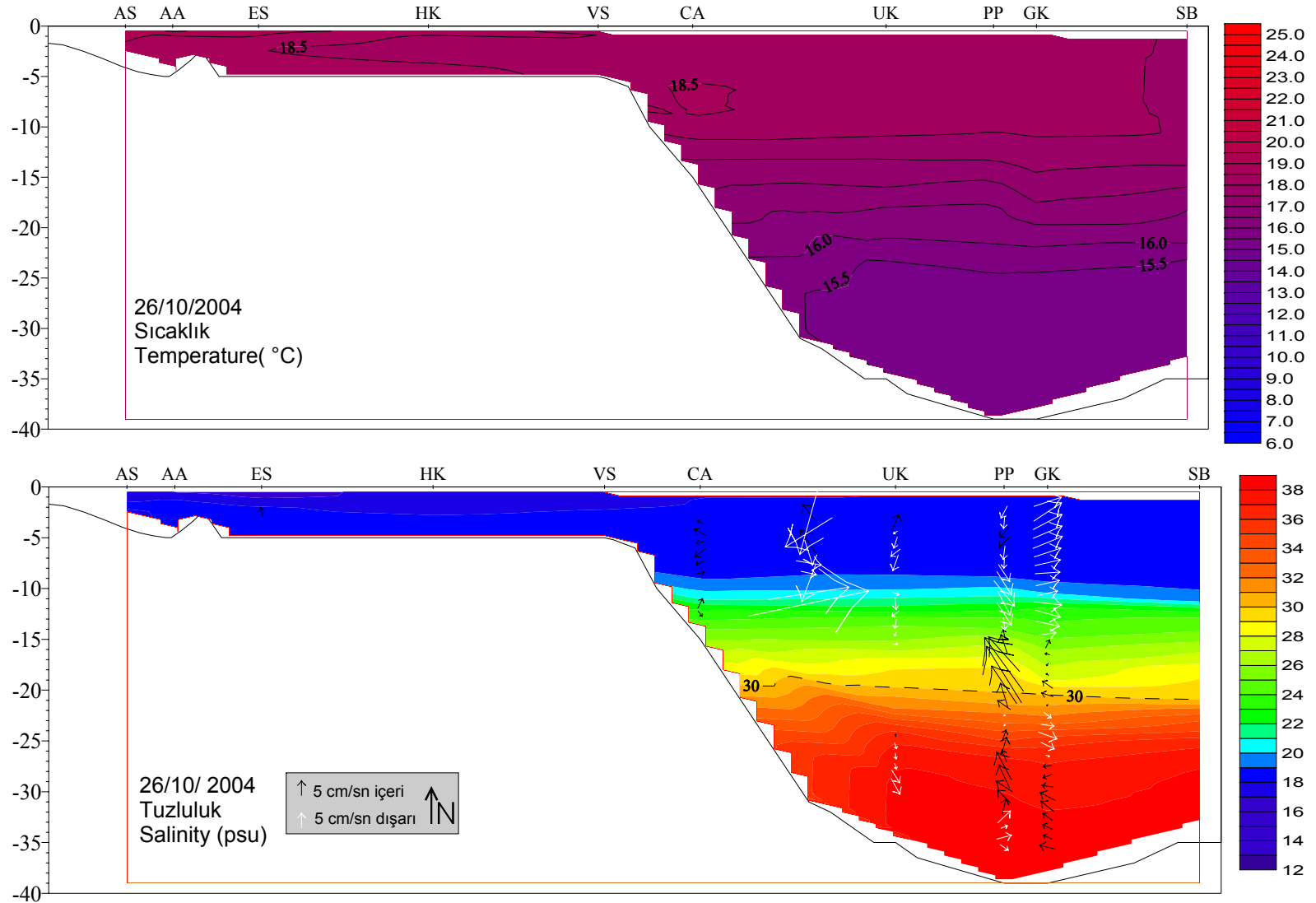
Şekil 20. Devam.



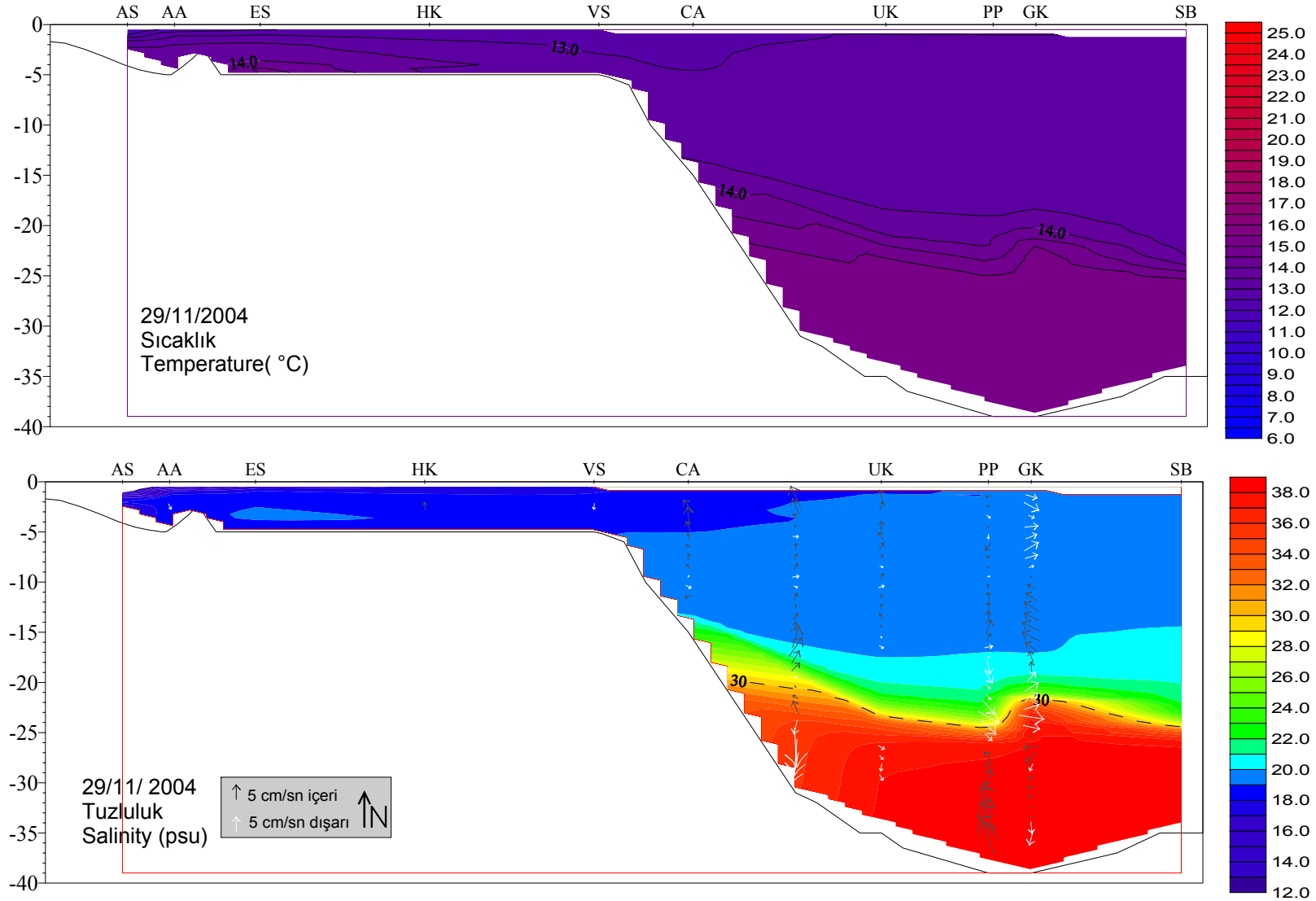
Şekil 20. Devam.



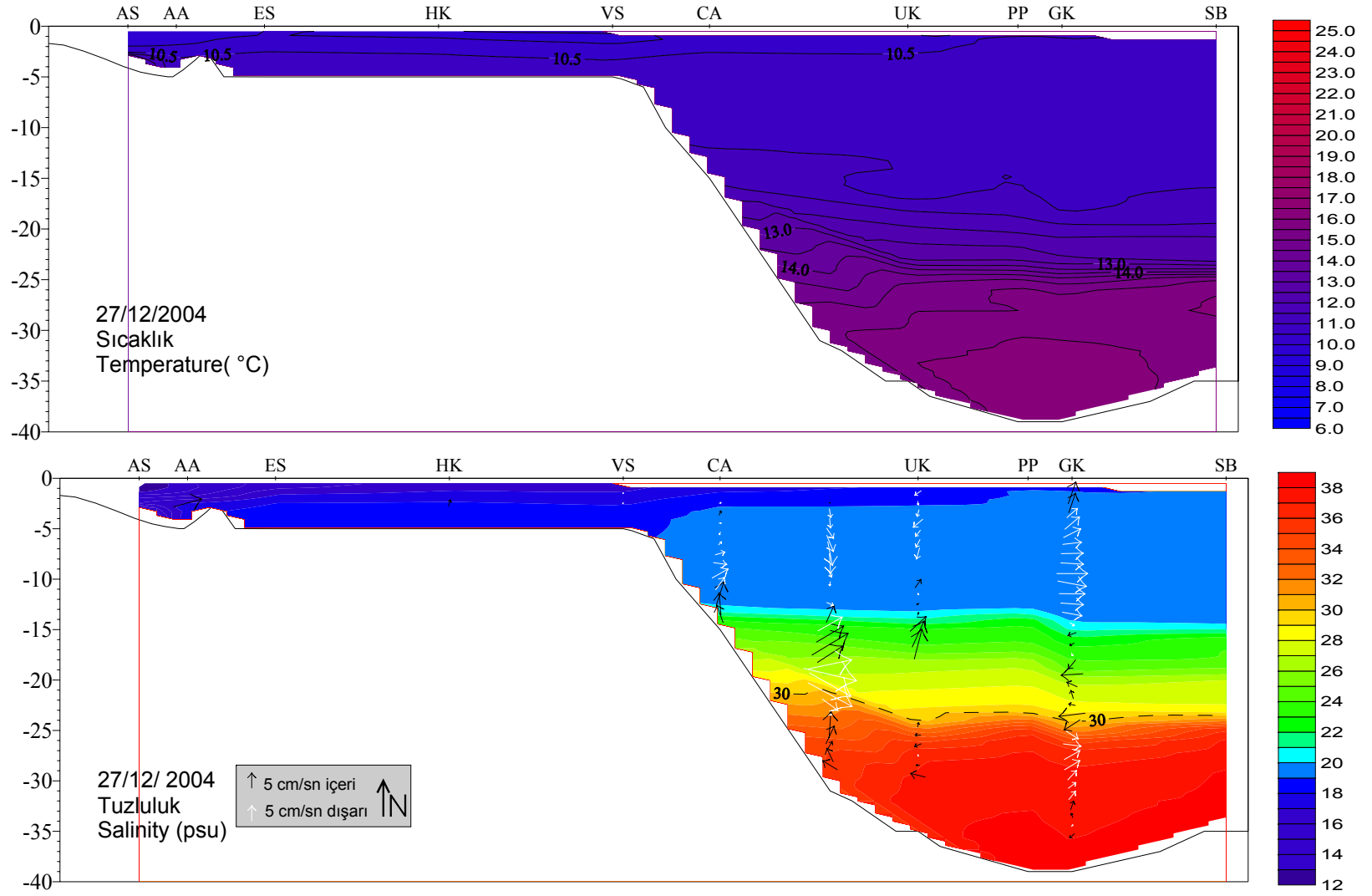
Şekil 20. Devam.



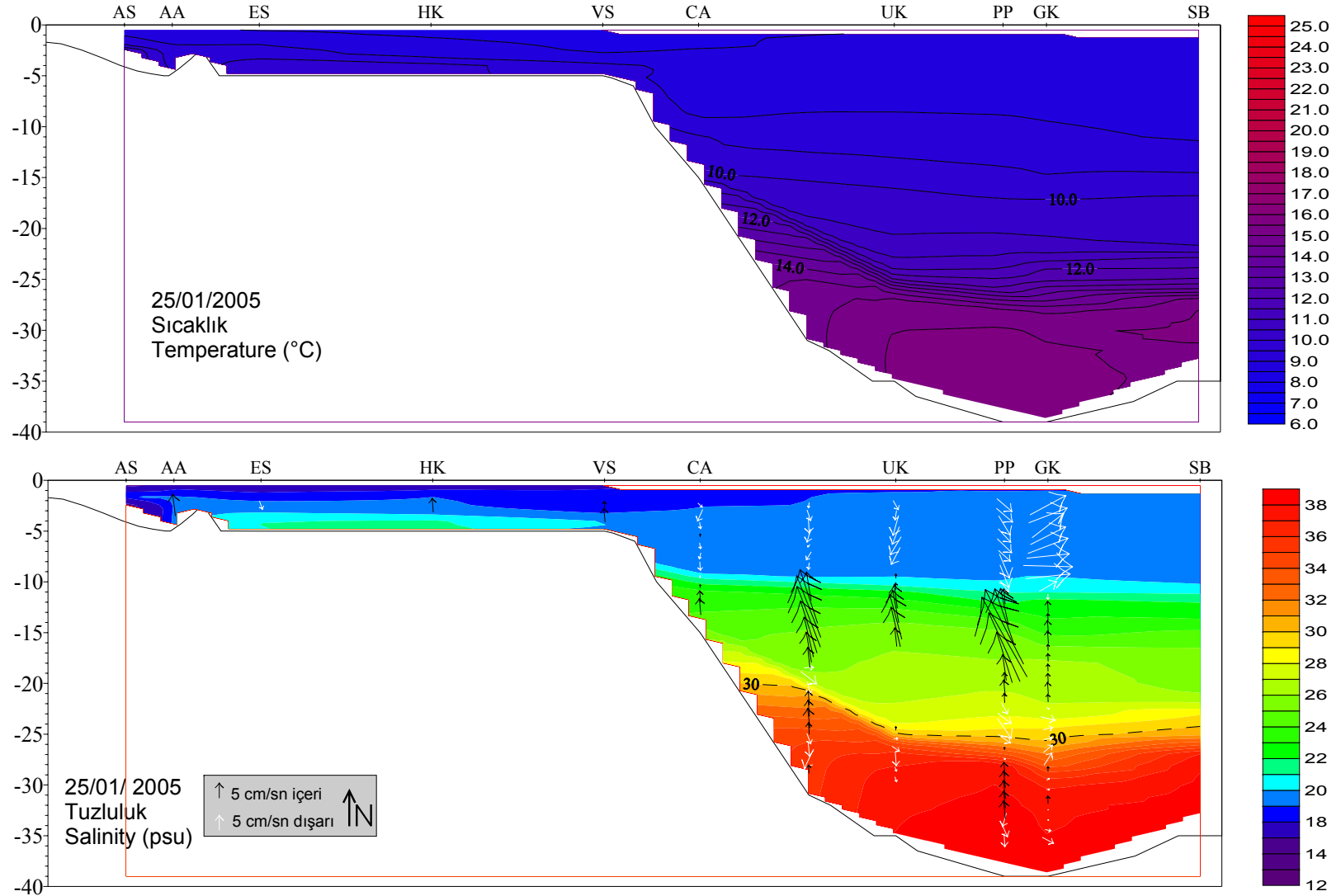
Şekil 20. Devam.



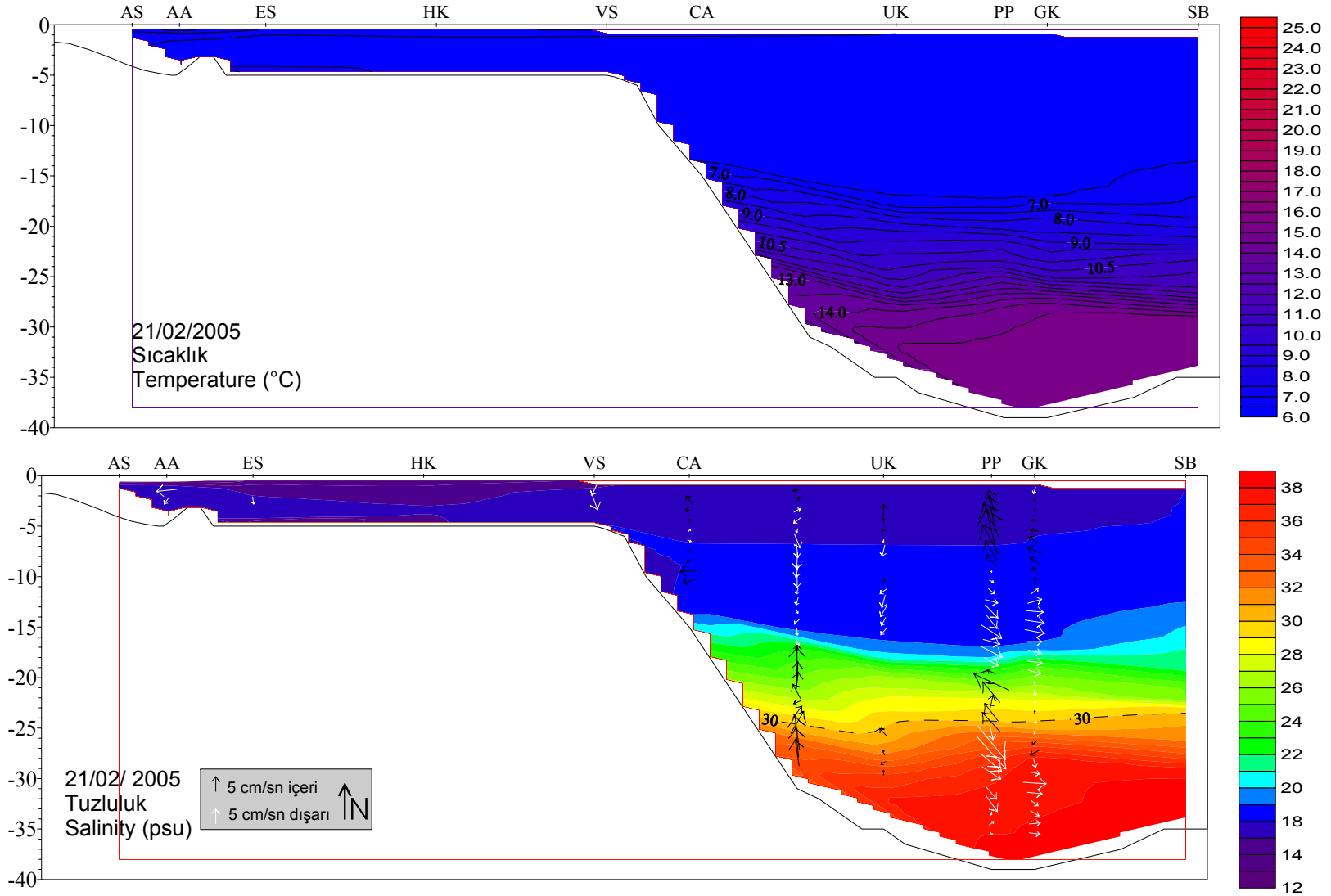
Şekil 20. Devam.



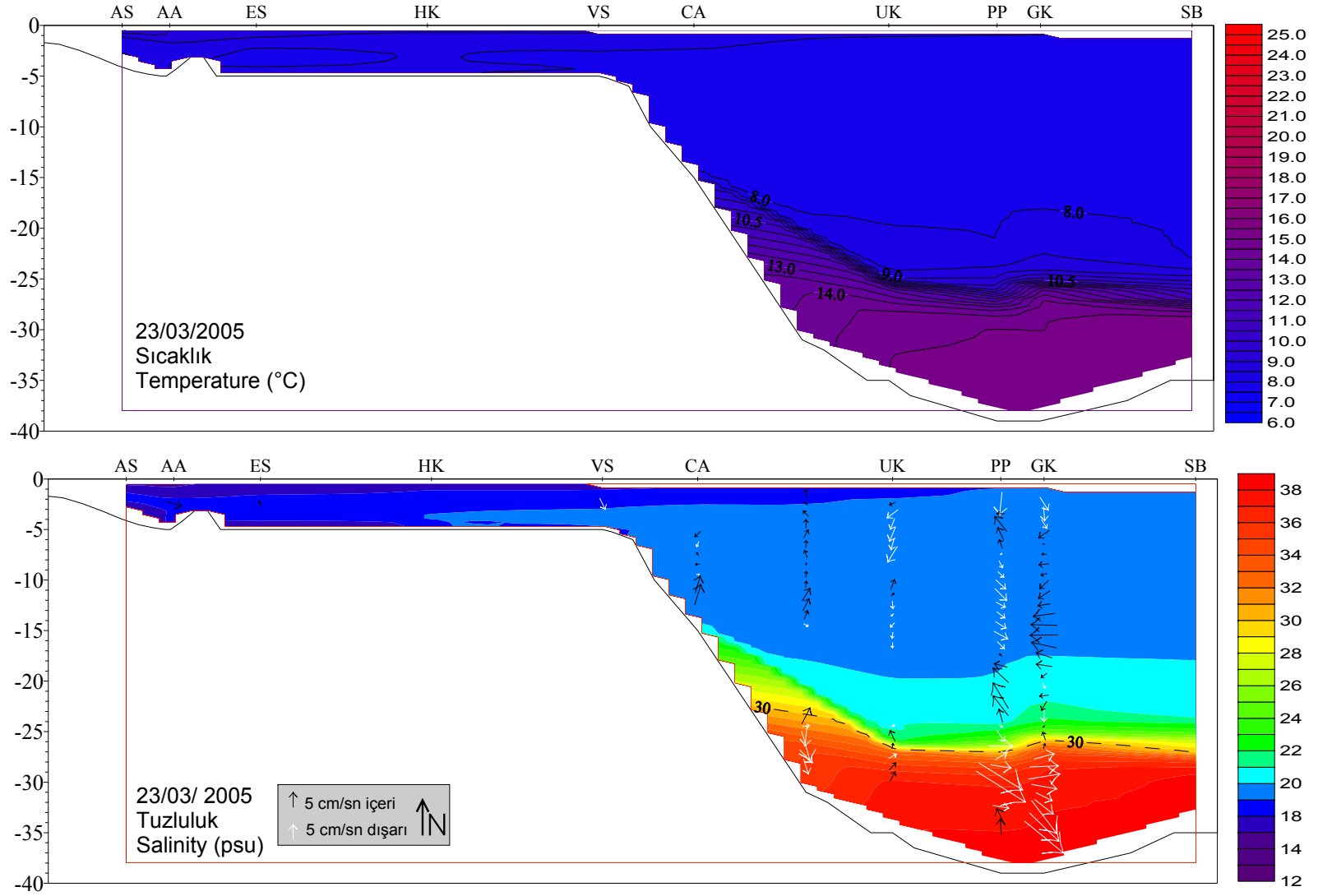
Şekil 20. Devam.



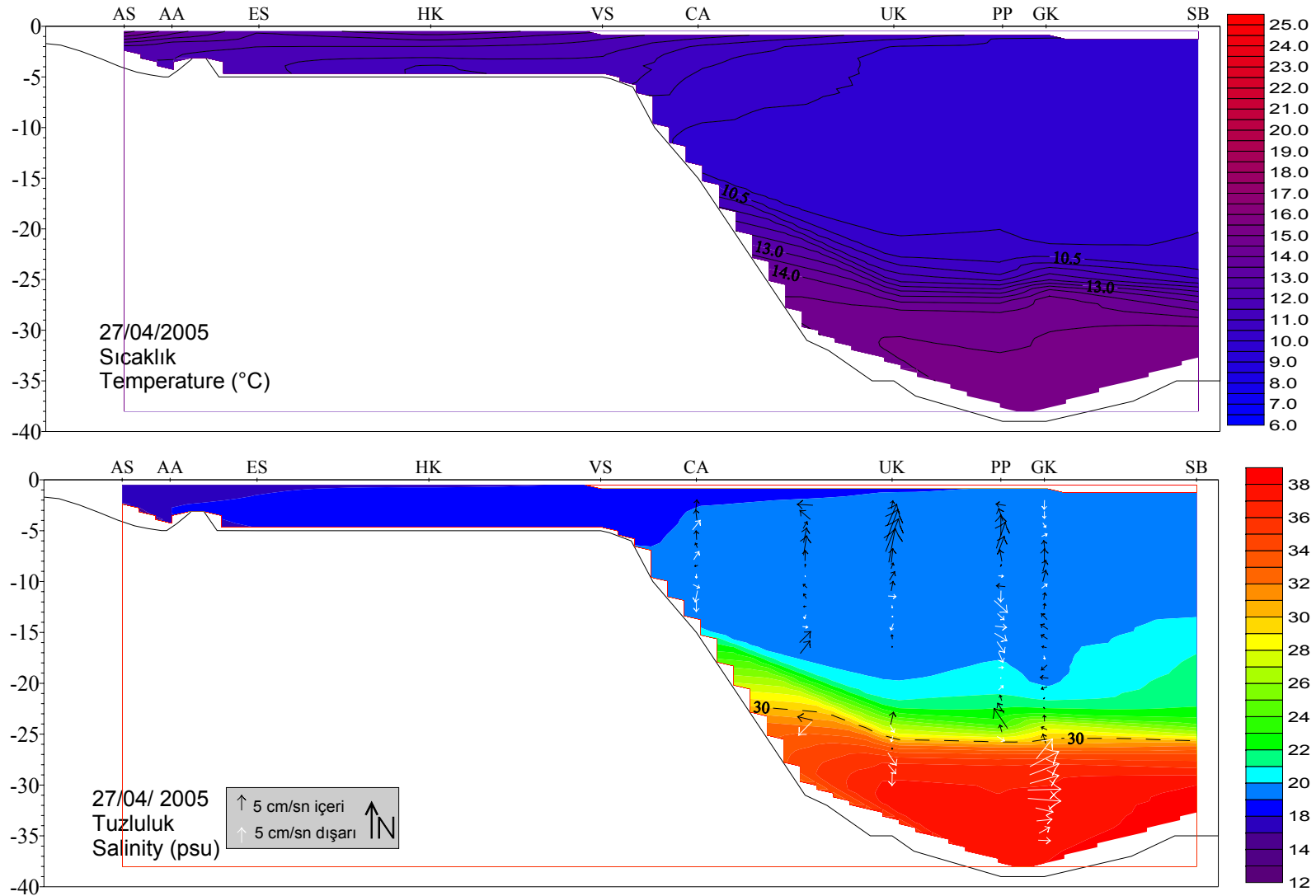
Şekil 20. Devam.

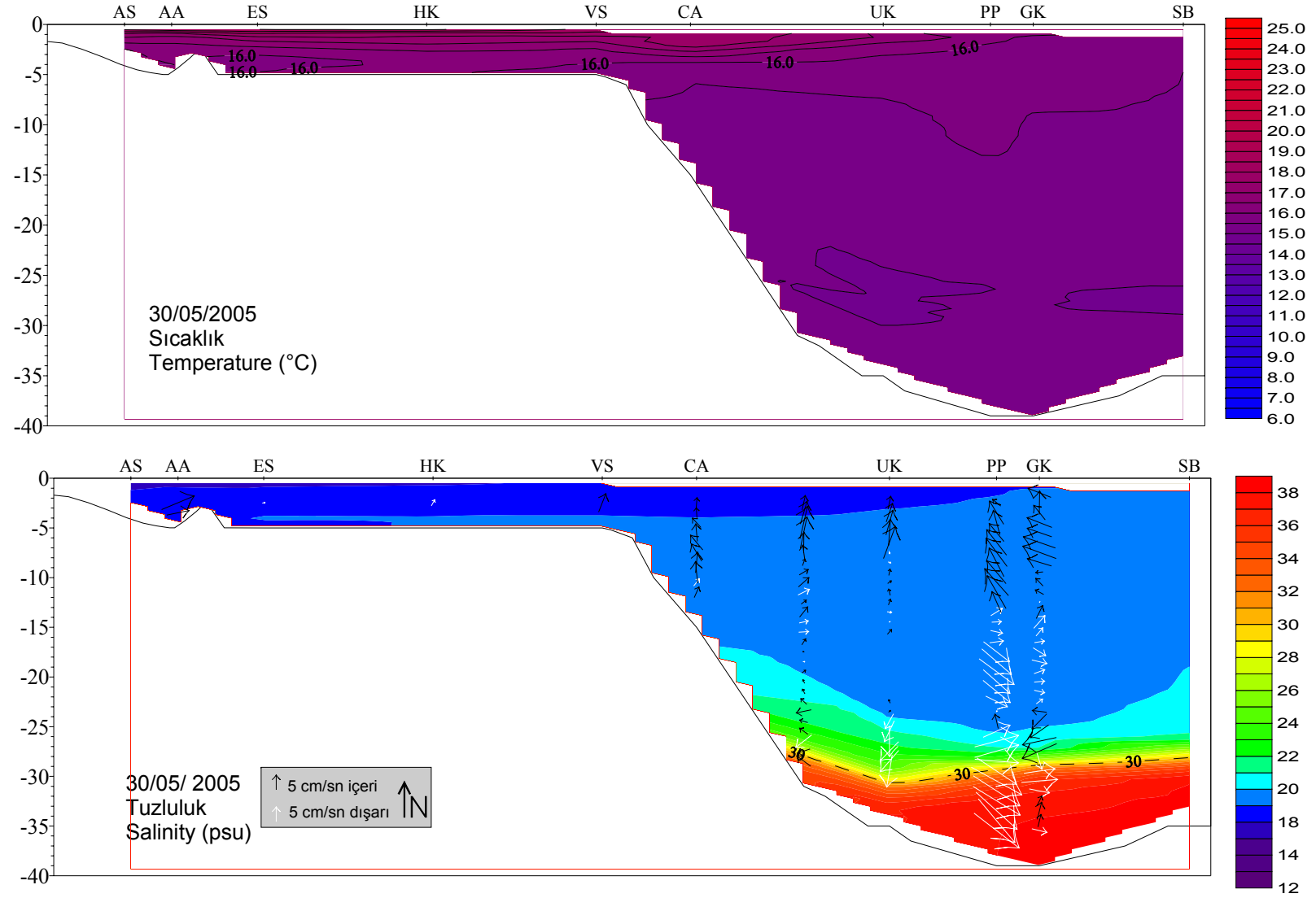


Şekil 20. Devam.

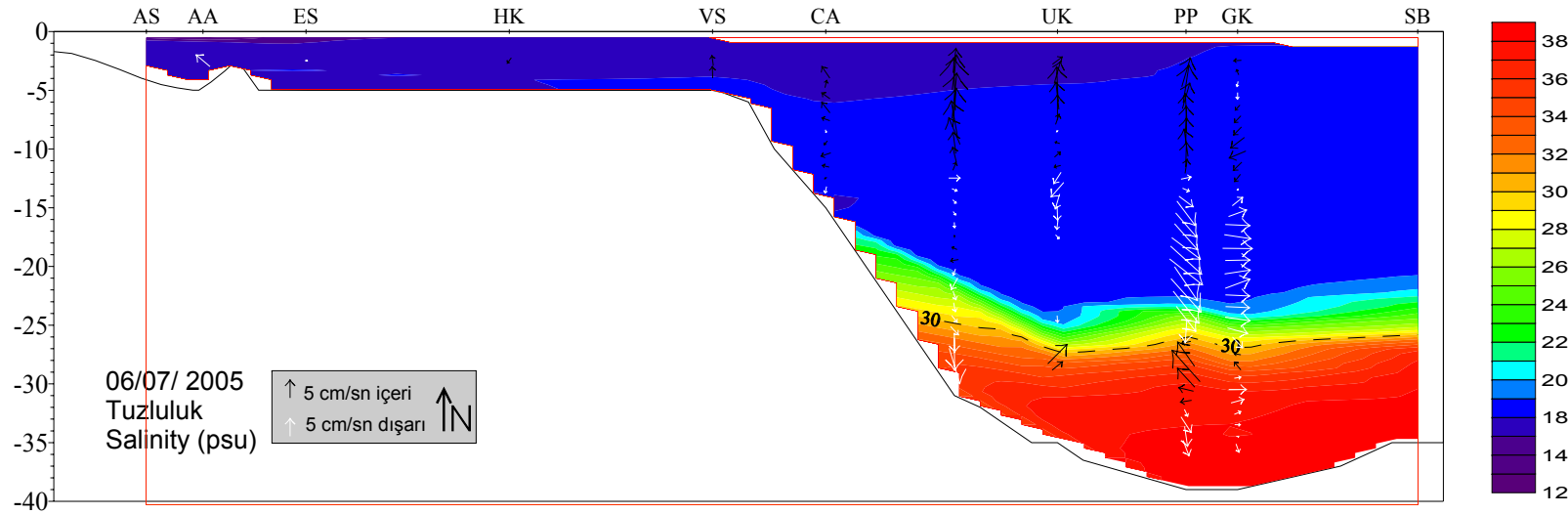
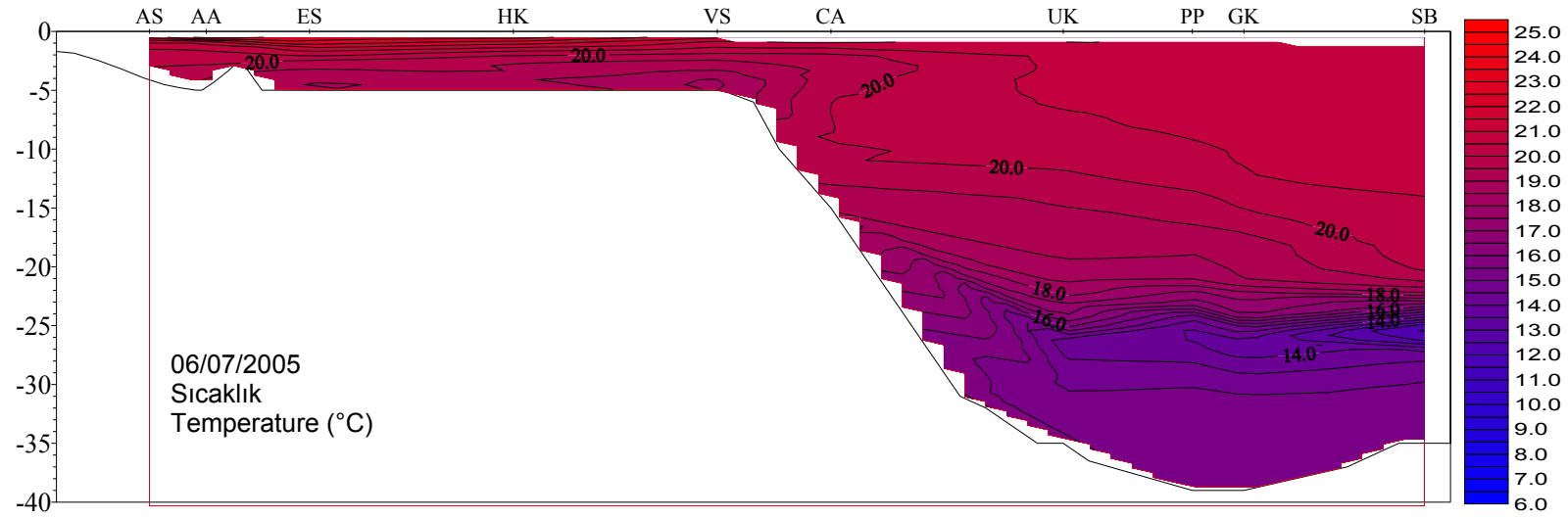


Şekil 20. Devam.

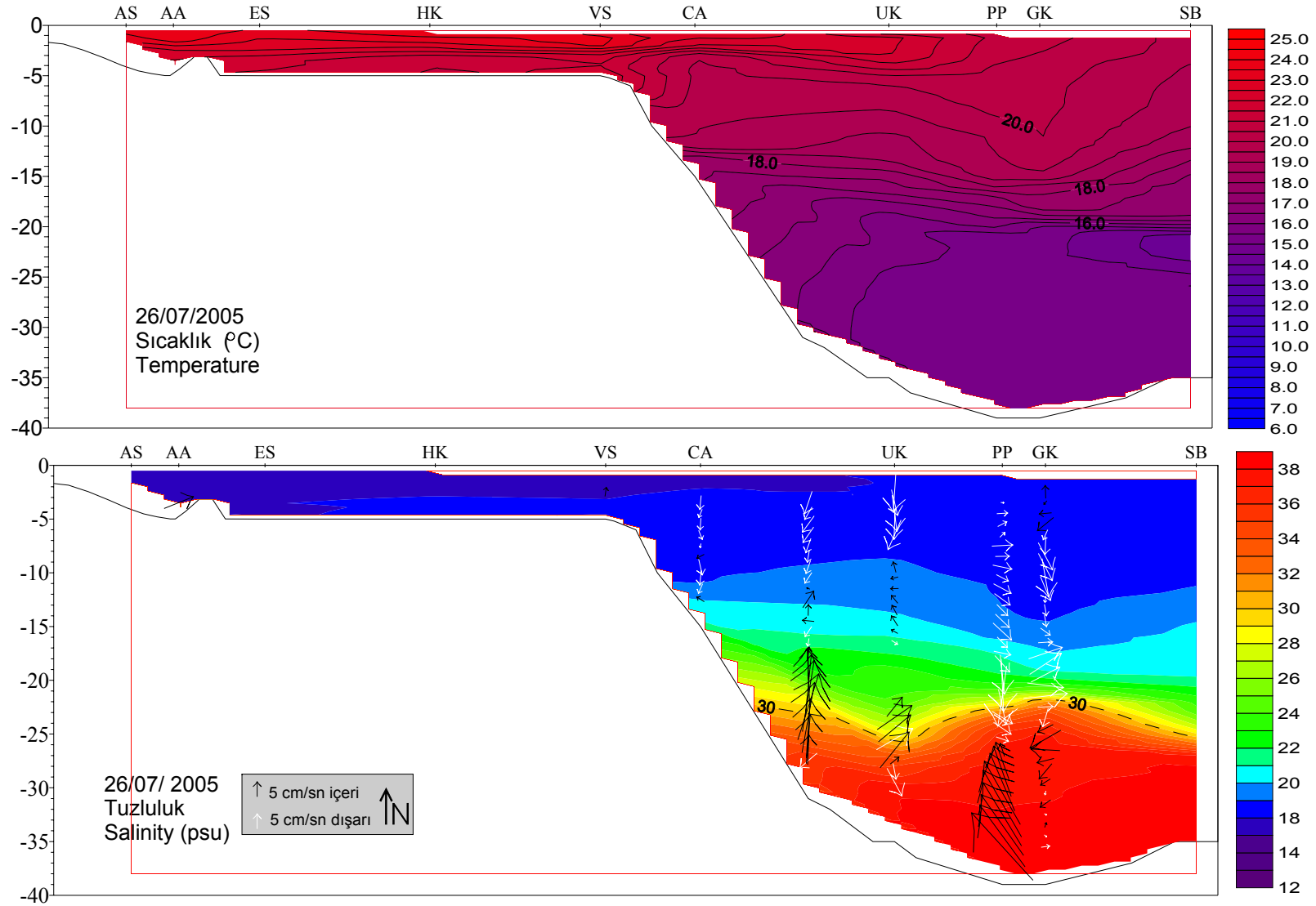




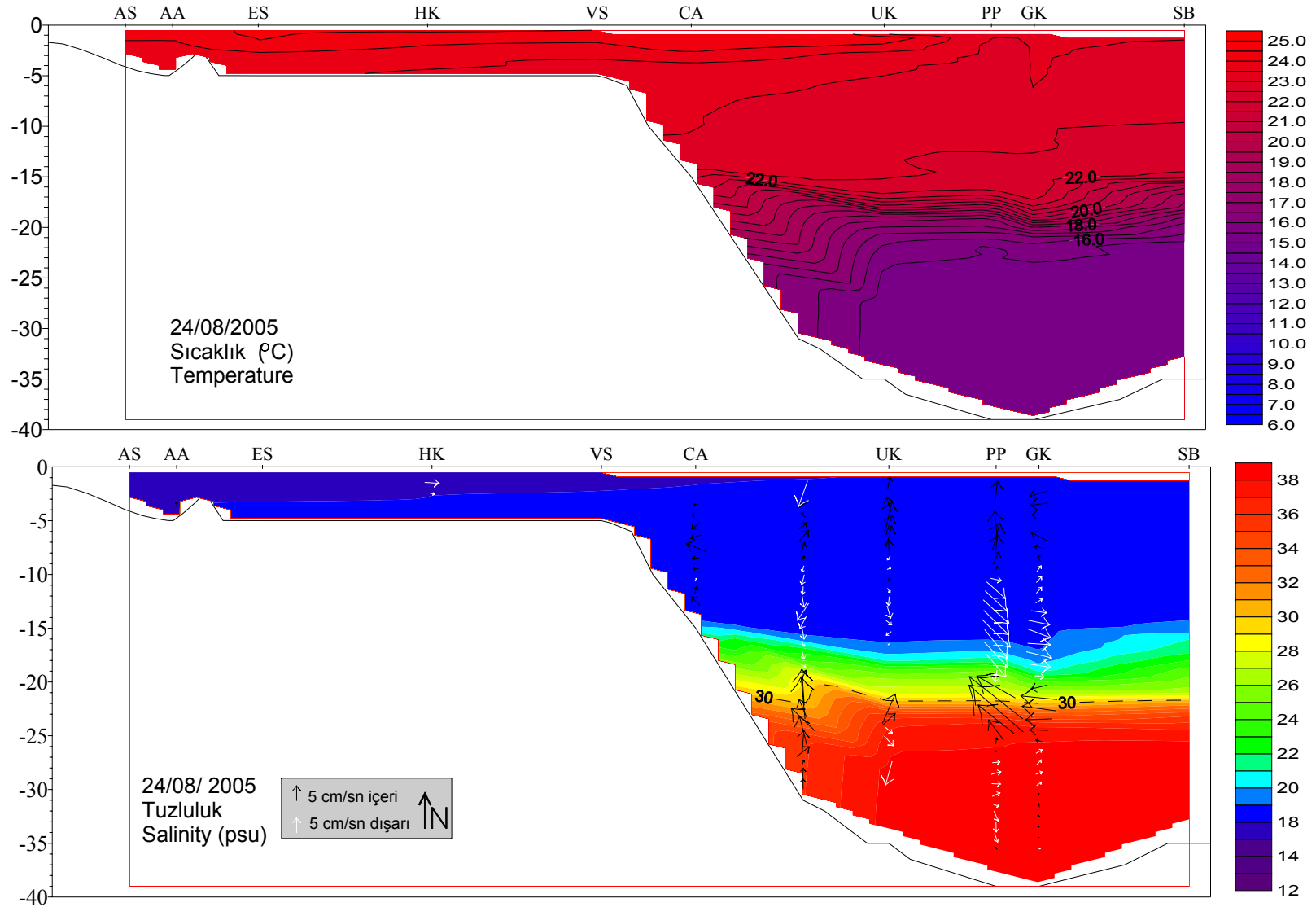
Şekil 20. Devam.



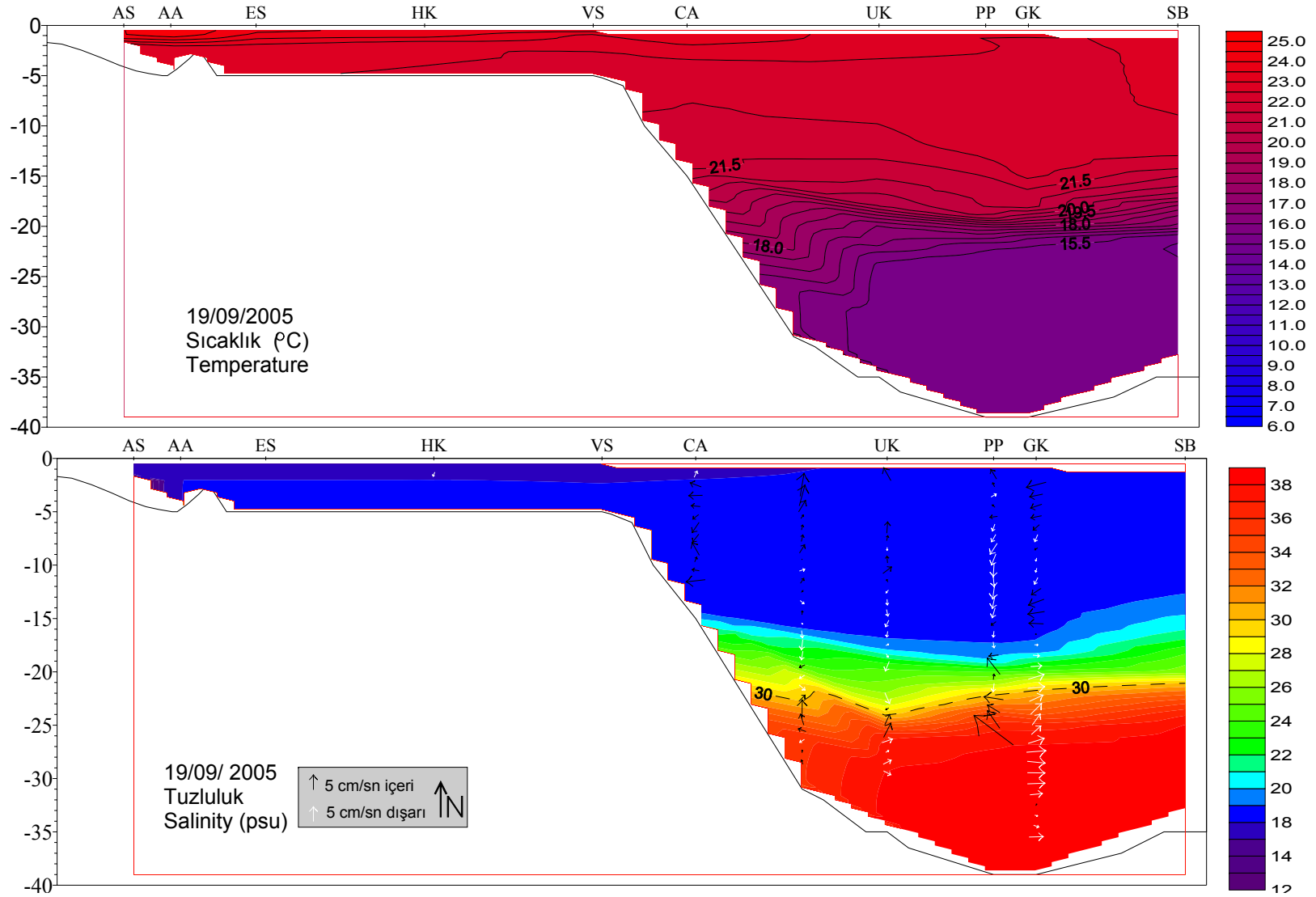
Şekil 20. Devam.



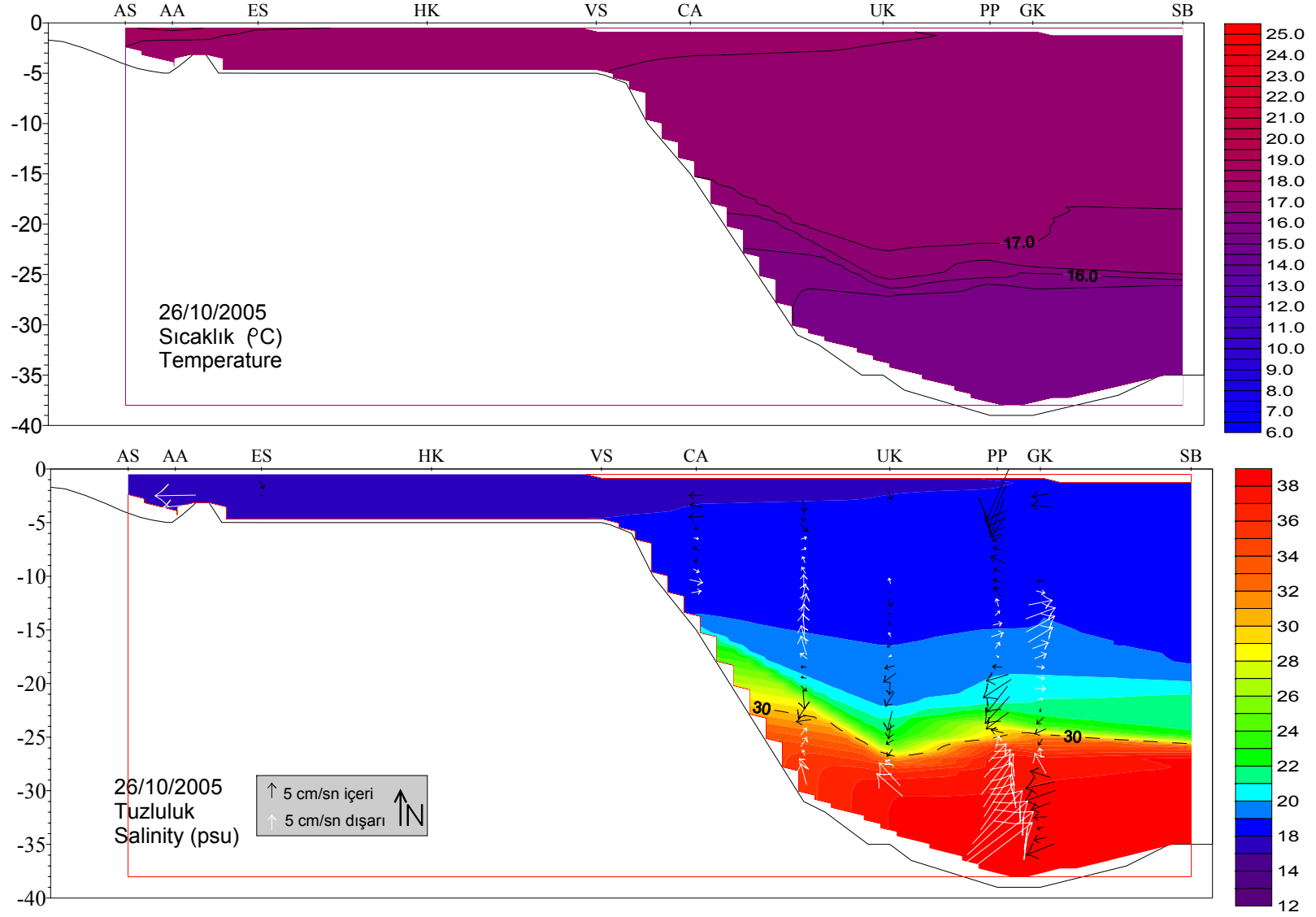
Şekil 20. Devam.



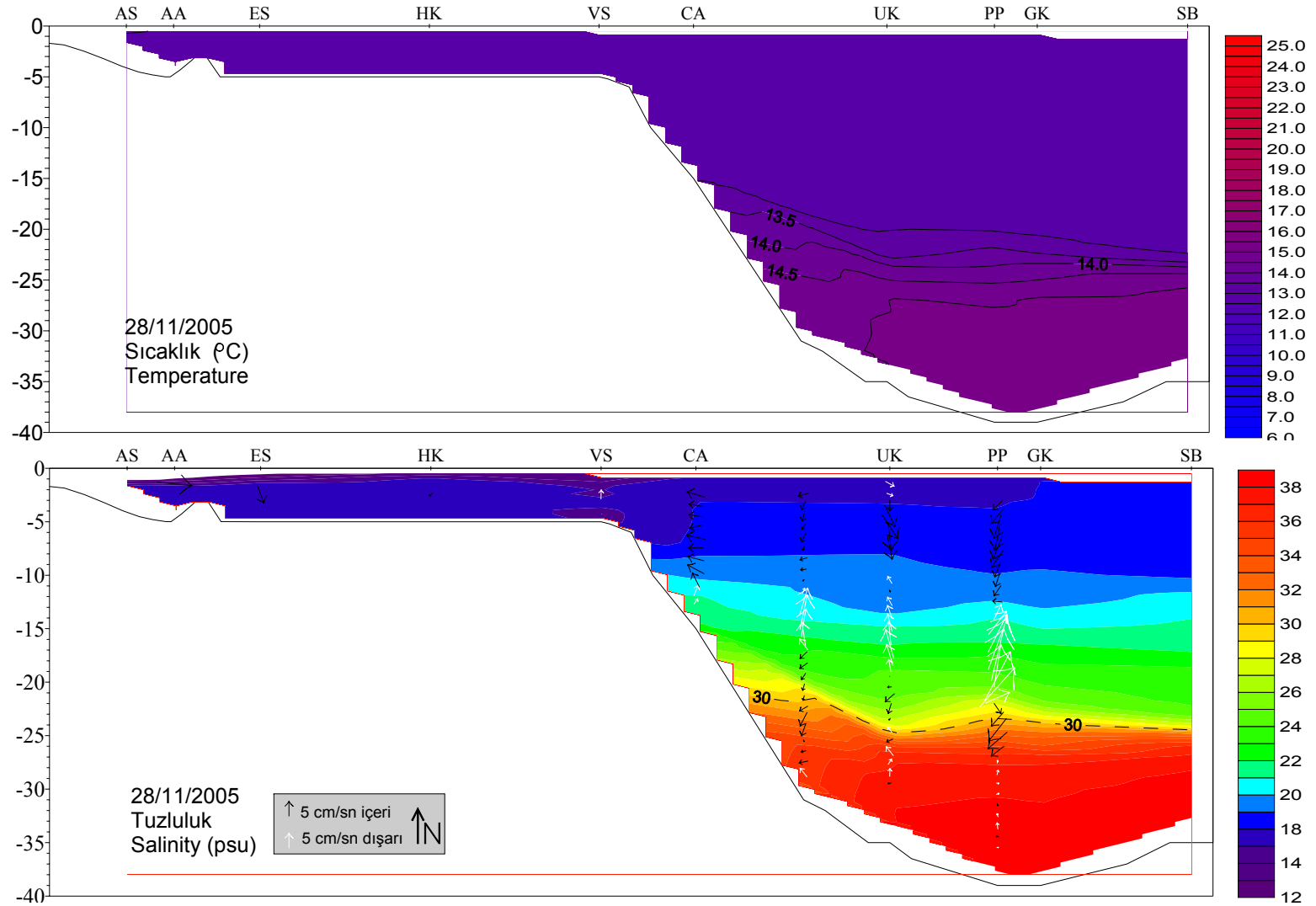
Şekil 20. Devam.

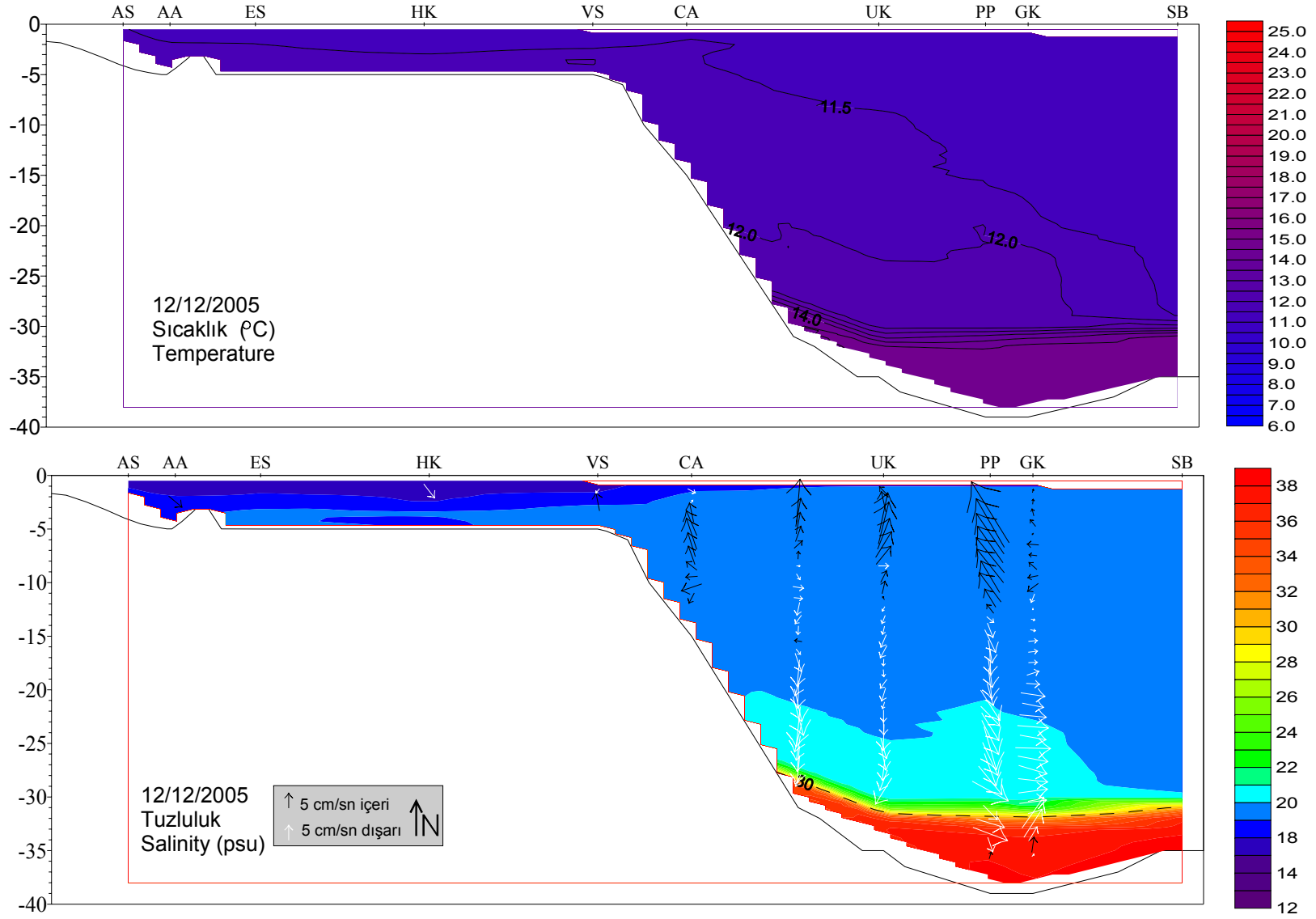


Şekil 20. Devam.



Şekil 20. Devam.





Şekil 20. Devam.

3.1.3. Haliç'in hidrodinamik özellikleri

Bu bölümde Haliç'te iki kıyı arasında çekilen dört adet akıntı ölçüm hattı değerlendirilecektir. Haliç'te bulunan akıntı tabakaları ve bu akıntıların etkilerinin ulaştığı bölgelerin tespiti için ölçülen akıntı vektörlerinin akıntı hattı normaline göre iz düşümü alınarak ayrımı kolay yapılsın diye renklendirilerek Haliç içerisine doğru giren akıntılar 330° ve kırmızı renkli dışarı yönlü akıntılar ise 150° ve mavi renkli seçilmiştir. Akıntı oklarının boyutları şekilde verilen ölçekle orantılı olup akıntı vektörlerinin akıntı hattı normaline göre iz düşümünü temsil etmektedir. Hat 1 köprü'nün tesirini minimize etmek için Galata Köprüsünden Boğaza doğru 100m uzaktan Eminönü ve Karaköy sahilleri arasından çekilmiştir. Hat 2 ise PP istasyonu hizasından iki sahil arasında çekilmiştir. Hat 3, akıntı hattı Haliç'in en geniş yeri olan Cibali ve Kasımpaşa sahilleri arasından çekilmiştir. Dördüncü hat olan Hat 4 ise CA istasyonunun az içerisinde, iç ve dış bölgeler arasındaki etkileşimi ortaya koymak için 10m konturu üzerinde iki sahil arasından çekilmiştir.

Hat 1 ve Hat 2'de akıntı tabakaları daha şiddetli ve düzenli iken, Hat 3 ve Hat 4'te düzen bozulmaktadır. Hat 3'ün en geniş en_kesit olması ve Haliç'in yarı kapalı bir sistem olmasından dolayı bu mesafeye giren su kütlesi hem engellenerek hem de süreklilik gereği geniş bölgede hızını yavaşlatarak daha düzensiz bir yapı oluşturmaktadır. Hat 4'te ise iyice içeriye sokulan üst tabaka akıntısı gerek sığlaşmanın etkisiyle gerekse Haliç'in yarı kapalı sistem olması sebebiyle hızını iyice düşürmüştür. Haliç yarı kapalı bir sistem olduğundan kanal gibi düşünmek yanlış olur. Yani bir hattan giren su kütlesi diğer hatta ulaşmadan döngü oluşturarak farklı bölgeden tekrar çıkabilmektedir. Bunun örnekleri Şekil 20'deki akıntı boy kesitlerinde de kısmen gözükmemektedir. Ayrıca Şekil 21'deki işlenmiş uydu verilerinde Boğaz yüzey suyu karakteristiği taşıyan su kütlelerinin zamana göre farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Bu üç görüntünün birisinde Boğaz yüzey suyu CA istasyonuna kadar yani dış bölgenin sonuna kadar nüfuz etmiştir. Diğerinde ise PP istasyonuna kadar yani Hat 2 hizasına kadar, üçüncü görüntüde ise yüzey suyunun SB istasyonuna kadar ancak etkili olduğu görülmüştür. Yaptığım akıntı ölçümleri de bu görüntülerden çıkan profili destekler mahiyettedir. Dolayısıyla “çoğu zaman Boğaz jetinin Sarayburnu'na çarparak yüzeyden

Eminönü sahilini takip edip sonrasında döngü oluşturarak Karaköy sahilinden dışarı çıkmaktadır” hipotezi² zaman zaman geçerli gözükmektedir.

2004 yılının Ocak ayında Hat 1’de ara tabakadaki su girişi hattın Eminönü tarafındaki ilk yarısında 12m ile 26m’ler arasında gözükmektedir. Akıntının içeri yönlü bileşen hızı 40cm/sn’ye ulaşmaktadır. Hat 2’de içeri giren bu su külesinin hattın başından sonuna kadar yayıldığı görülmektedir. Hat 3’te ise Hat 1’de gözüken ve Hat 2’de yavaşlayan dışarı yönlü dip akıntısı kaybolmuştur. Hat 4’te akıntı hızları iyice yavaşlamıştır ve düzenli yapısı bozulmuştur (Şekil 22).

Mart ayında Hat 1’de 10 ile 28m’ler arasından hattın orta bölümünde yoğunlaşan hızı 20cm/sn civarında içeri yönlü akıntı dikkati çekmektedir. Çanak yapısının orta bölümünde yaklaşık 8m kalınlığında dışarı doğru bir akıntı gözükmektedir. Yüzeyde gene haliç dışına doğru ince bir akıntı tabakası gözlemlenmiştir. Hat 2’de akıntı şiddeti biraz yavaşlayarak benzer yapı korunmuştur (Şekil 22).

Mayıs ayında, Hat 1 de Eminönü sahilinden 100m açığa kadar, ilk 16m’de ortalama 15 m/sn hızla içeriye giren bir su külesi mevcuttur. Hattın 170. metresinden sonra, dip üstünde 10m kalınlığında bir su külesi Haliç dışına çıkmaktadır. Hat 2’de ise, Hat 1’de gözüken içeri yönlü üst tabaka akıntısı tüm hat boyunca yayılarak içeri yönlü 20m kalınlığında bir akıntı tabakası oluşturmuştur. Alt tabakada 7m kalınlığına bir su külesi Haliç’i terk etmektedir (Şekil 22).

22 Haziran günü yapılan seferde, üst tabakada gene Eminönü tarafından kuvvetlice (25cm/sn’ye ulaşan bir hızla) içeriye giren, 10m kalınlığında bir su tabakasının varlığı, Hat 2’de gözükmektedir. Hattın Karaköy yakasına doğru bu üst tabaka akıntısının hızı ve kalınlığı azalmıştır. Hemen altında Haliç’i terk eden daha zayıf bir akıntı mevcuttur. Hat boyunca dipte, 10m kalınlığında Haliç içine doğru yoğun su girişi gözlemlenmiştir. Üçüncü hat olan Hat 3’te ise akıntı hızları zayıflamış aynı zamanda daha içerilere giremeyip geri dönen su külelerinin katkısıyla, beş ayrı ince tabaka akıntı sistemini oluşturmuştur. Hat 4’te ise iç

2

bölgelere, bir su girişinin varlığı, aynı zamanda su seviyesi verileriyle de örtüşmektedir (Şekil 22). Su seviyesi grafiğindeki pozitif gradyan Haliç'e su girişini göstermektedir (Şekil 23).

Ağustos ayında Hat 3'de içeri doğru kuvvetli, hat boyunca varlığını korumuş bir akıntı gözükmektedir. Dip askıda katıda madde sonuçları incelendiğinde, UK istasyonundaki dip AKM değerlerindeki düşüş (45 mg/l), bu akıntının dipteki AKM'yi iç taraflara taşıdığına bir göstergesidir (Sur v.d., 2005) (Şekil 22).

Bir sonraki ay olan Eylül'de Hat 2'de üst ve alt tabakalardan yoğun su girişi gözlemlenirken, 10-20m'ler arasından Haliç'i terk eden su kütlelerine ölçülmüştür. Hat 3'ün dip akıntısı tam ters olup, içeriden dışarıya doğrudur. Bu durum, bu ayda AKM'nin UK istasyonu dip suyunda yükselmesine sebep olan bir etkidir (Sur v.d., 2005) (Şekil 22).

Ekim ayında, bir evvelki ayın zıttı bir durum söz konusu olup, 12-20m'ler arasından Haliç'e su girerken, alt ve üst tabakalardan Haliç dışına doğru akıntının varlığı Hat 2'de net bir şekilde görülmektedir. Hat 1'de ise Sarayburnuna çarparak Eminönü tarafından içeri giren üst tabaka akıntısı gözükmektedir (Şekil 22).

Aralık ayında Hat 1 ve Hat 2'de benzer profil gözükmektedir. Üst ve alt tabakalardan, Hat 1'de 20cm/sn'ye ulaşan, Hat 2'de ise 15 cm /sn'lik yaklaşık bir hızla dışarıya doğru gözüken akıntılar mevcuttur. Bu iki tabaka arasından içeri yönlü net bir akıntı girişi gözlemlenmiştir. Hat 2'de, ince ve içeri yönlü ters bir dip akıntısı gözükmektedir (Şekil 22).

2005 senesinin Ocak ayında Hat 2'de beş tabakalı bir akıntı sistemi gözükmektedir. İlk 10m'de Haliç dışına çıkan bir akıntı ve bunun hemen altında, 10 ila 20m'ler arasından içeriye giren akıntı tabakaları gözlemlenmiştir. Bu tabakaların altında sırasıyla 5m ve 2'şer m kalınlığında üç ayrı akıntı tabakası dışarıya, içeriye ve dipte tekrar dışarıya doğru gözükmektedir (Şekil 22). Bu yapı net bir şekilde akıntı boy kesitlerinde de gözükmektedir (Şekil 19) Bu durum Haliç'in Hidrodinamik yapısının ne kadar karmaşık ve zaman zaman modellenmesinin oldukça zor olduğunun göstergesidir. Hat 4'te tüm hat boyunca içeriye doğru gözüken akıntı durumu, o zamanda ölçülmüş artmakta olan su seviyesi verileriyle de örtüşmektedir (Şekil 23).

Şubat ayında Hat 1 ve Hat 2’de gözlemlenmiş karmaşık bir akıntı yapısı vardır. Her iki hatta da dışarıya doğru ince bir yüzey akıntısı mevcuttur. Bu akıntının sebebi, bu ayda yağın yoğun yağışa bağlı olarak, Haliç’e giren bol miktardaki tatlı suyun, yüzeyden halici terk etmesidir. Bu durumu tuzluluk profilleri de desteklemektedir (Şekil 20). Yüzey akıntısının hemen altında, Karaköy tarafında, Hat 2’de zayıflamış, içeriye giren bir akıntı gözükmektedir. Bu tabakanın altında gene halici terk eden bir su kütlesi her iki hatta da görülmektedir. Bu akıntı tabakasını, önce tekrar içeri yönlü ve de sonrasında dışarıya doğru gözüken iki ayrı akıntı tabakası takip etmektedir. Hat 2’de ayrıca dipte tekrar Haliç içine doğru gözüken bir akıntının takip ettiği gözlemlenmiştir (Şekil 22).

Mayıs ayında Hat 3’te, nerdeyse tüm hat boyunca dışarı yönlü bir akıntı gözükürken, dipte 4m kalınlığında, şiddetli bir akıntı haliç içerisine yönelmiştir. Akıntı boy kesatine bakıldığında, bu içeri yönlü dip akıntısı KP istasyonu hizasında gözükmektedir (Şekil 22).

Temmuz ayının başında yapılan seferde, Sarayburnu’na çarpıp içeri yönelen akıntı, Hat 1’in üst tabakasında, Eminönü yakasında daha yoğun bir şekilde gözükmektedir. İçeri yönlü bu akıntı Hat 2’de Karaköy tarafına doğru kuvvetlenmiştir. Bu tabakanın altında kalın bir su kütlesi halici terk etmektedir. Hat 2’de 26 ila 30m’ler arasından giren su tabakası, Hat 1’in dip çanağında gözükmektedir. Hat 2’nin 5 metrelik dip akıntısı tekrar dışarıya doğrudur. Hat 4’ten, Balat tarafından içeriye su girerken, karşı yakadan dibe doğru belirginleşen, iç kesimden dışarıya doğru su çıkışı gözlemlenmiştir (Şekil 22).

Temmuz sonunda yapılan seferde ise, Hat 1 ve Hat 2’de Eminönü tarafından içeri giren yüzey akıntısı, Karaköy tarafından dışarı çıkmaktadır. Her iki hatta da, 26m derinliğine kadar dışarıya su çıkışı görülmektedir ve dip akıntısı kuvvetli bir şekilde içeriye doğrudur. Hat 3’te ise üstte dışarı yönlü bir akıntı tabakasını içeriye giren kalınca bir akıntı kütlesi takip etmektedir. Dipte ters bir akıntı yapısı oluşup, 5m kalınlığında ve dışarıya doğrudur. Hat 4’te akıntı hızları zayıflamıştır. Hat ortasında dışarı yönlü akıntı gözükürken, hattın her iki yakasında içeriye akıntı girişi gözlenmiştir (Şekil 22).

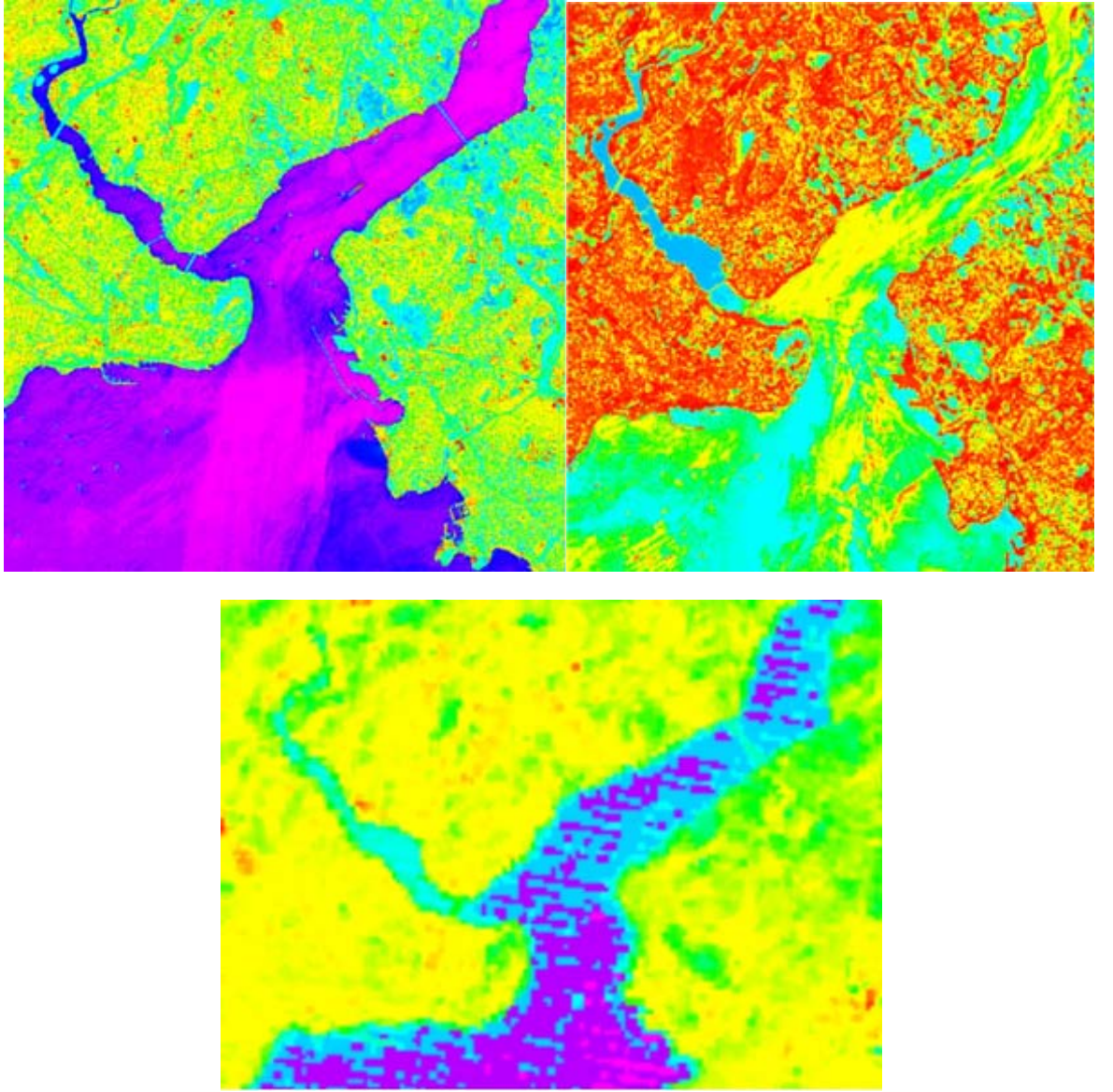
Ağustos ayında Hat 1, Hat 2 ve Hat 3’te benzer akıntı yapısı gözükmektedir. Yüzeyden içeri giren su kütlesini, 10m derinlikten sonra 8m kalınlığında dışarı yönlü bir su kütlesi takip etmektedir. Altında yaklaşık 5m kalınlığında, tekrar içeri yönelmiş bir akıntı takip etmektedir.

Bu tabakanın altında, Hat 2 ve Hat 3'te zayıflayan dışarıya doğru bir akıntı kütlesi takip eder. Hat 2 ve Hat 3'te içeri yönlü ince bir dip akıntısı gözükmektedir. Hat 4'te haliç iç kesiminden dışarıya doğru su çıkış yapmaktadır (Şekil 22).

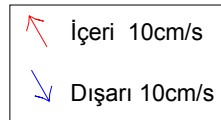
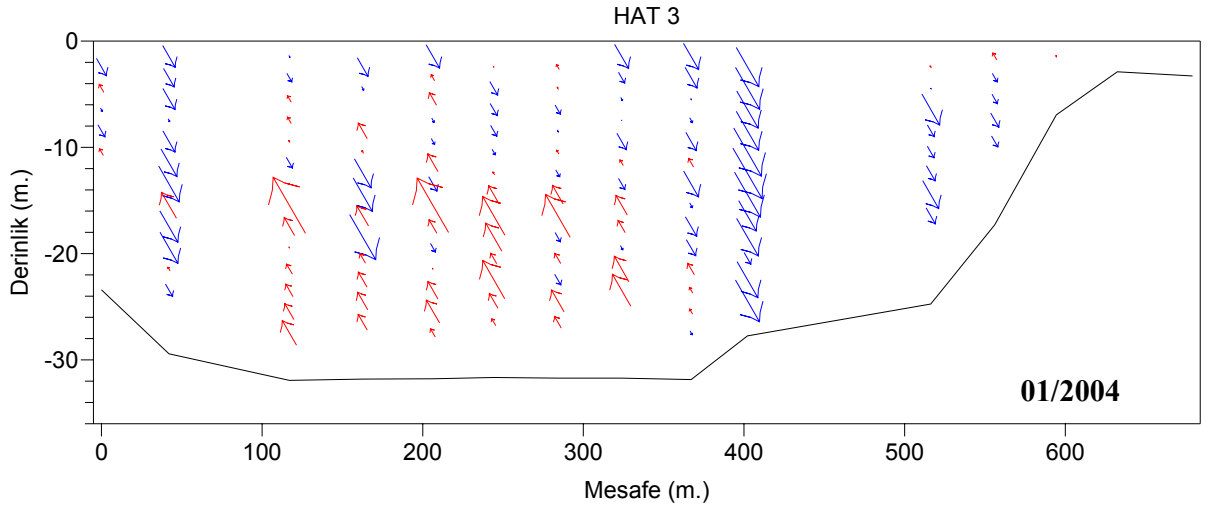
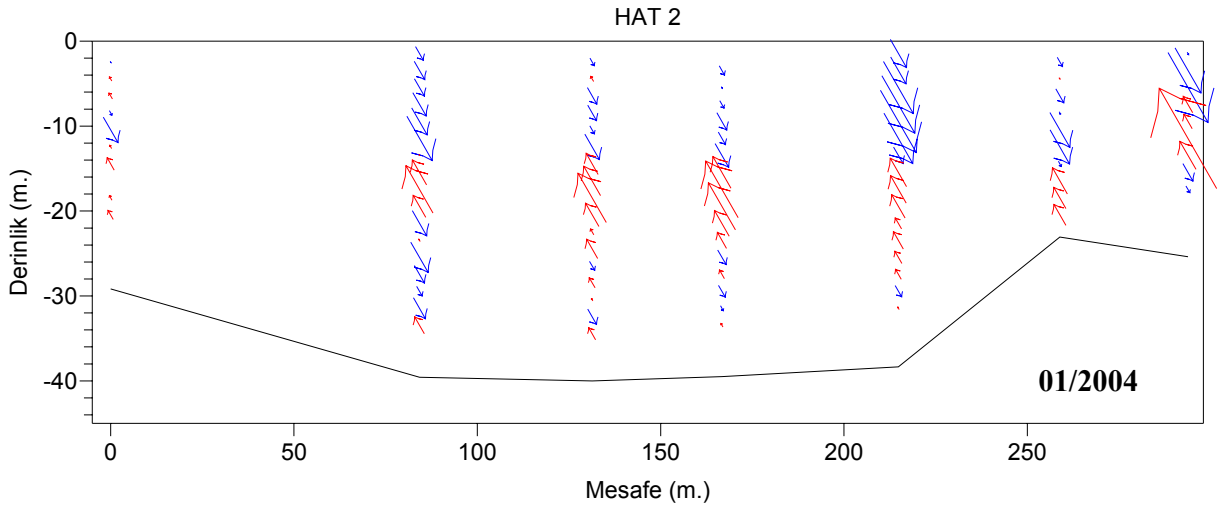
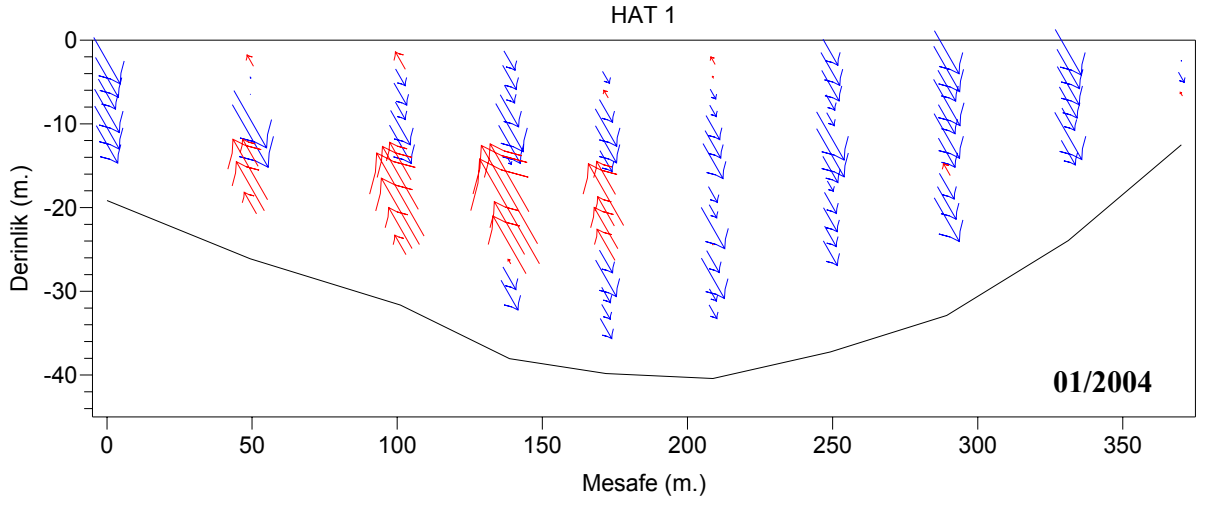
Ekim ayında, ince, 2-3 metrelik bir yüzey akıntısı halici terk etmektedir. Bu yüzey akıntısının hemen altında yaklaşık 18m kalınlığında, içeri yönlü bir akıntı tabakası takip etmektedir. Hat 1'de, bu tabakanın altında dibe kadar 15m kalınlığında dışarıya doğru olan bir akıntı takip ederken, Hat 2'de ise yaklaşık 8m kalınlığındaki dışarı yönlü bu akıntıyı, 10m kalınlığında içeri yönlü bir dip akıntısının takip ettiği görülmektedir (Şekil 22).

Kasım ayında, Hat 2'nin dip yapısında görülen ince ve lokal ters akıntılar hariç, Hat 1 ve Hat 2'de, yaklaşık 14m kalınlığında bir üst akıntı halici terk ederken, hemen altında dibe doğru yavaşlayan, içeri yönlü bir akıntı yapısı gözükmektedir. Hat 3'te akıntı hızları düşüp belirginsizleşse de, benzer yapı korunmaktadır (Şekil 22).

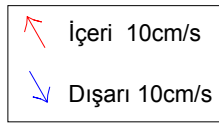
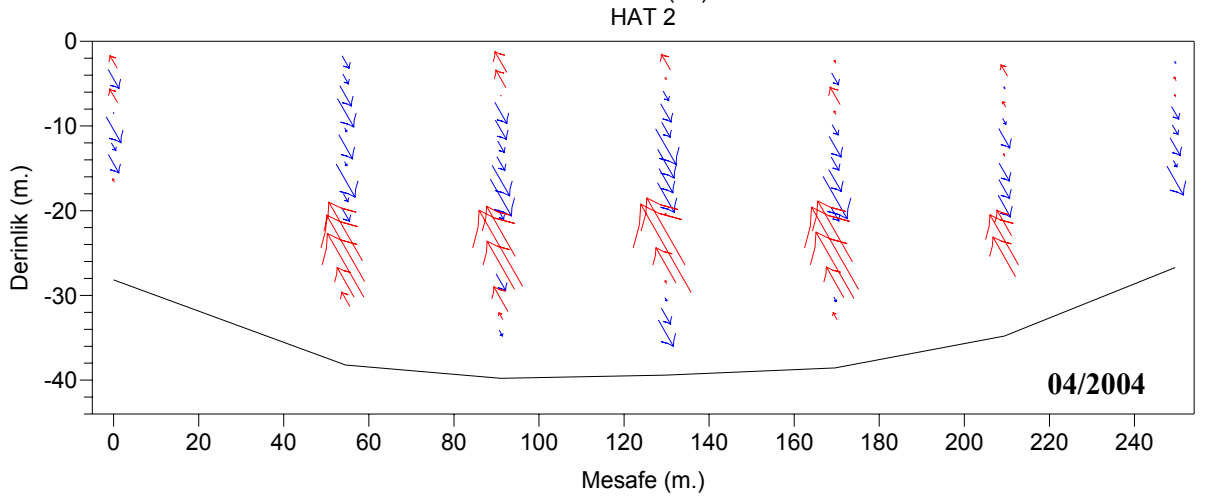
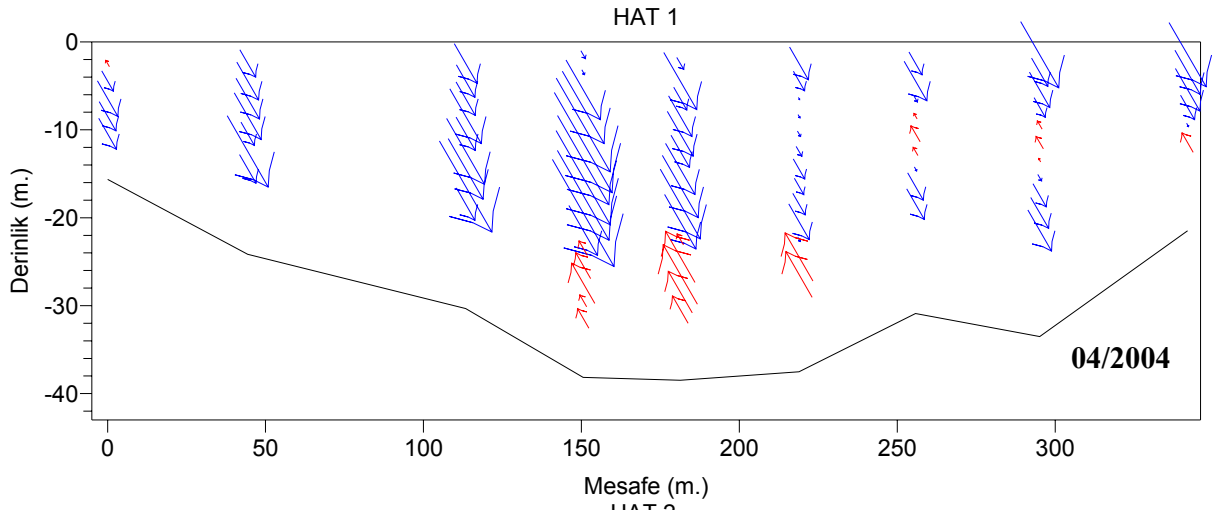
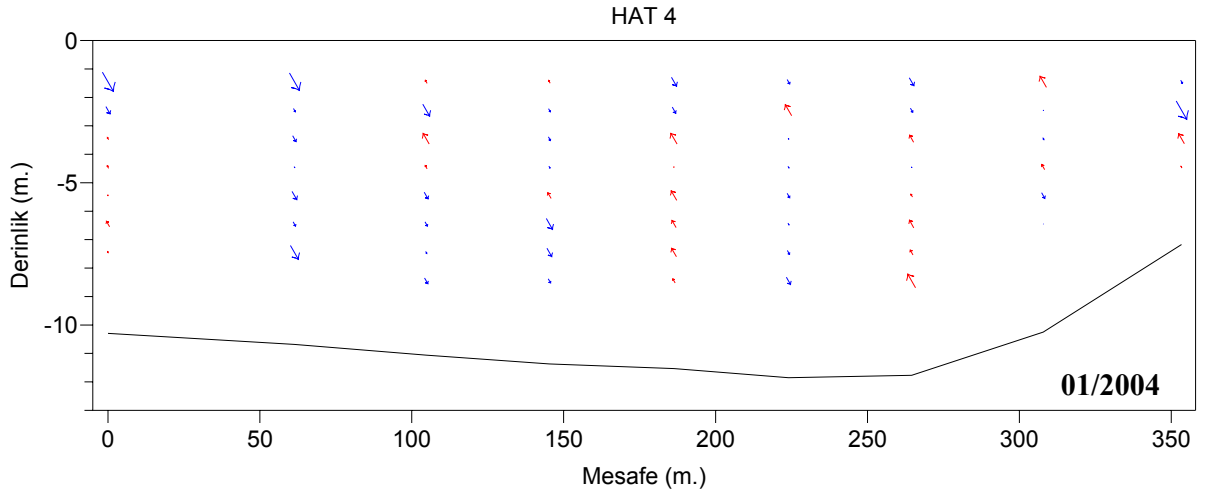
Aralık ayında ilk üç hatta da iki tabakalı düzenli bir akıntı sistemi dikkati çekmektedir. Üst tabakadan 15m kalınlığında bir akıntı tabakası içeriye giriş yaparken, bu tabakanın altında dibe kadar halici terk eden bir akıntı yapısı takip etmektedir. Bu yapı akıntı boy kesitinde de görülmektedir (Şekil 20). Hat 4'te yüzeyden ve dipten iç kesimden dışarıya su çıkışı görülürken, aradan 7m kalınlığında bir su kütlesi içeriye girmektedir (Şekil 22).



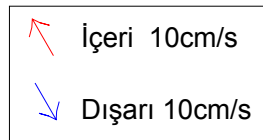
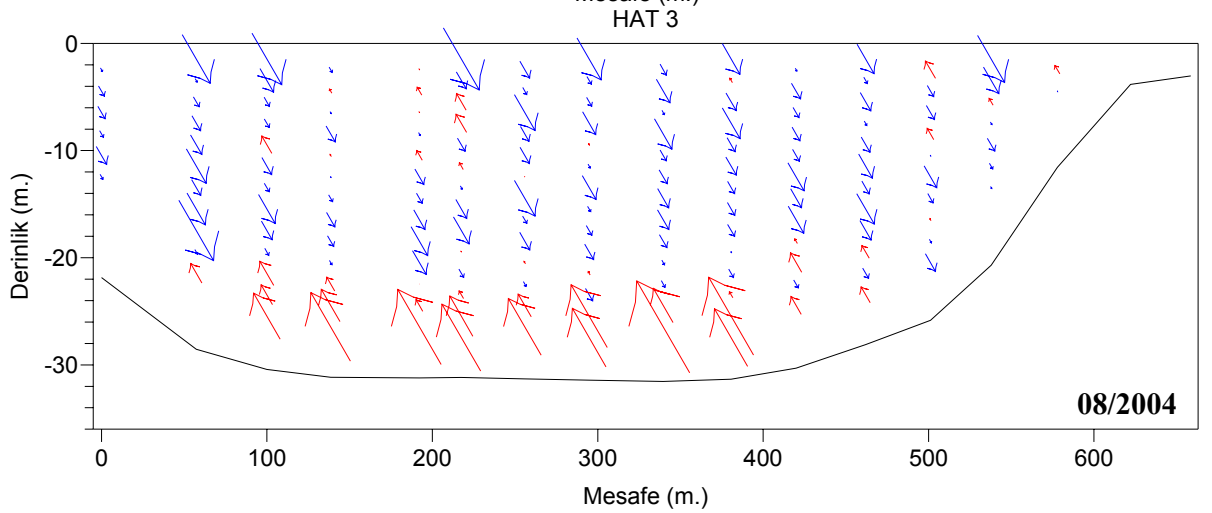
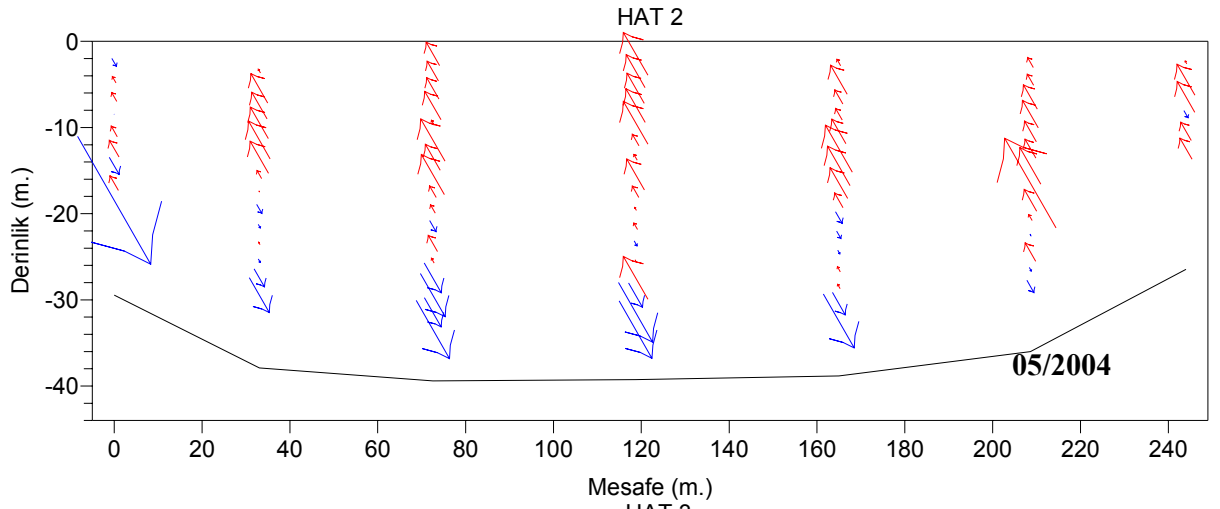
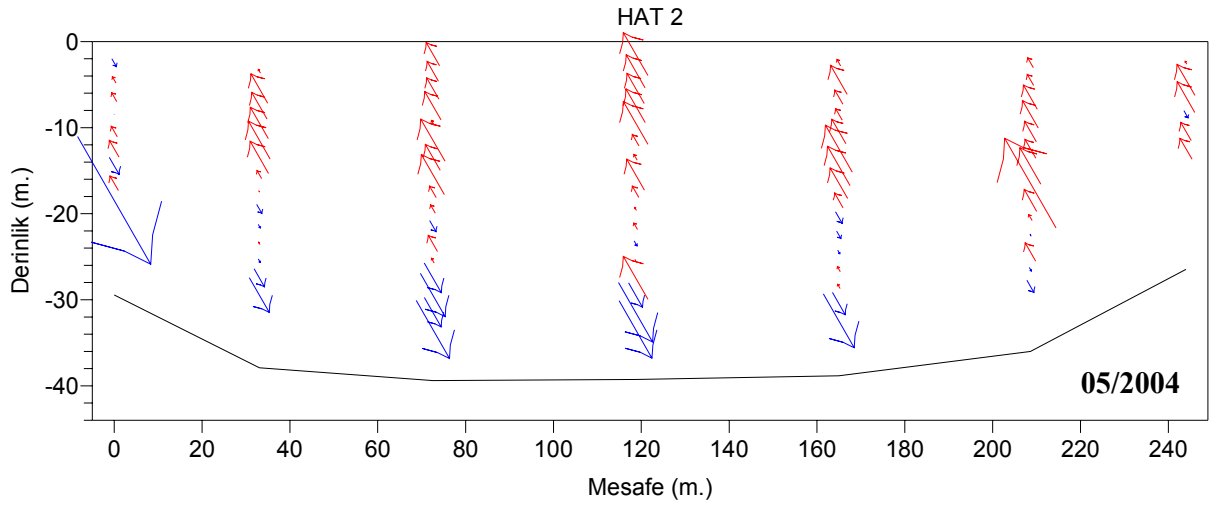
Şekil 21. Farklı tipteki yüzey akıntılarını gösteren uydu görüntüleri.



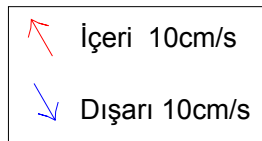
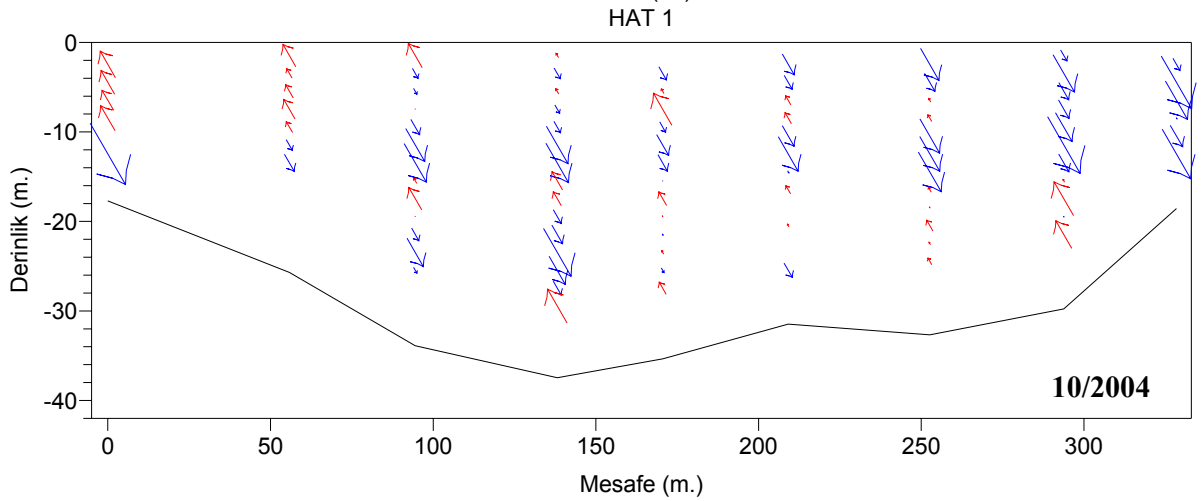
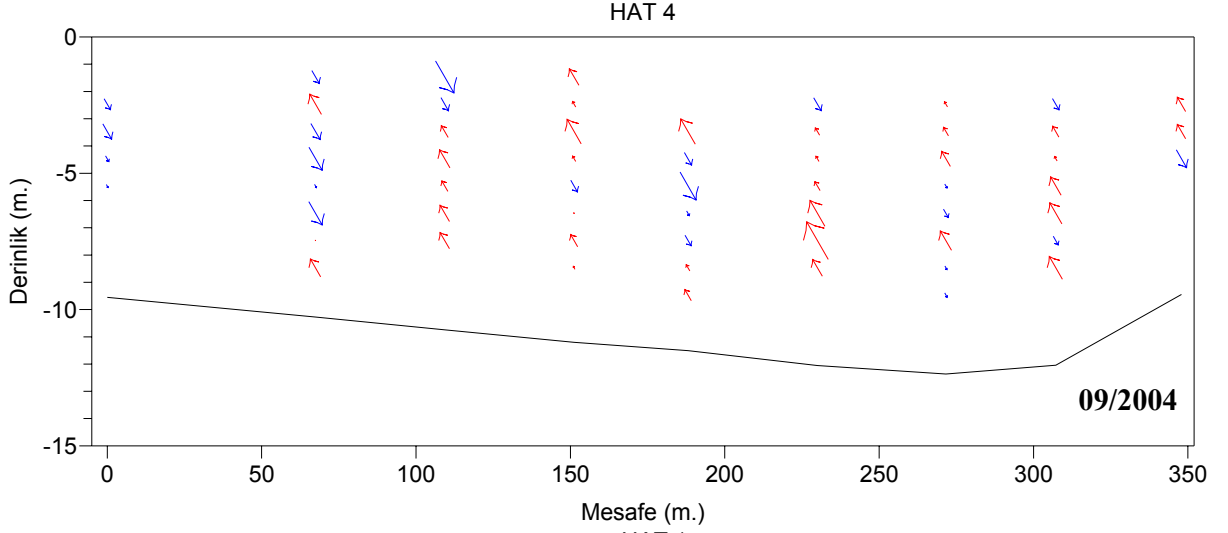
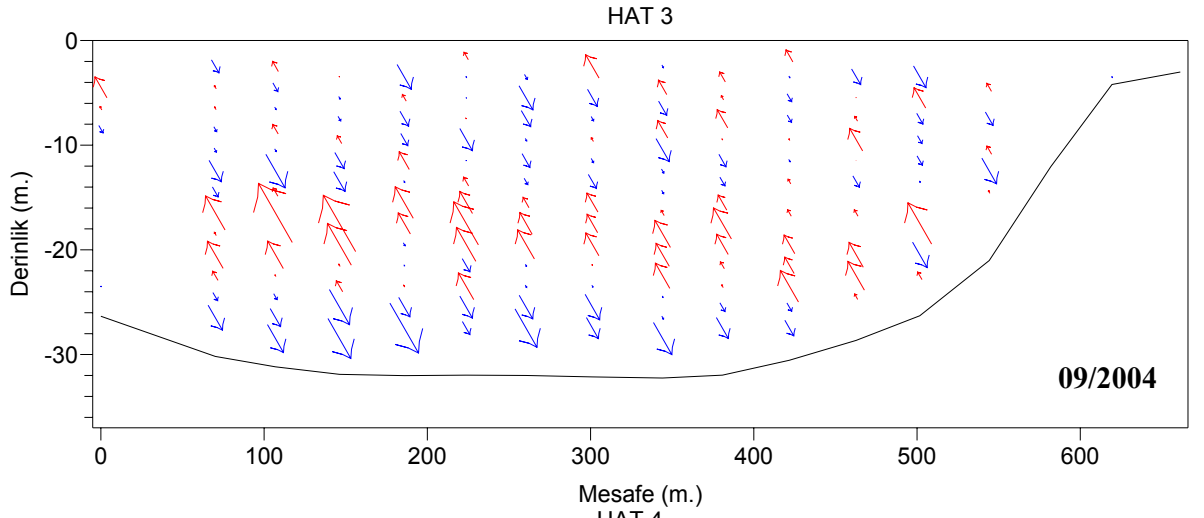
Şekil 22. Haliç'te iki kıyı arasında ölçümü yapılmış akıntı kesitleri.



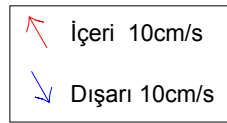
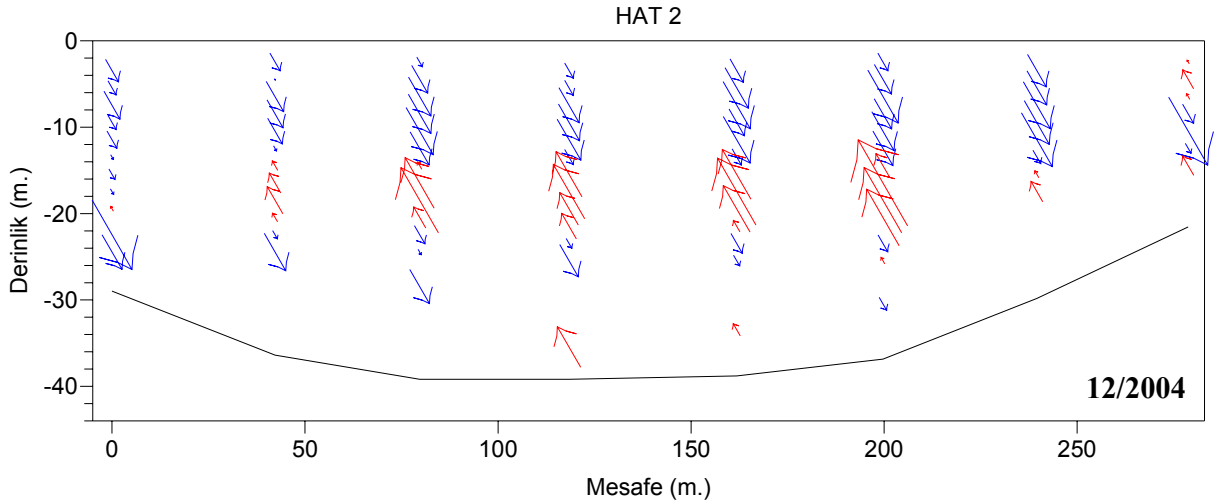
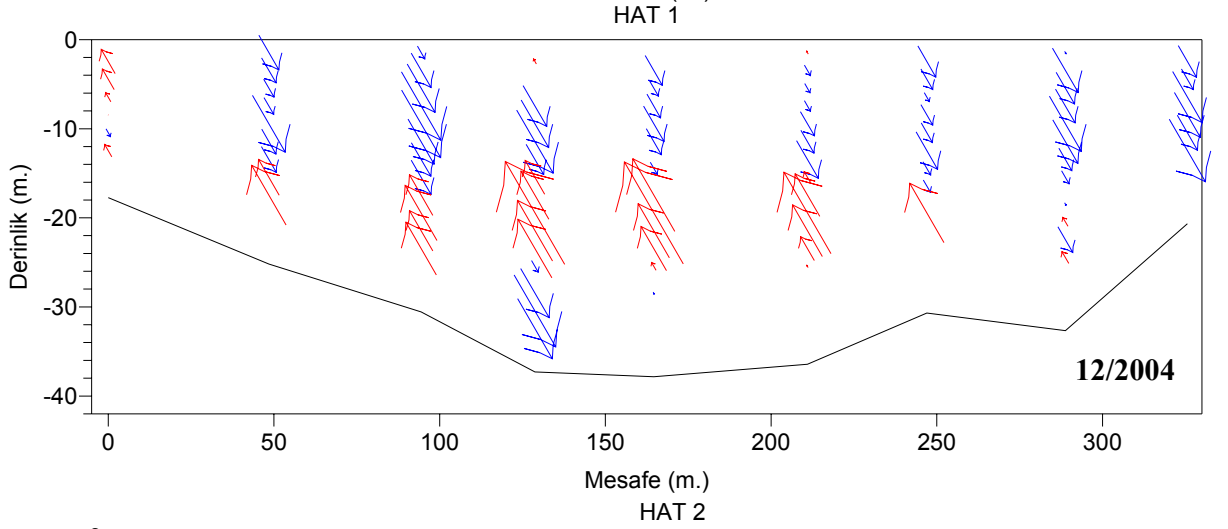
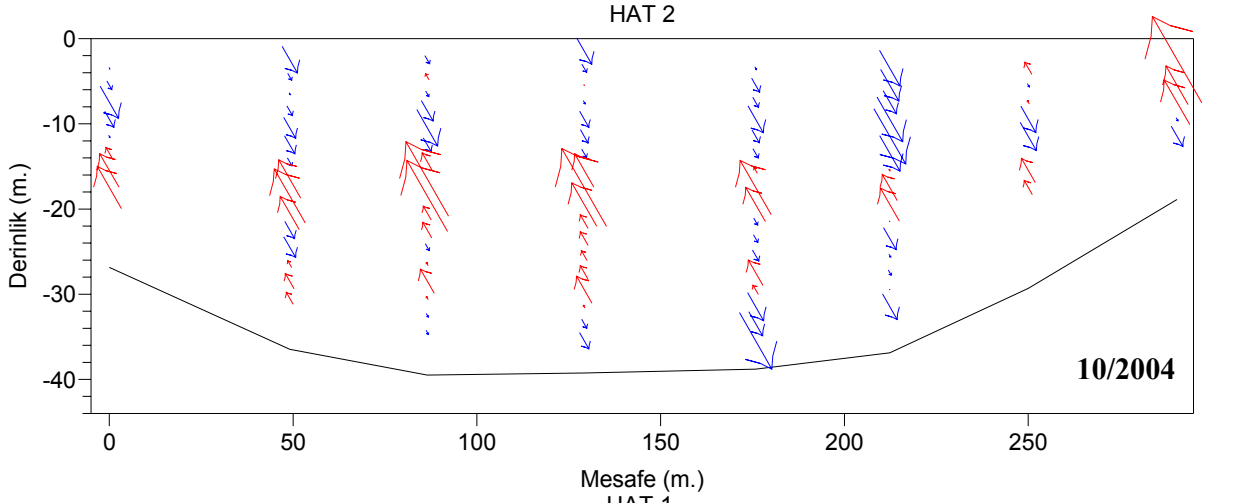
Şekil 22. Devam.



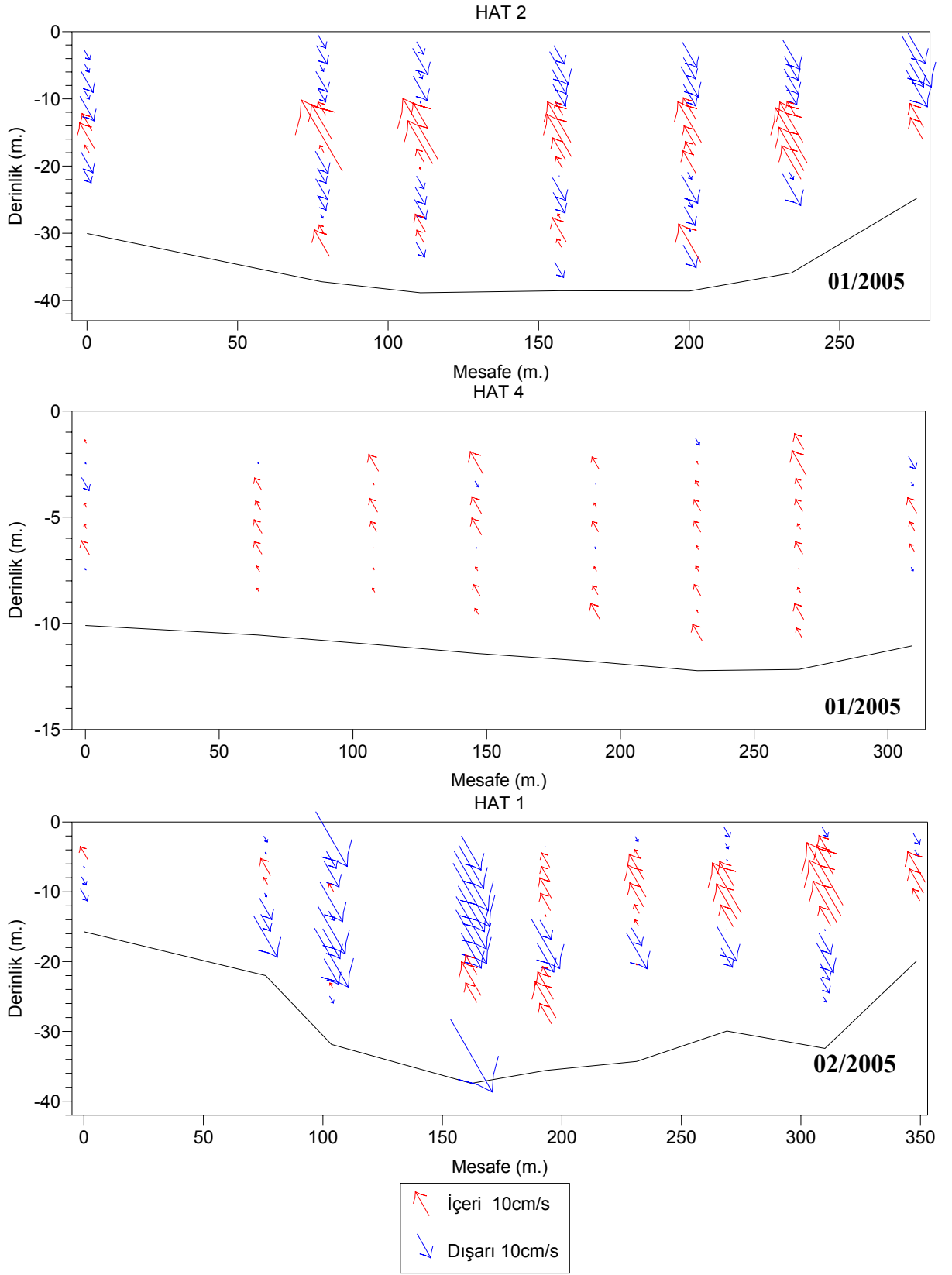
Şekil 22. Devam.



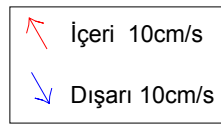
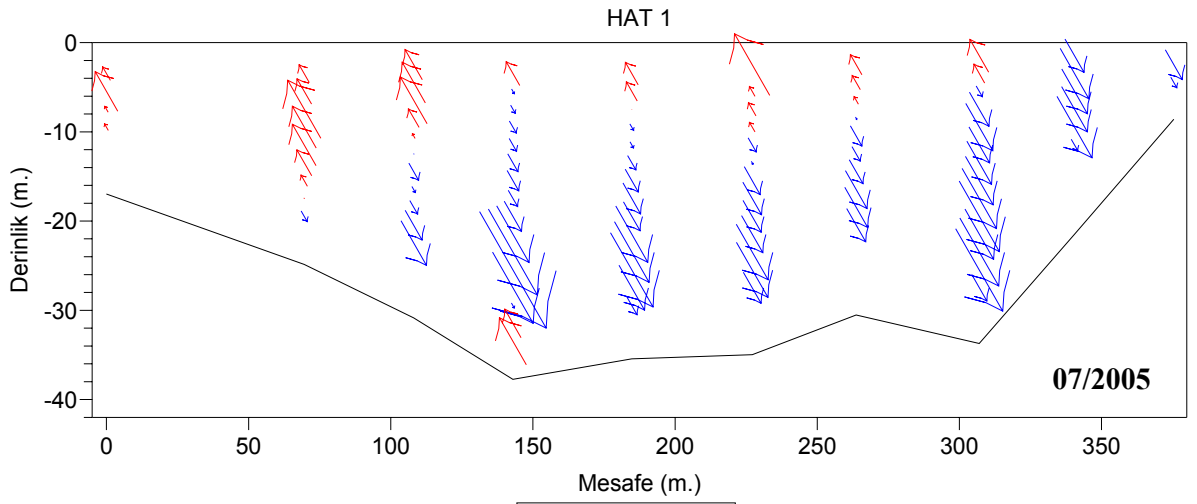
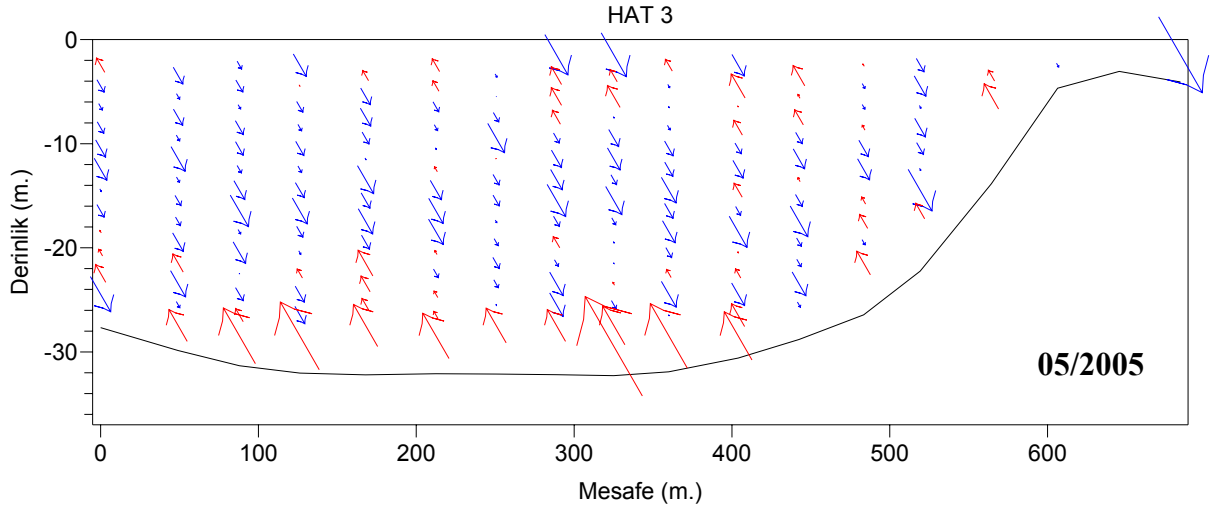
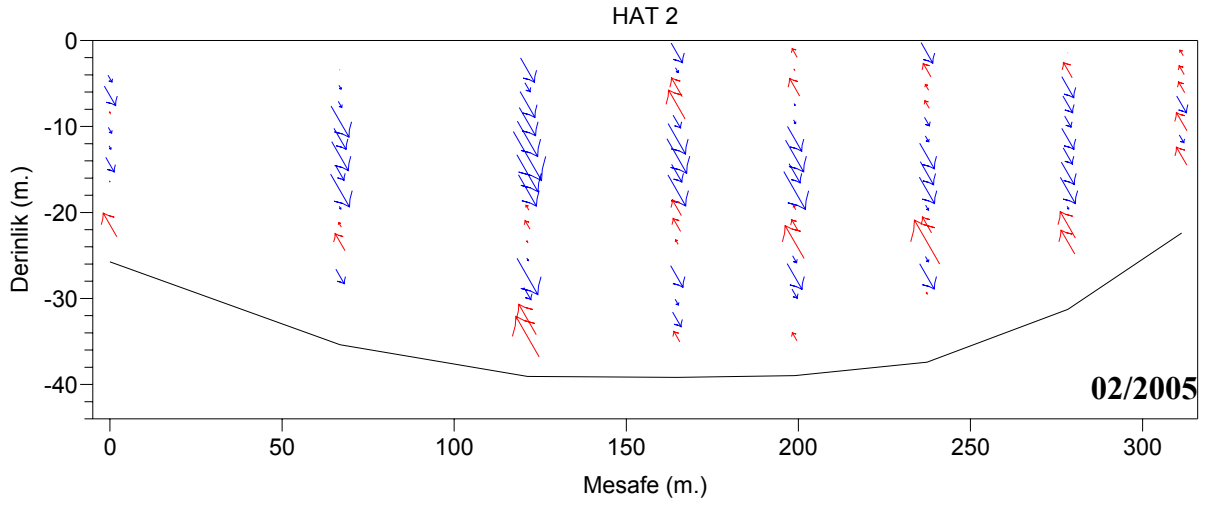
Şekil 22. Devam.



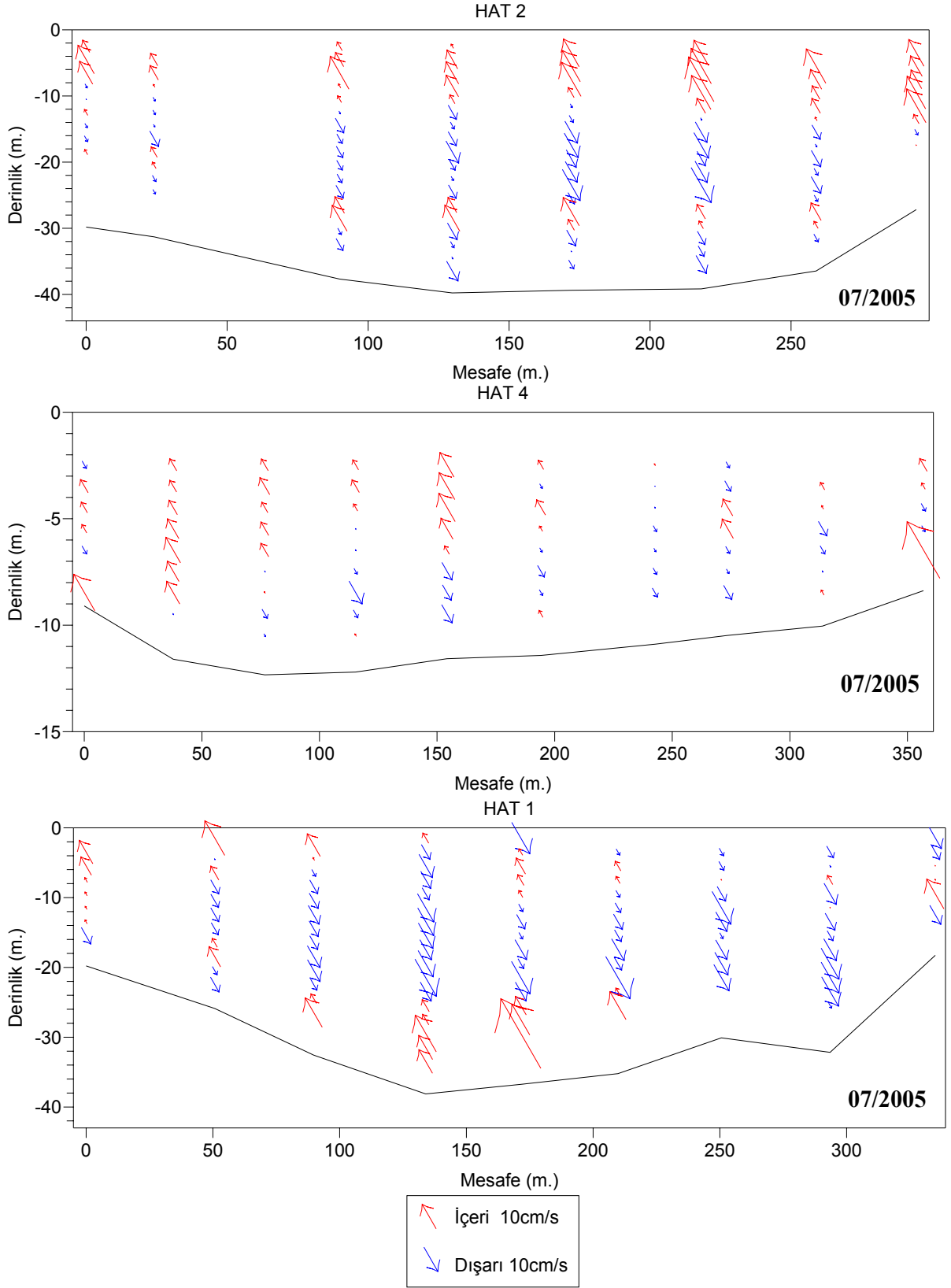
Şekil 22. Devam.



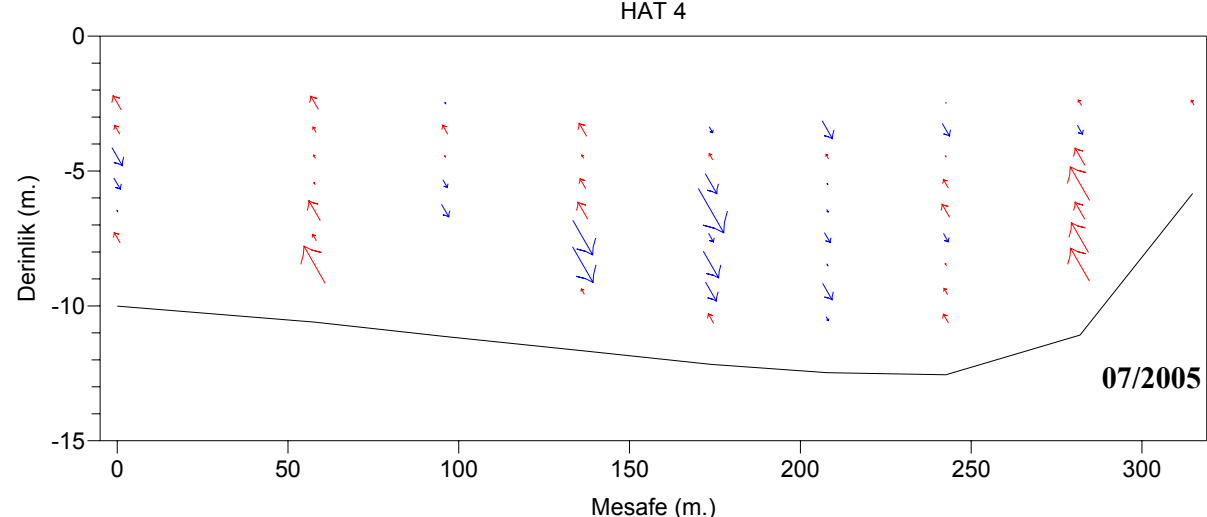
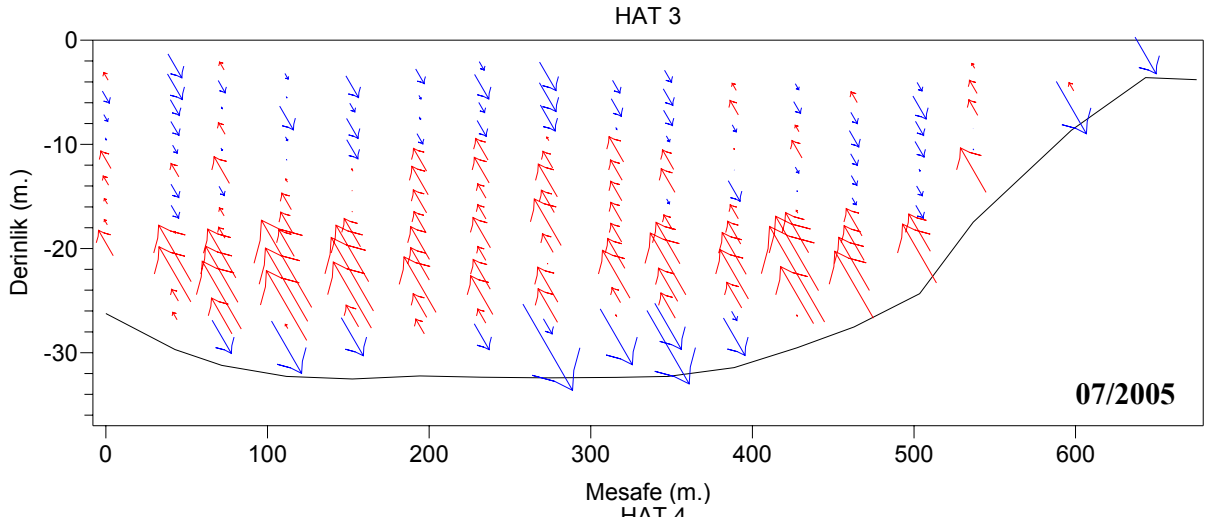
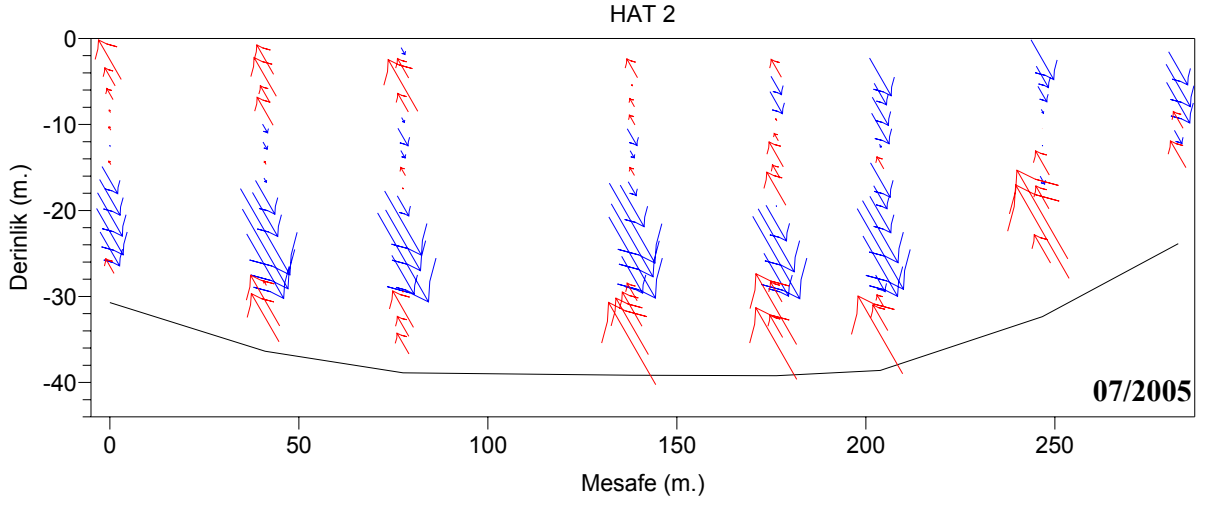
Şekil 22. Devam.



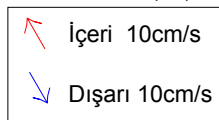
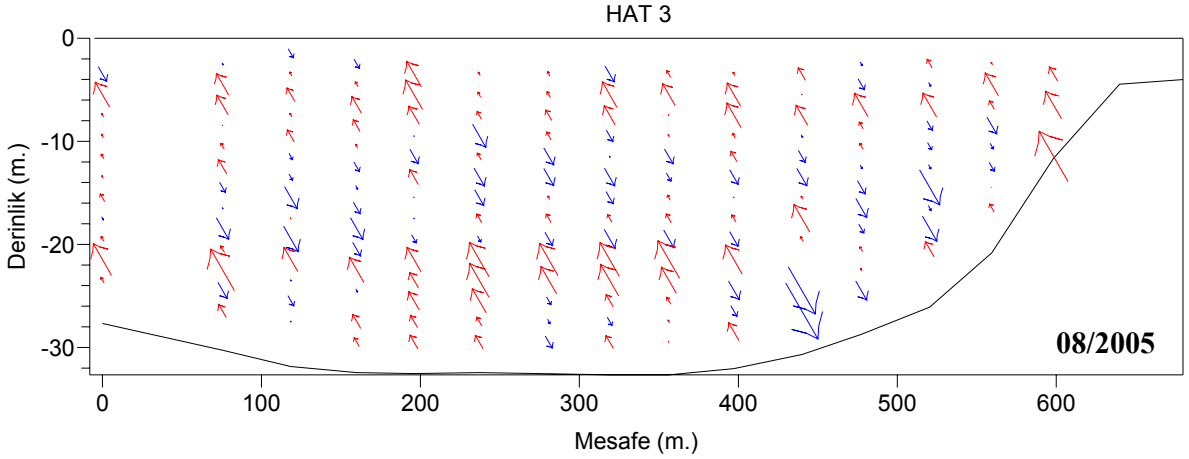
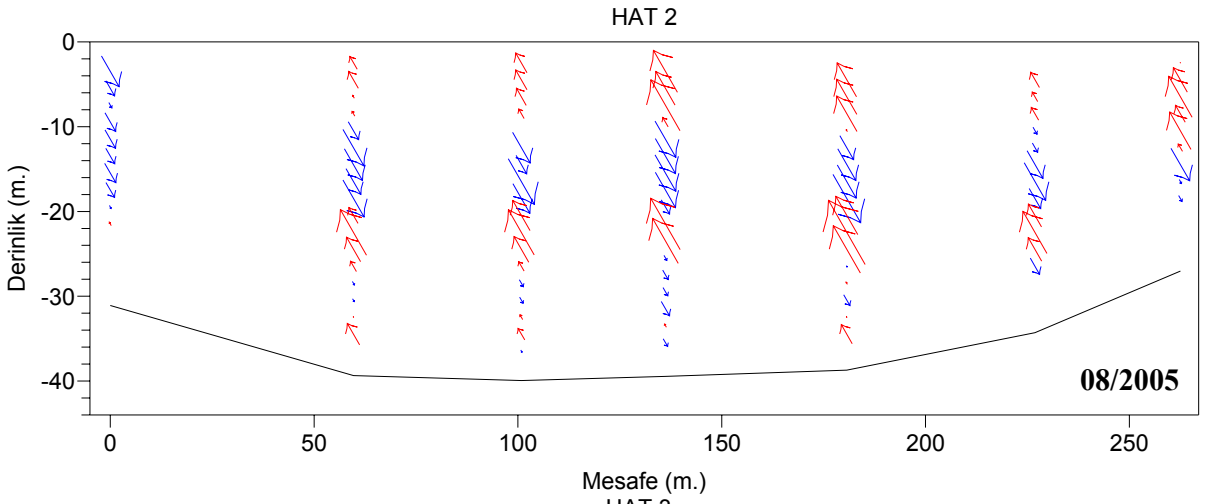
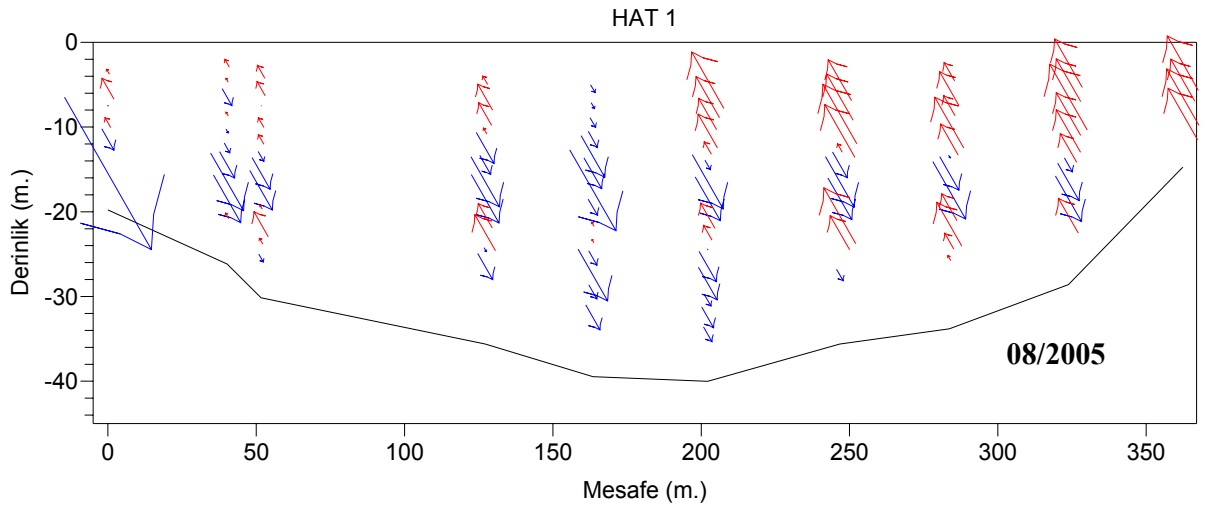
Şekil 22. Devam.



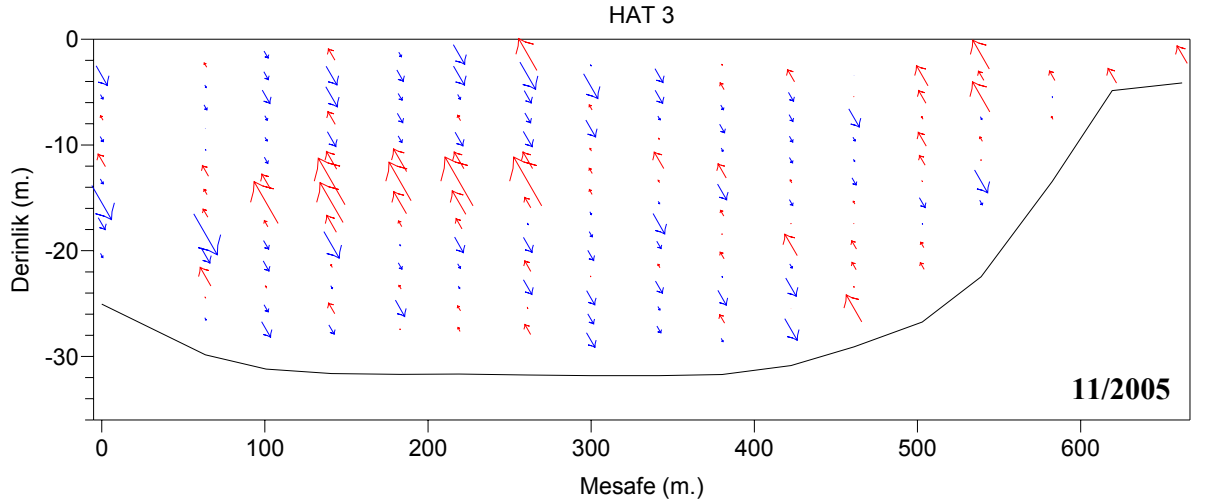
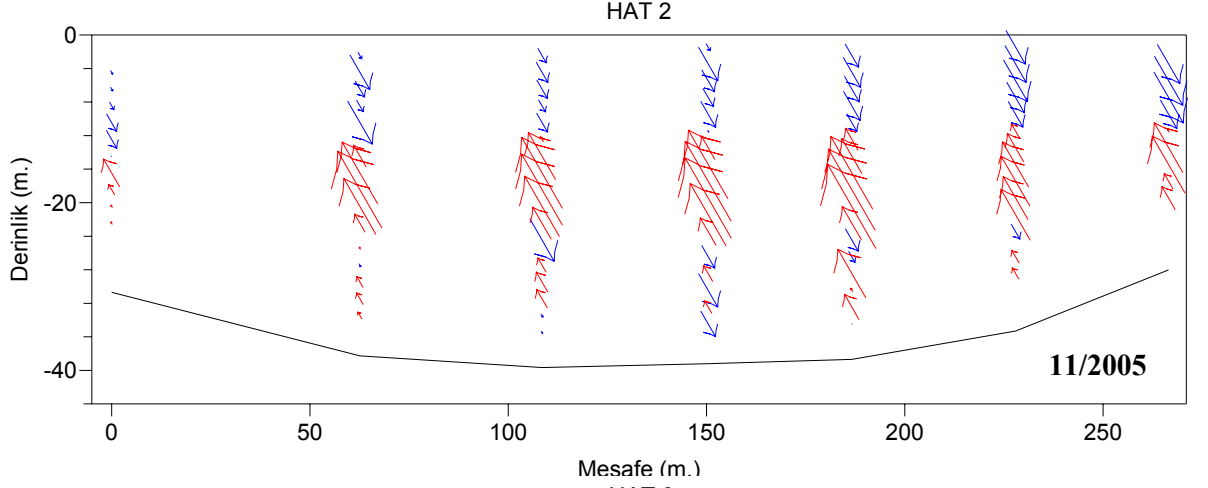
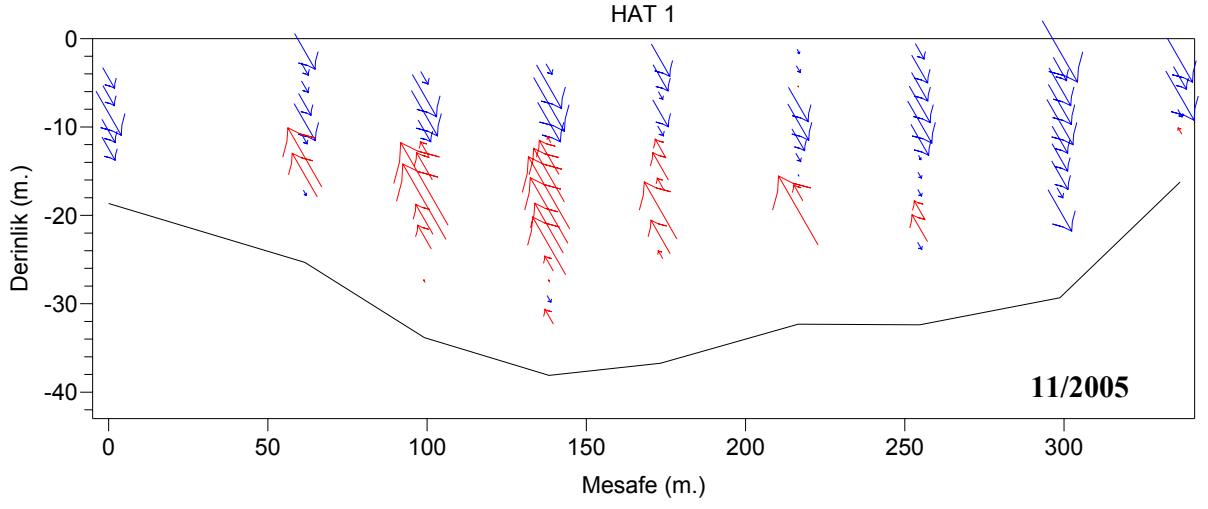
Şekil 22. Devam.



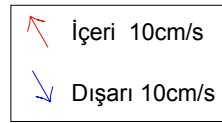
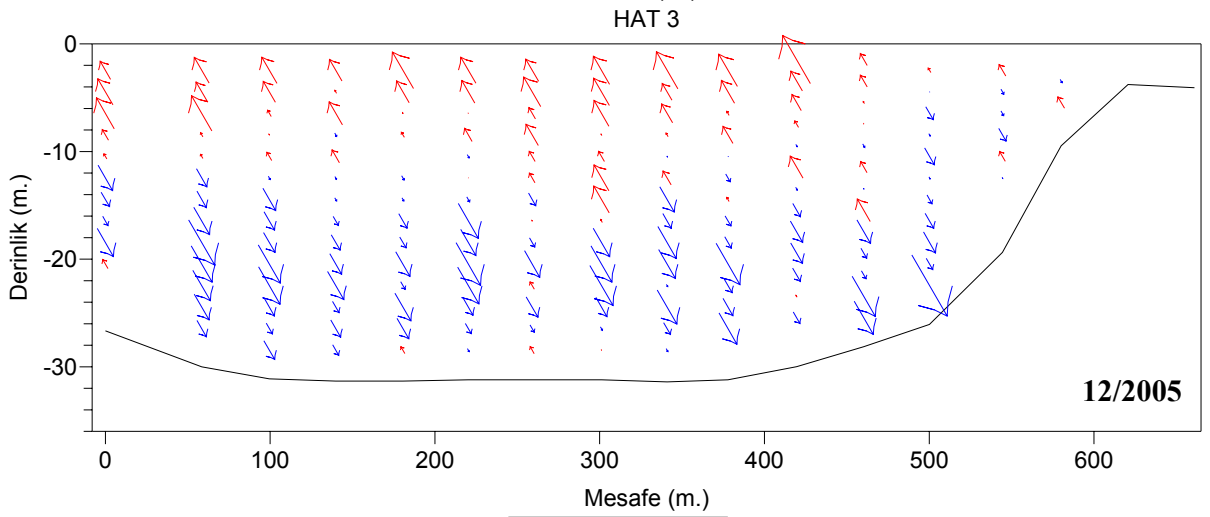
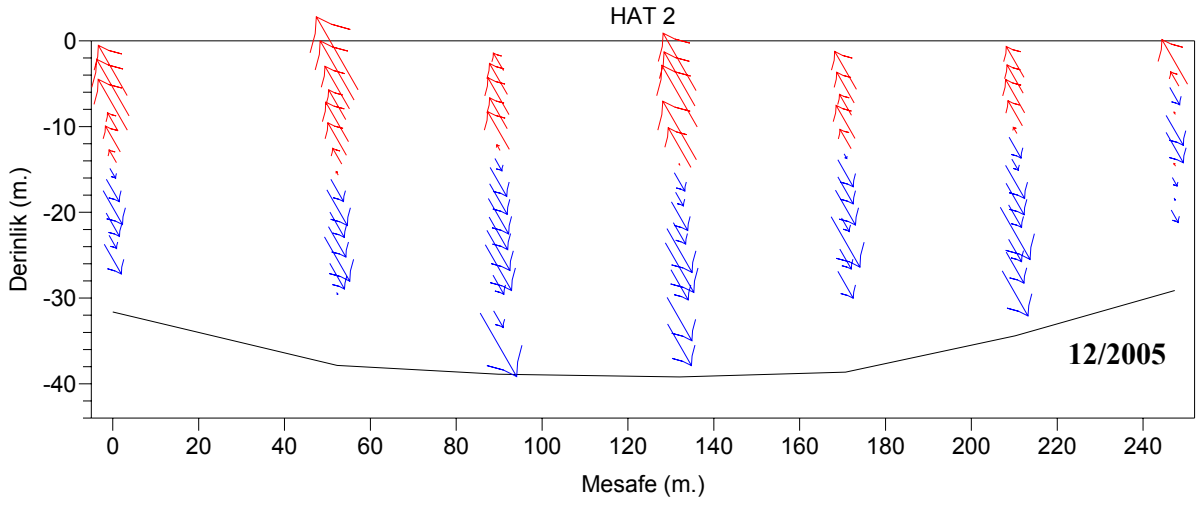
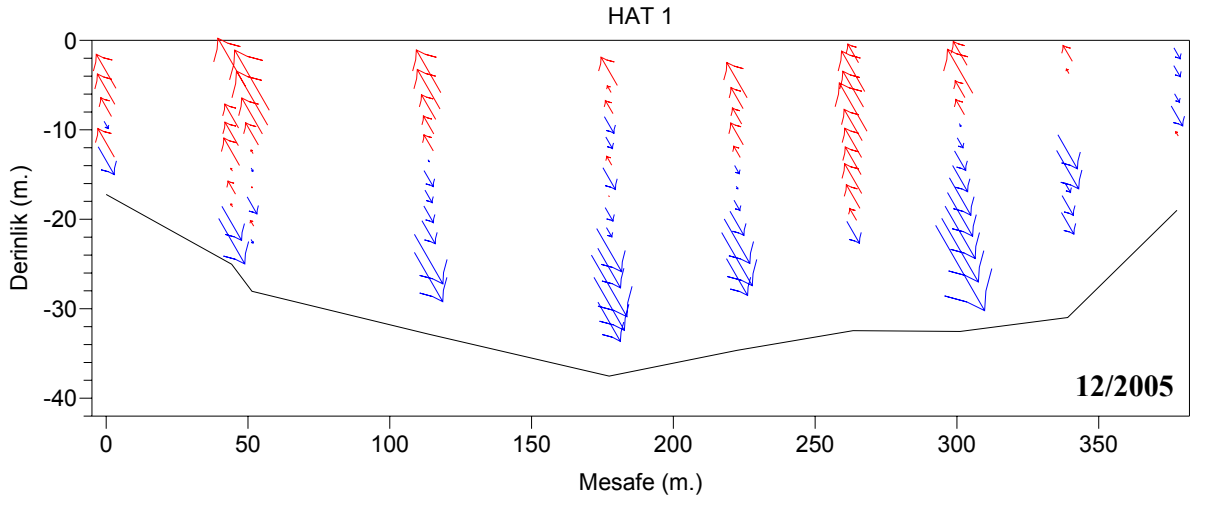
Şekil 22. Devam.



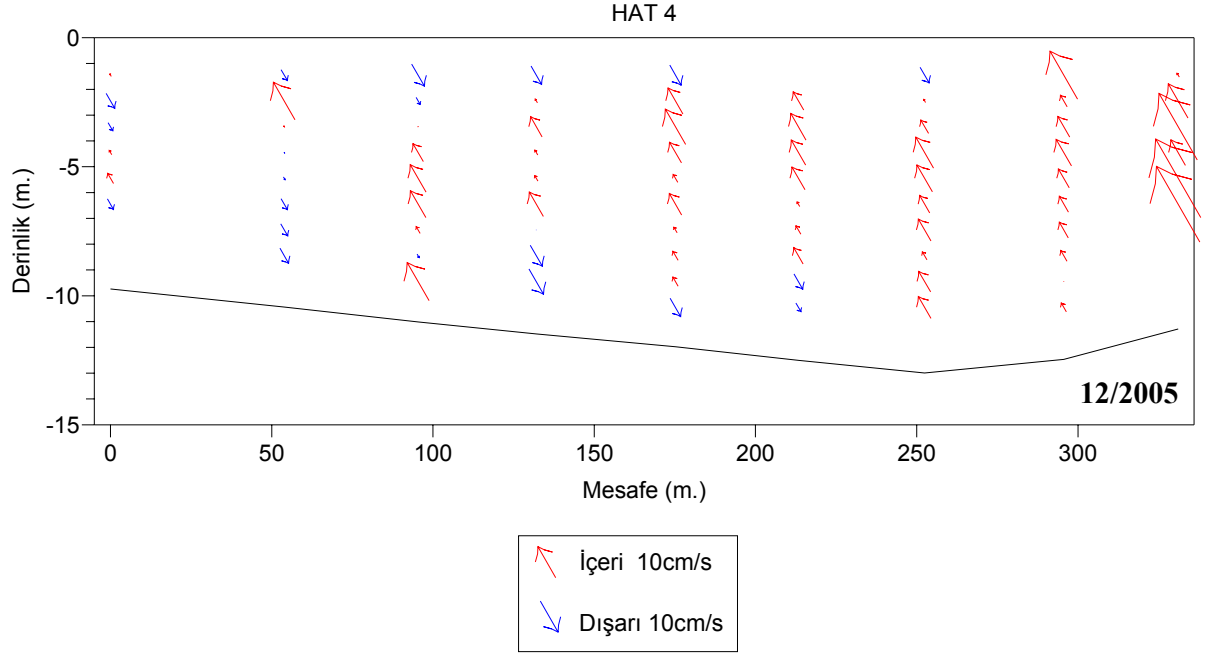
Şekil 22. Devam.



Şekil 22. Devam.



Şekil 22. Devam.



Şekil 22. Devam.

3.1.4. Su seviyesi, atmosfer basıncı ve rüzgar şiddeti ilişkileri

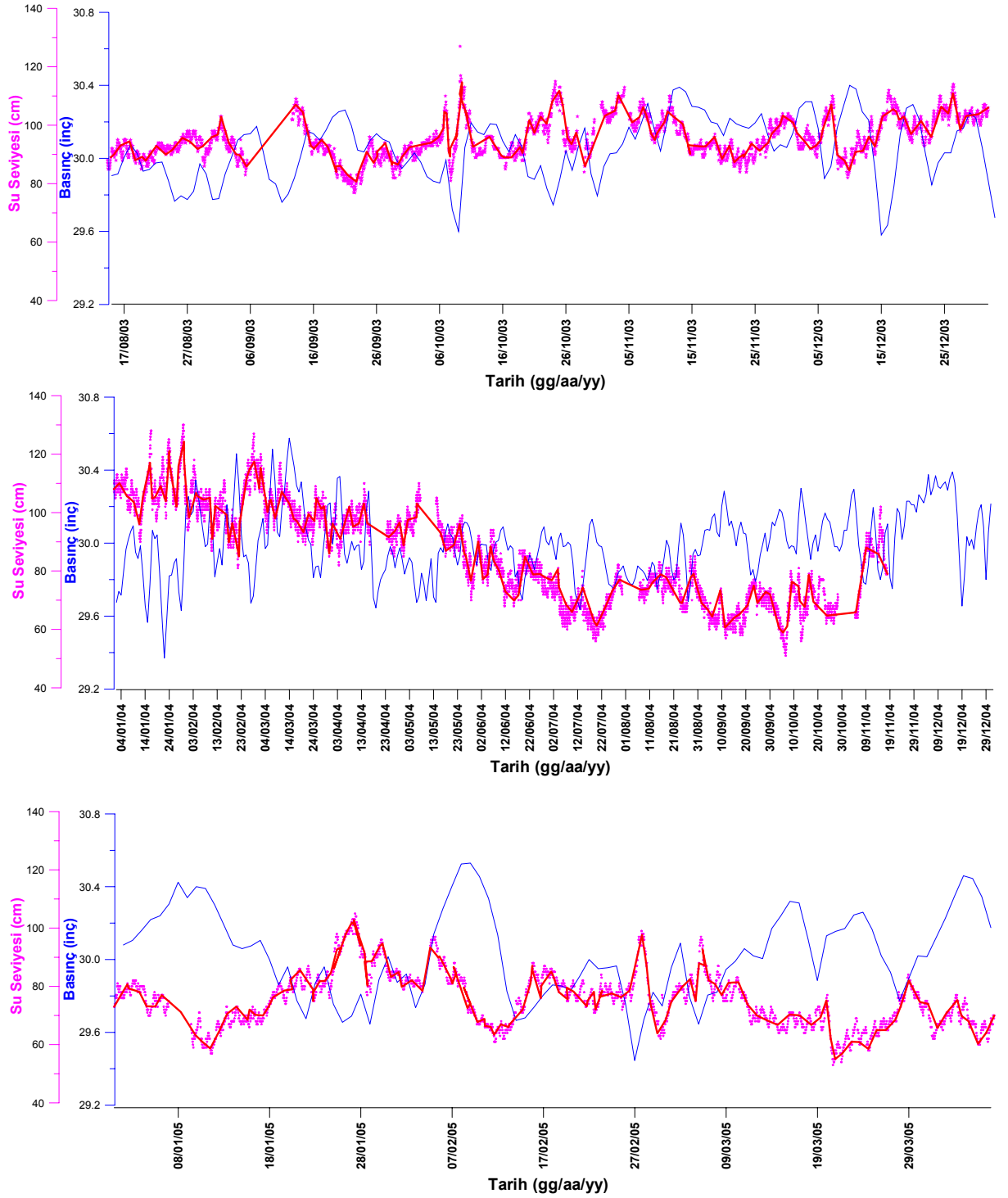
Deniz seviyesi birçok nedenden dolayı sürekli değişmektedir. Bu değişimlerin bir kısmı kısa dönemlerde (saniyeler, saatler, günler, mevsimler), bir kısmı da uzun dönemlerde (yıllar, on yıllar ve daha uzun süreli) gerçekleşmektedir. Kısa dönemli değişimler, tsunami, gelgit ve meteorolojik etkenlerden (basınç, sıcaklık, rüzgâr) kaynaklanmaktadır.

Kısa dönemli deniz seviyesi değişimlerine neden olan en önemli meteorolojik etkenlerden biri hava basıncındaki (atmosferik basınçtaki) değişimdir. Ters barometre etkisi olarak adlandırılan bu etki nedeniyle atmosfer basıncındaki 1 mbar'lık bir artış deniz seviyesinde yaklaşık 1 cm'lik bir azalmaya, atmosfer basıncındaki 1 mbar'lık azalma ise deniz seviyesinde yaklaşık 1 cm'lik artışa neden olur.

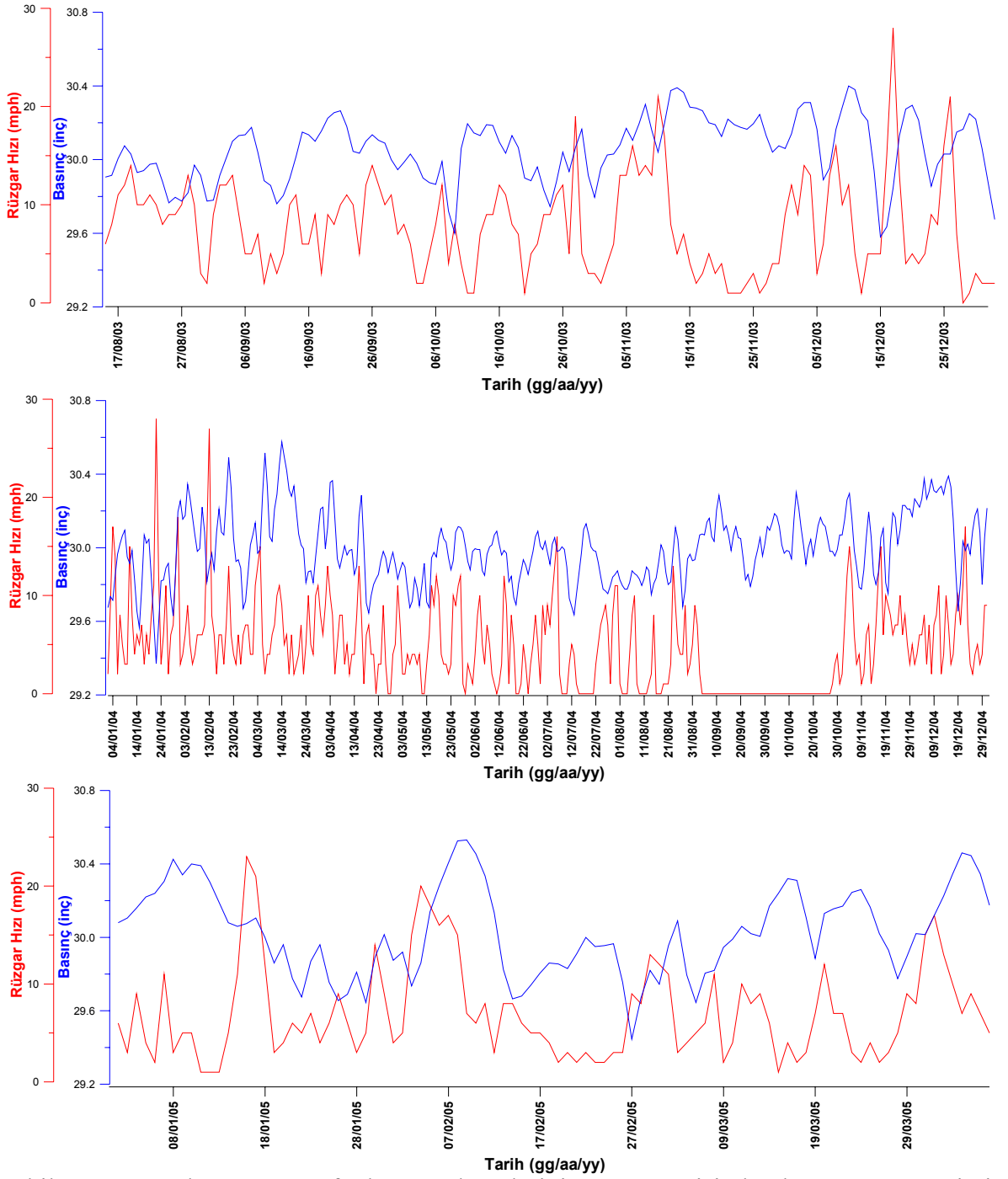
Şekil 23'de Ağustos 2003 ile Mart 2005 tarihleri arasındaki saatlik su seviyesi verileri (kırmızı renkli çizgi beşerli veri gurubunun ortalamaları alınarak oluşturulmuştur) ile basınç verileri üst üste çizilmiştir. Şekillerde basınçla su seviyesi arasındaki ters korelasyonlu ilişki net bir şekilde görülmektedir. Her iki param'ye ait sivri uç değerler incelendiğinde bir günü geçmeyen yaklaşık 12 saatlik ortalama bir faz farkı görülmektedir. Bu fark sistemin basınç karşısındaki tepki süresini ortaya koymaktadır.

Basınç ile rüzgar hızları kıyaslandığında ise çoğunlukla pozitif korelasyonlu bir ilişki görünürken, bazen de negatif bir ilişki gözlenmektedir (Şekil 24). Rüzgar hızı ve basınç arasındaki faz farkı bazen negatif bazen de pozitif olmaktadır. Bu durum rüzgar hızının bazen basınç değişiminin bir sonucunu oluştururken bazen de basınç değişiminin bir sebebi olduğunu göstermektedir. Ayrıca su seviyesinin öncelikli olarak basınç etkisi altında değiştiği sonrasında ise rüzgar etkisinin kontrolünde değiştiği görülmektedir.

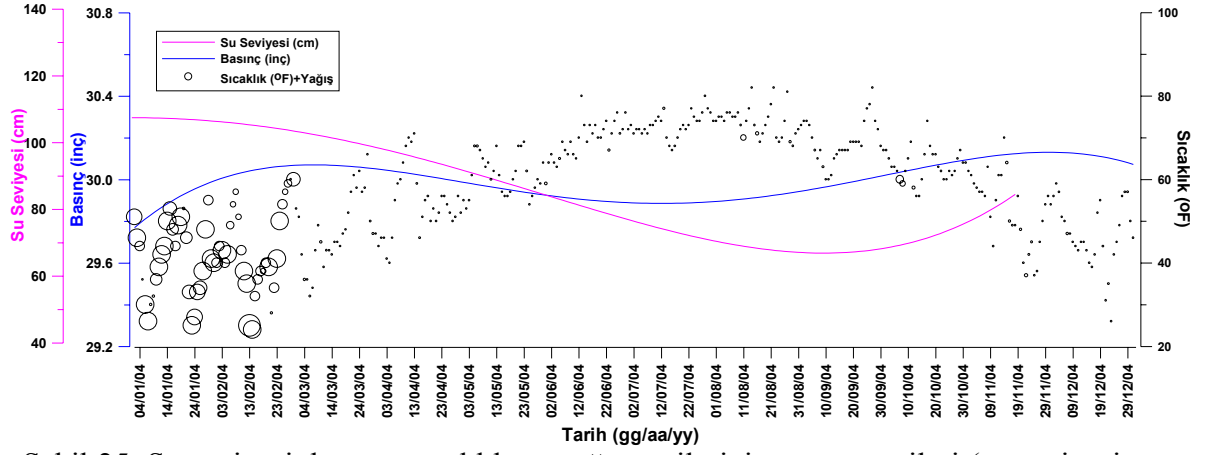
Şekil 25'de ise su seviyesinin basınç etkisinin yanında yağış ve sıcaklık etkilerini de görmek mümkündür. Yaz aylarında basınç-su seviyesi arasındaki negatif ilişkinin nispi azalışı atmosfer ısınmasından kaynaklanan buharlaşma etkisiyle ilişkilendirilebilir.



Şekil 23. Saatlik su seviyesi verileri (kırmızı renkli çizgi beşerli veri gurubunun ortalamaları alınarak oluşturulmuştur) ile atmosfer basınç verilerinin üst üste gösterimi.



Şekil 24. Rüzgar hızı ve atmosfer basıncı değerlerinin zaman serisi olarak üst üste gösterimi.



Şekil 25. Su seviyesi, basınç, sıcaklık ve yağış verilerinin zaman serileri (su seviyesi ve atmosfer basıncının dört mevsimi temsil etmesi için en uygun dördüncü dereceden polinomik eğrileri çizilmiş olup halkalar atmosfer sıcaklığını ve çapları yağışı temsil etmektedir).

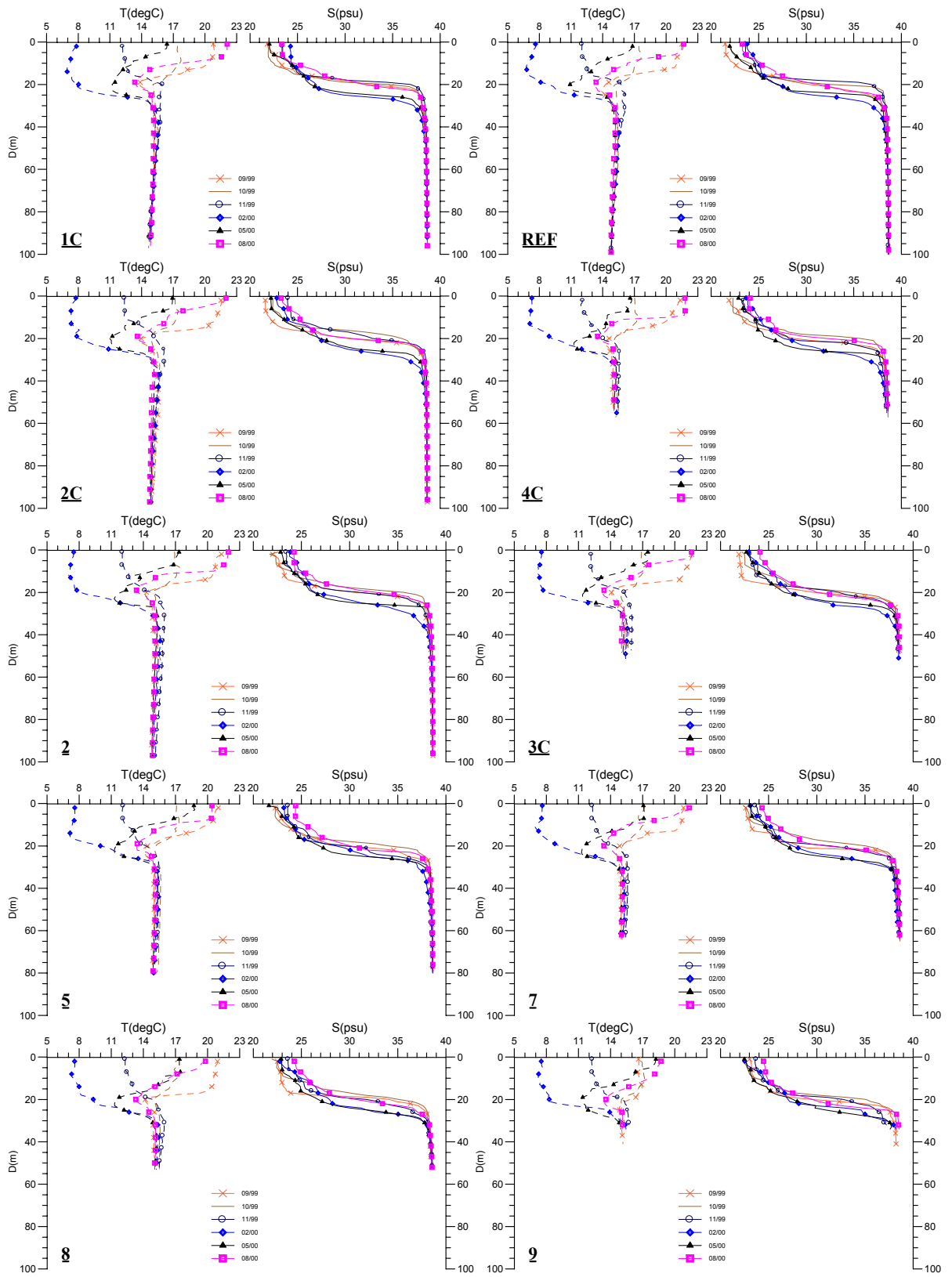
3.2. İzmit Körfezi

Bu bölümde 1999 ve 2000 senesinde gerçekleştirilen seferlerde elde edilen veriler değerlendirilerek İzmit Körfezi'nin hidrografik özellikleri anlatılacaktır. Öncelikle her sefere ait sıcaklık ve tuzluluk profilleri incelenecek, daha sonra sıcaklık, tuzluluk ve akıntı kesitleri yorumlanarak su kütlelerinin hidrografik özelliklerinin belirlenmesine çalışılacaktır. 2005 ve 2006 senesinde gerçekleştirilen seferlere ait veriler sonraki bölümde incelenecektir.

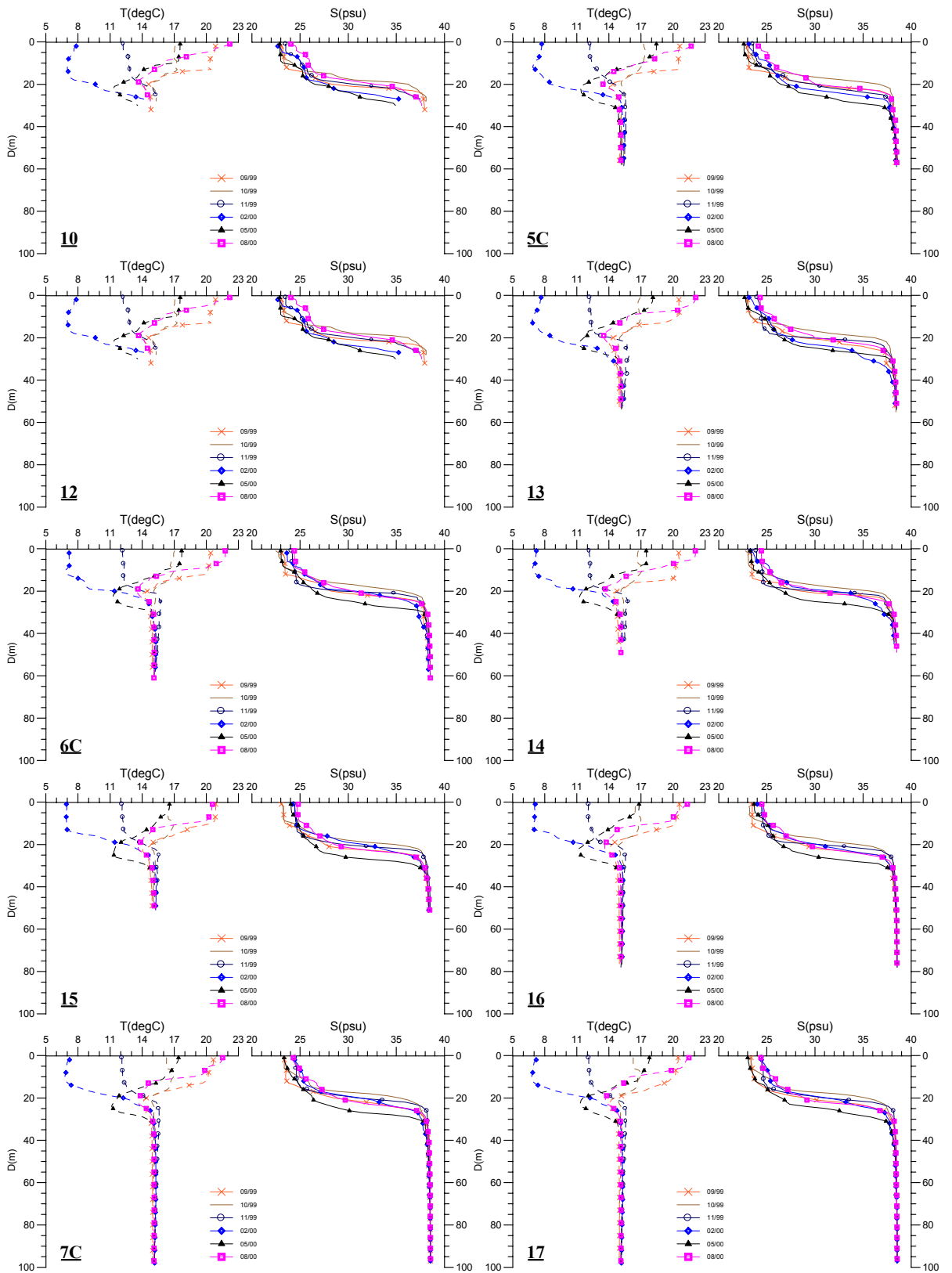
3.2.1. Sıcaklık tuzluluk profilleri

Tuzluluk profillerine bakıldığında, tüm aylarda bütün istasyonlarda durağan bir tabakalaşmanın olduğu görülmektedir (Şekil 26). Tabakalaşma yer ve zamana göre küçük değişimler gösterse de, üst ve alt sular oldukça homojen bir yapıdadır. Bu iki tabakayı ayıran tuzluluk arakesitinin (halocline) bulunduğu derinlik ve körfez boyunca gösterdiği eğim ayalara göre küçük değişimler göstermektedir. 10-15 metre kalınlığındaki Karadeniz kökenli üst tabakayı takiben 30m'ye kadar uzanan ara geçiş tabakasının hemen altında Akdeniz kökenli sudan oluşmuş alt tabaka suyu başlamaktadır ve 38psu civarında bir tuzluluk değerine sahiptir. Ekim ayında ara tabaka yukarıya doğru 5m kadar yükselmesi Eylül ayında Marmara'dan körfezin alt tabakasına bol miktarda su girdiğine işaret etmektedir (Şekil 26). Şubat ve Mayıs aylarında ise bu durumun tam tersi oluşmuş, önceki aylarda Marmara'dan körfezin üst tabakasına önemli miktarda su girişi neticesinde üst tabaka kalınlaşarak ara yüzey 10m kadar derinleşmiştir. Yaz aylarında tekrar alt tabakaya giren su Ağustos ayında ara yüzeyi 10m yükseltmiştir (Şekil 26).

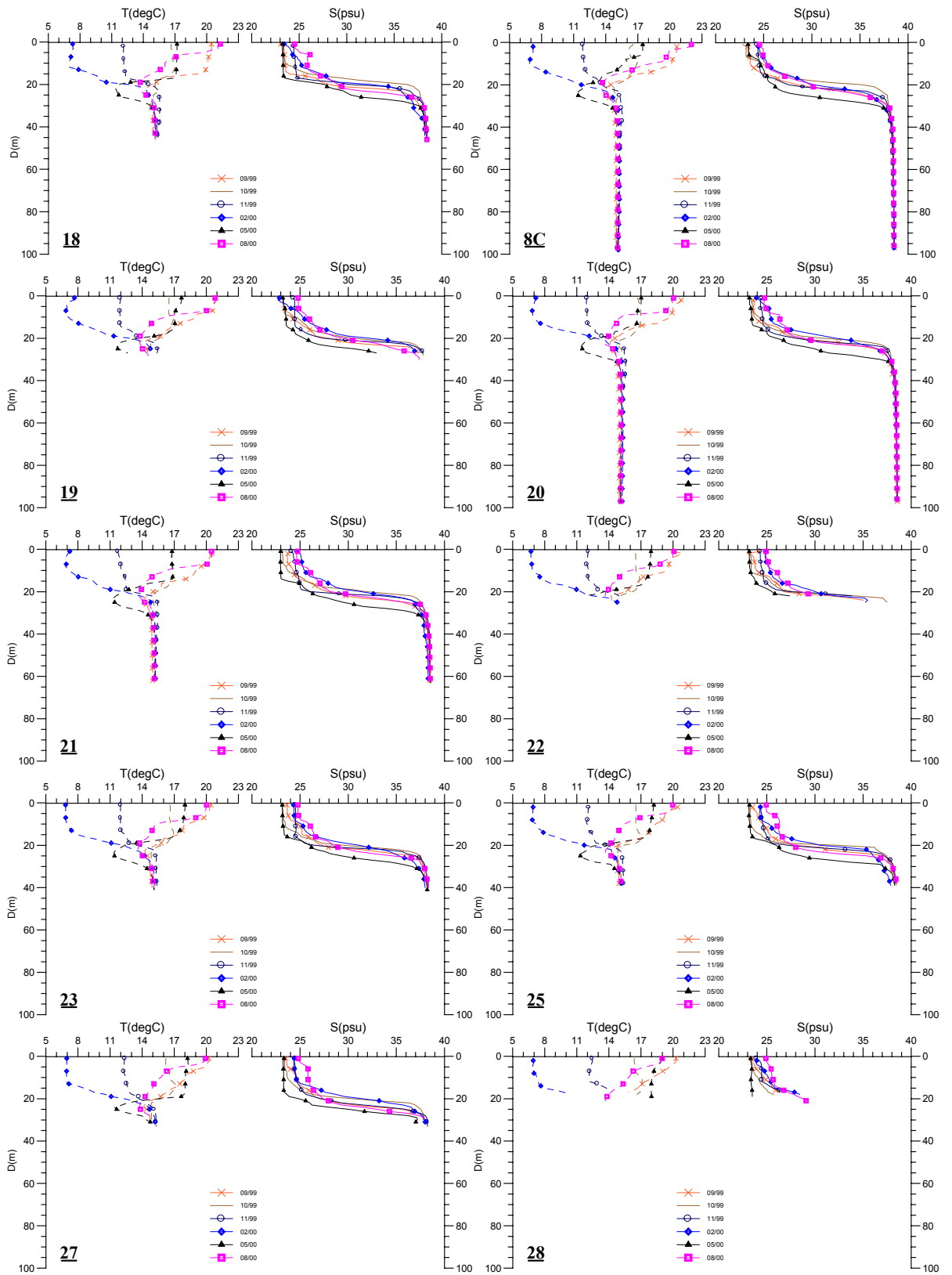
Sıcaklık profilleri incelendiğinde, Eylül ve Ekim ayı profillerinde dikkat çekici bir durum görülmektedir. Üst tabaka suyu mevsimsel soğumayla paralel olarak Ekim ayında 4°C kadar soğumasına rağmen ara tabakanın sıcaklığı Eylül ayına göre 1°C kadar artmıştır. Bu artış, sıcaklığı neredeyse tüm sene yaklaşık 15°C de sabitlenmiş alt tabaka ile ara tabaka arasındaki düşey karışıma işaret etmektedir (Şekil 26). Üst tabakadaki soğuma Aralık ve Şubat aylarında da devam ederek sırasıyla 12°C ve 7.5°C ye düşmüş, Şubat ayında yaklaşık 20m kalınlığında ki üst tabaka neredeyse homojen bir sıcaklığa ulaşmıştır. Mayıs ve Ağustos aylarında ise mevsimsel ısınmaya bağlı olarak yüzey suyu sıcaklığı sırasıyla 17°C ve 22°C ye ulaşmıştır (Şekil 26).



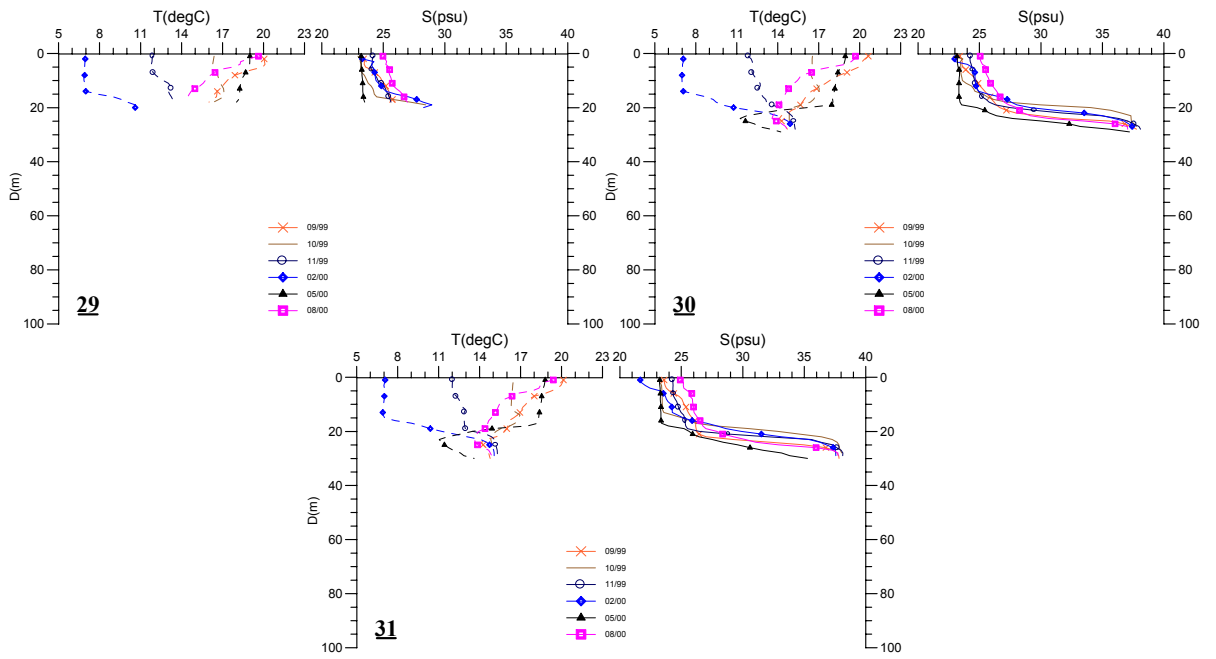
Şekil 26. İzmit Körfezi istasyonlarının ölçüm yapılan aylara ait sıcaklık ve tuzluluk profilleri



Şekil 26. Devam.



Şekil 26. Devam.



Şekil 26. Devam.

3.2.2. Hidrografik kesitler

Şekil 27’da körfezin doğu batı doğrultusundaki sıcaklık, tuzluluk ve ADCP kesitleri verilmiştir. Körfez girişinde Marmara yüzey suyunu temsil eden Eylül’de 22psu, Ekim’de 23psu, Aralık ve Şubat’ta 24psu, Mayıs’ta 23psu ve Ağustos’ta da 24psu tuzluluk değerindeki yüzey suyu görülmektedir. Dil Burnunu geçtikten sonra yüzey suyunun tuzluluk değeri yaklaşık 1psu’luk bir artışla Eylül, Ekim’de 23psu, Aralık, Şubatta 24-25psu, Mayısta 23-24 Ağustosta 25, daha iç körfezde ise ortalama 0.5psu artarak; Eylül, Ekimde 24psu, Aralık ve Şubat’ta 25psu, Mayıs’ta 24psu, Ağustos’ta 25psu olmaktadır. Yüzey tuzluluğundaki artışın iç kesimler ve dil burnu gibi sığ kesimlerde olması dip derinliği ve topografyanın karışımında önemli bir rolü olduğunu göstermektedir. Dip sularının tuzluluğu batıdan doğuya doğru batıda 38,6psu, ortada 8,5psu ve doğudaki iç bölgede ise 37,5psu civarındadır (Şekil 27).

Şekil 27’de verilen sıcaklık ve tuzluluk kesitlerinde, oldukça belirgin bir tabakalaşma gözükmemektedir. Üst tabakanın 14°C’lik kontur çizgisi ile alt tabaka suyundan ayrıldığı düşünülebilir. Bunun yanında 30psu’luk tuzluluk konturu yaklaşık olarak bu konturla çakışmaktadır.

Soğuk ara tabakanın etkisi 20m’de görülmektedir. 2000 senesinin Mayıs ayında 11°C’deki soğuk ara tabakanın etkisi en fazladır. Ağustos ayında 13°C olan soğuk ara tabaka bir evvelki seneye ait Eylül verilerinde ısınarak zayıflamış ve sıcaklığı 14°C ye kadar çıkmıştır. Ekim ayında ise alt tabaka sıcaklığı ile soğuk ara tabaka sıcaklığı arasında 0,5°C’lik bir fark olduğundan kesitlerde belli olamamakla beraber profillerde azda olsa soğuk ara tabakadan izler görülmektedir (Şekil 26, 27).

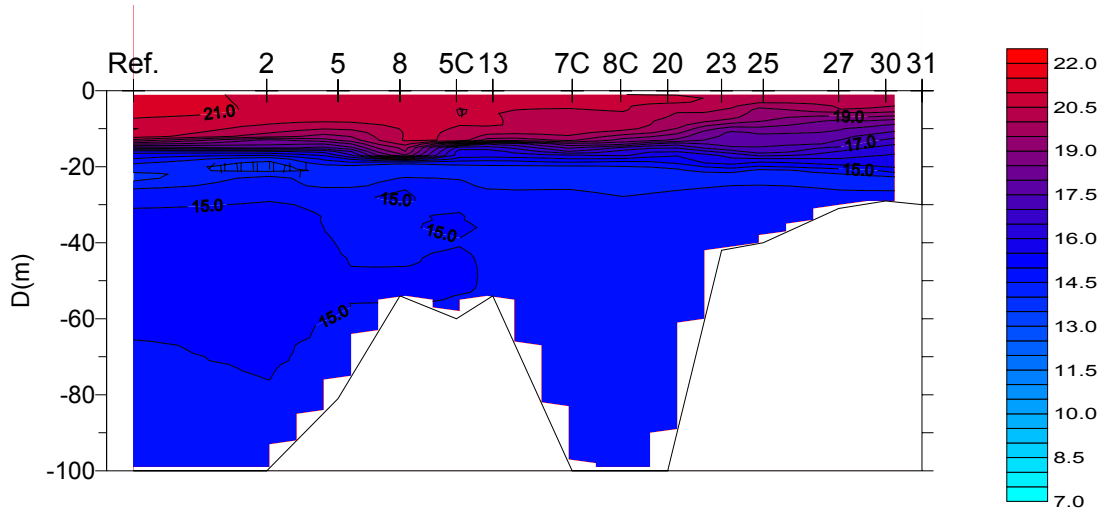
Şubat ve Mayıs aylarında üst tabaka suyu kalınlaşarak derinliği 5m kadar daha artmıştır. Bu ise profillerin açıklamasında bahsedildiği gibi Aralık–Ocak ve Mart–Nisan aylarında Marmara’dan Körfezin üst tabakasına doğru olan yoğun su girişini göstermektedir. İleride bahsi geçecek akıntı ölçümlerinde de Aralık ayı için bu düşüncüyü doğrulayacak veriler mevcuttur (Şekil 27).

38psu tuzluluk değerli Akdeniz kökenli Marmara suyu en doğudaki iç kısım dışında batı ve orta körfezin tamamında gözlenmiştir. Körfezin doğusundaki iç kesimlerde derinlik

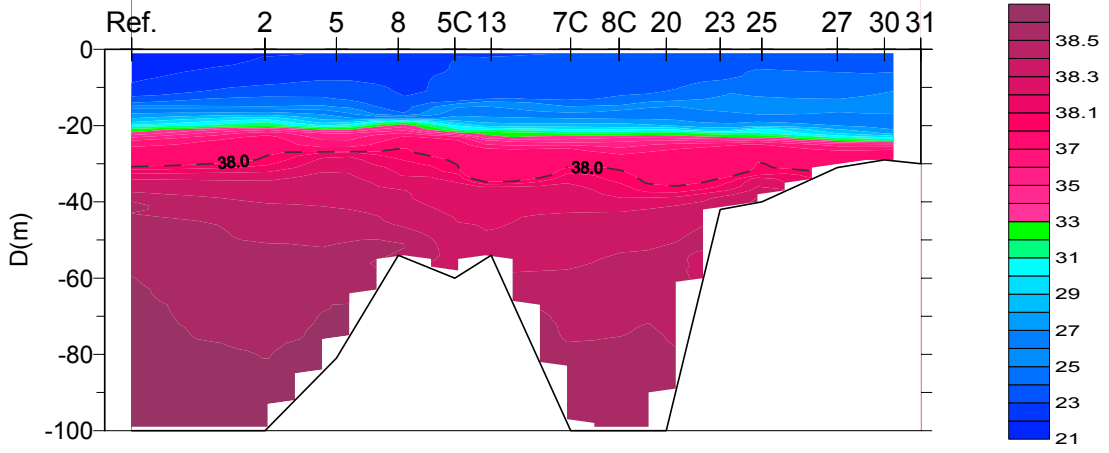
yetmediğinden 38psu değerine rastlanılmamıştır. Bu bölgenin dip tuzluluk değeri 37,5psu'yu geçmemiştir. Ayrıca Dil Burnu ve doğudaki iç kesim gibi sığ bölgelerde ki karışımın etkisiyle 38psu kontur çizgisindeki derinleşen sivri yapı görülmektedir. Karışım, üst tabakanın alt tabakadan su alması şeklinde yorumlanabilir ve en iç kısımdaki eş tuzluluk ve sıcaklık çizgilerinin aşağı doğru olan eğimi bunun göstergesidir.

Ekim ayındaki sıcaklık kesitinden (Şekil 27) Eylül ayına göre daha zayıf bir tabakalaşma gözükmemektedir. Profillerde de (Şekil 27) bahsedildiği gibi ara yüzeydeki 5 metrelik yükselme, tuzluluk kesitinde çok belirgin olarak görülmektedir. Bu durum Eylül ayında alt tabakaya giren Marmara suyunun etkisini göstermektedir.

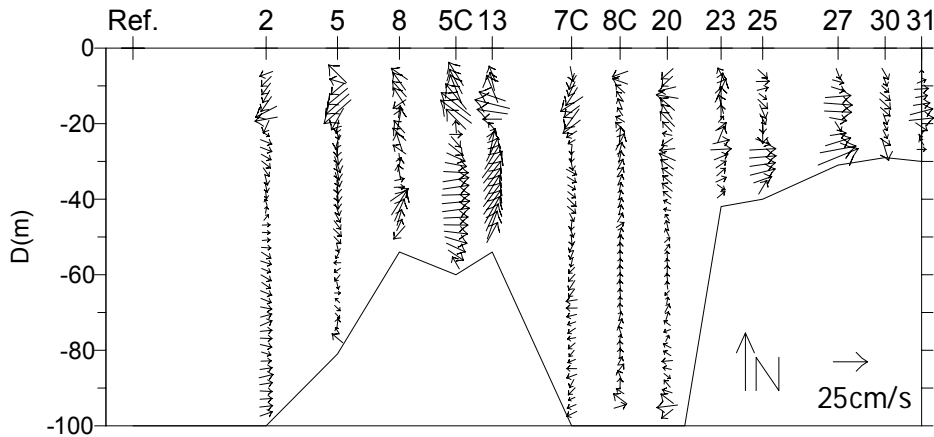
Şekil 27'deki akıntı kesiti, özellikle dar bölge olan Dil Burnu civarında alt tabakada körfez içine doğru, üst tabakada da dış körfeze doğru oldukça kuvvetli akıntı olduğunu göstermektedir. Bu akıntı sisteminin üst tabakadaki kirliliğin azalmasında önemli katkısı olduğu düşünülebilir. Şekil 27'deki Ekim ayına ait akıntı kesitinde ise, Körfezden Marmara'ya doğru olan üst akıntının bir önceki aya göre daha düşük oluşu ve ara tabakadan Körfez içine doğru zayıf bir akıntının varlığı gözlemlenirken, daha derinlerde Marmara'ya doğru belirgin bir akıntı sistemi gözlemlenmiştir. Aralık ayında akıntı sisteminin tersine dönerek, yüzeyden körfeze giren bir su kütlesiyle, alt tabakadan ise körfezi terk eden bir akıntının gözlemlenmektedir (Şekil 27). Şubat ayında sistem tekrar tersine dönerek Aralık'taki durumun zıttı bir durum görülmüştür (Şekil 27). Aralık ayında görüldüğü gibi Mayıs ve Ağustos aylarında da üst tabakada körfez içine alt tabakada ise körfez dışına doğru gözüken bir akıntı sistemi oluşmuştur (Şekil 27, 28).



Eylül 99; Sıcaklık (degC) (min:7.0, maks:22.0, kontur aralığı:0.5)

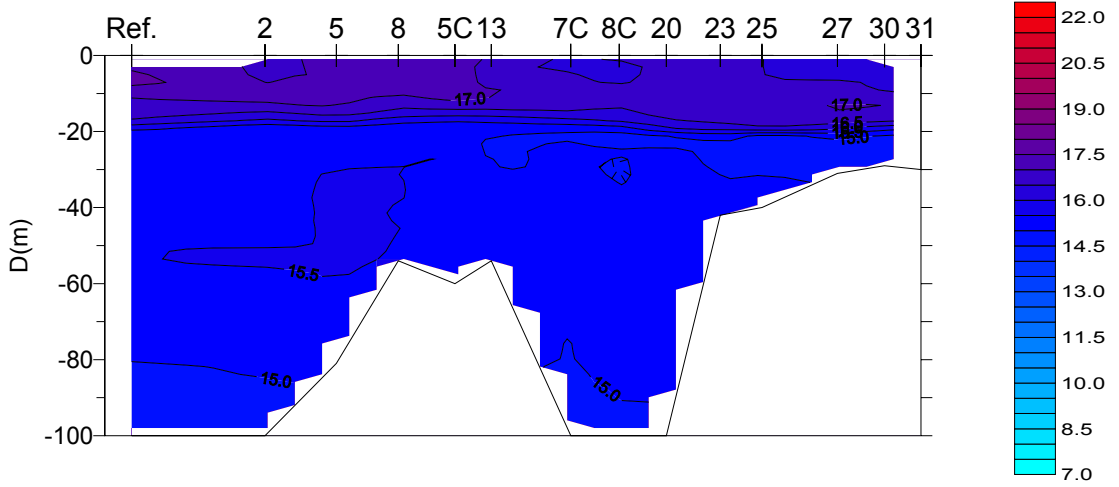


Eylül 99; Tuzluluk (min:22.0, maks:38.0, kontur aralığı:1.0)
(min:38.1, maks:38.6, kontur aralığı:0.1)

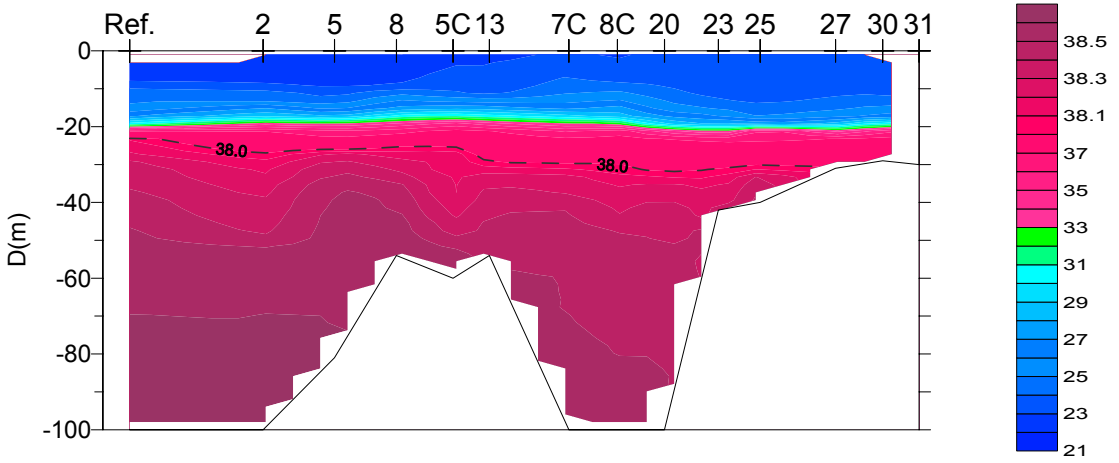


Eylül 1999; Akıntı hızı ve yönü

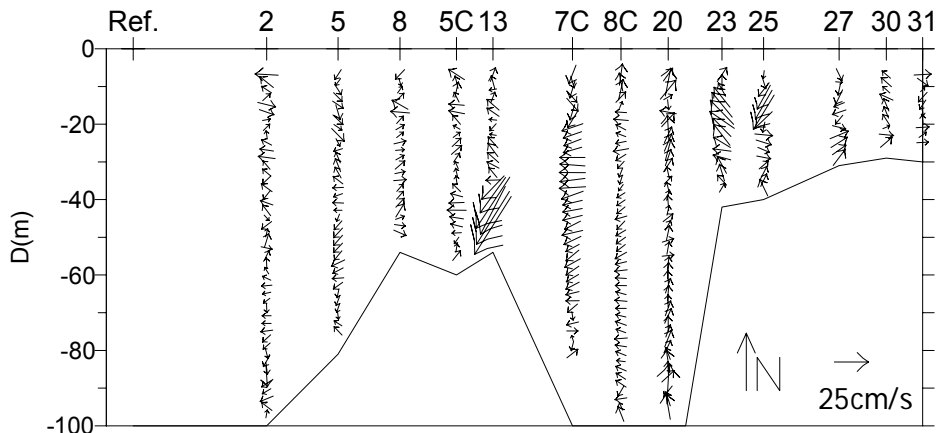
Şekil 27. İzmit Körfezi tuzluluk, sıcaklık ve akıntı enkesitleri



Ekim 99; Sıcaklık (degC) (min:7.0, maks:22.0, kontur aralığı:0.5)

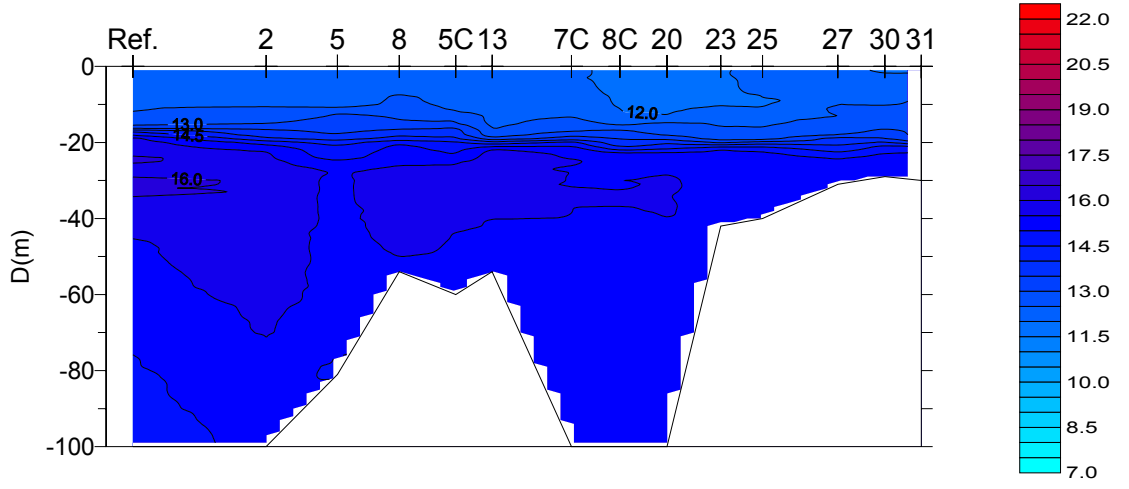


Ekim 99; Tuzluluk (min:22.0, maks:38.0, kontur aralığı:1.0)
(min:38.1, maks:38.6, kontur aralığı:0.1)

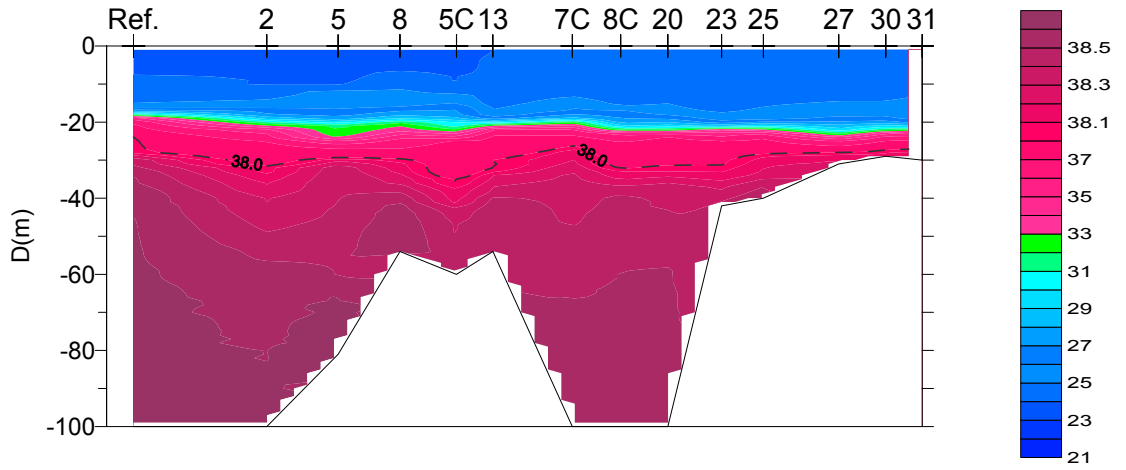


Ekim 1999; Akıntı hızı ve yönü

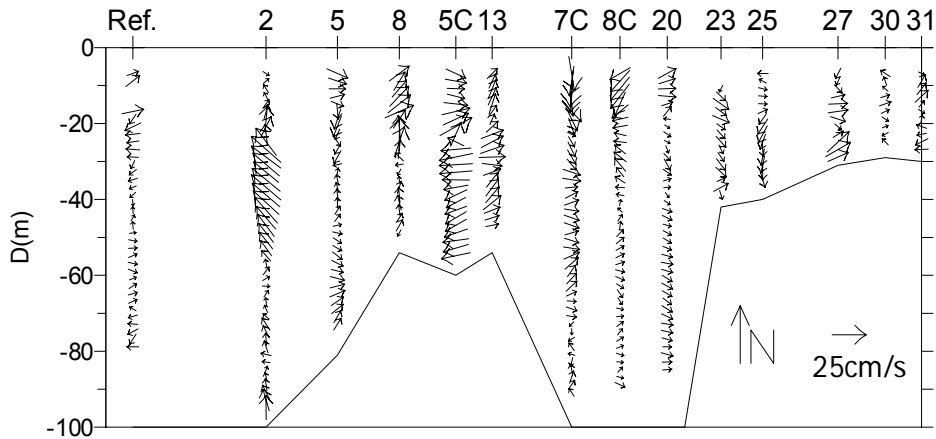
Şekil 27. Devam.



Aralık 99; Sıcaklık (degC) (min:7.0, maks:22.0, kontur aralığı:0.5)

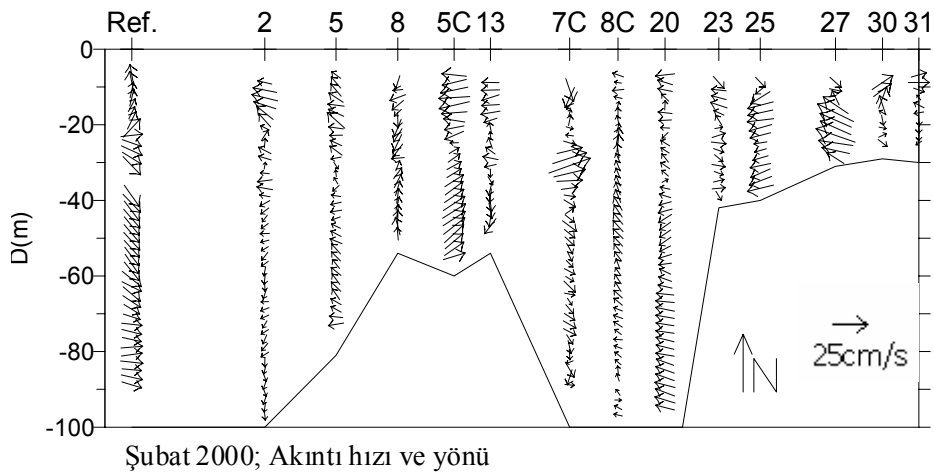
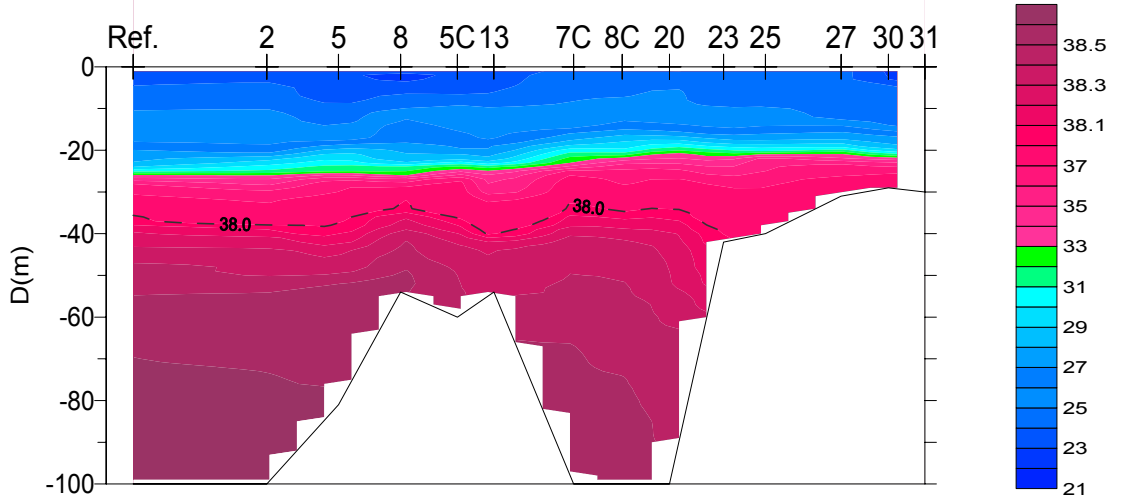
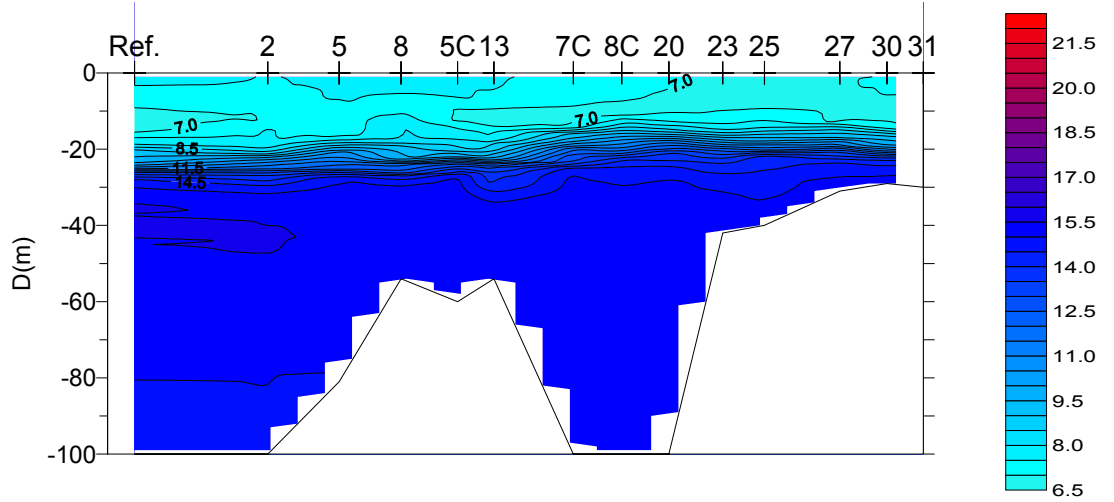


Aralık 99; Tuzluluk (min:22.0, maks:38.0, kontur aralığı:1.0)
(min:38.1, maks:38.6, kontur aralığı:0.1)

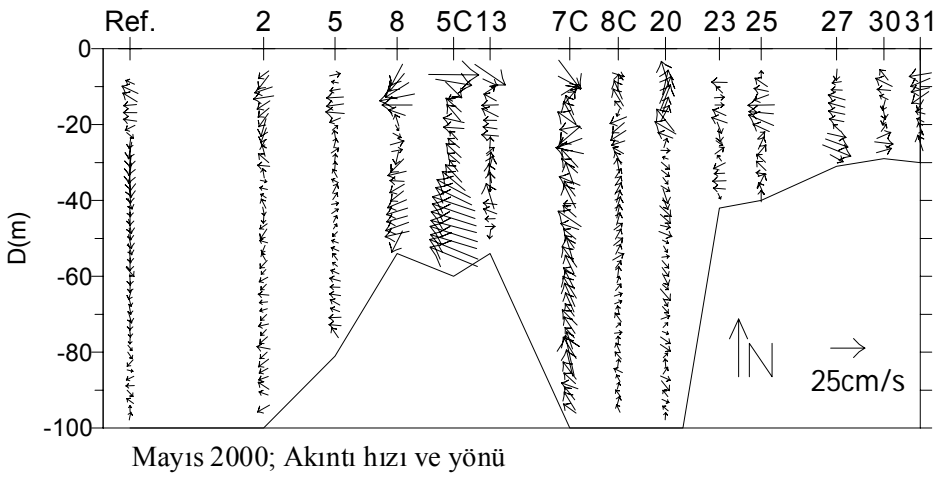
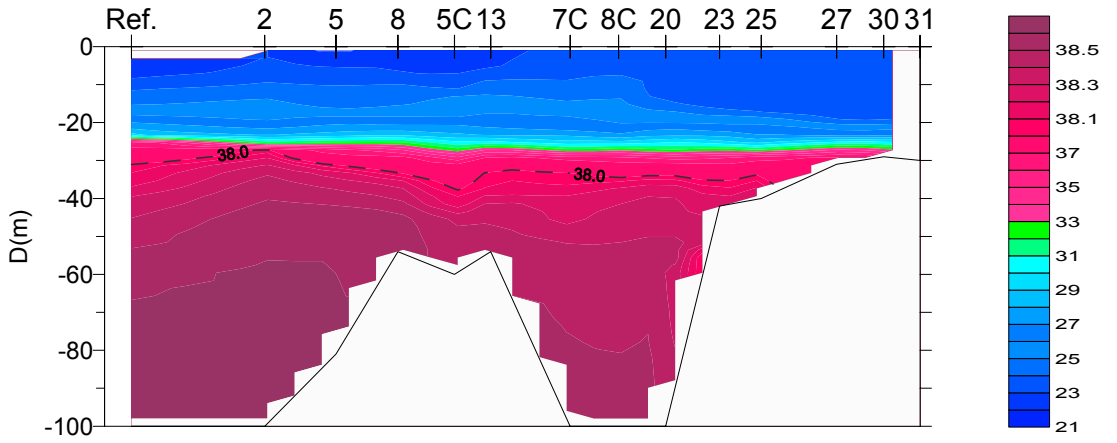
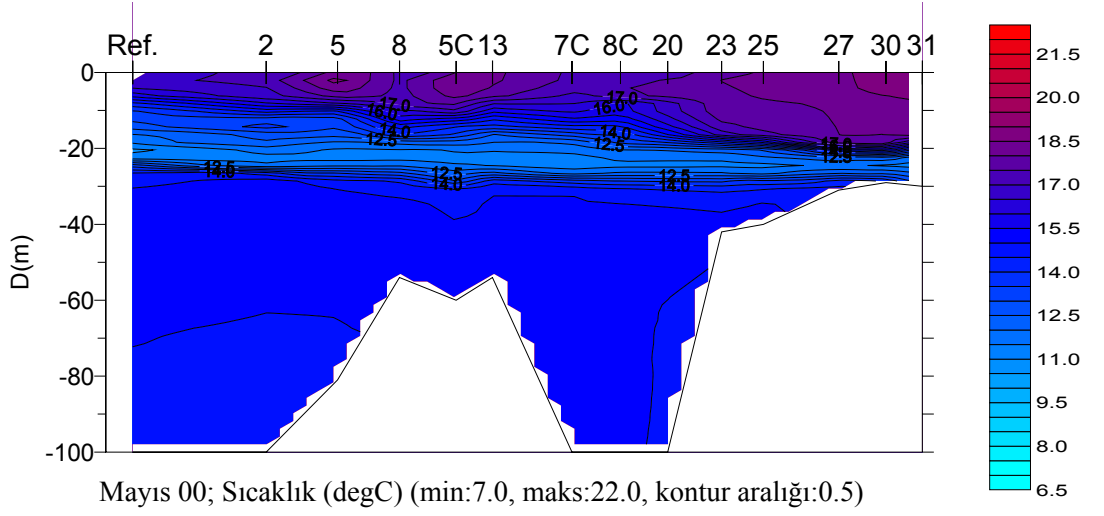


Aralık 1999; Akıntı hızı ve yönü

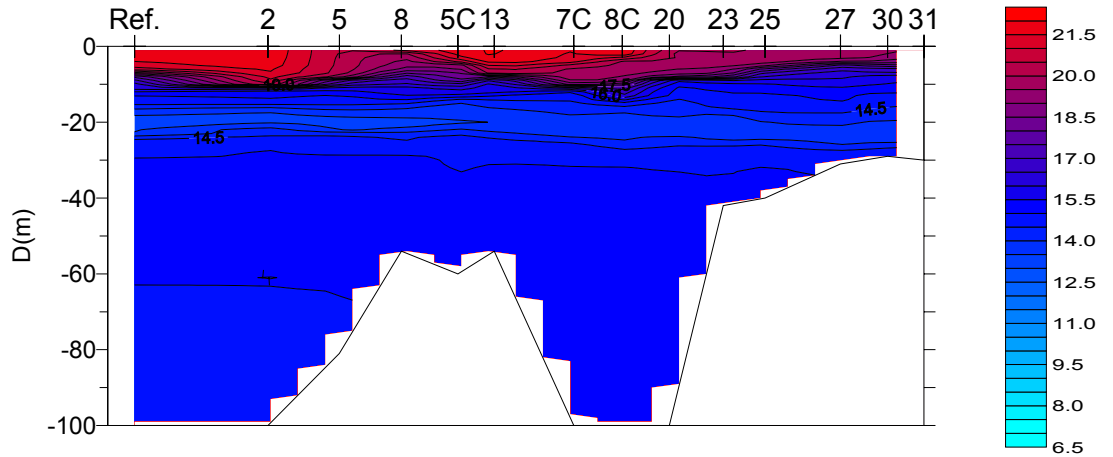
Şekil 27. Devam.



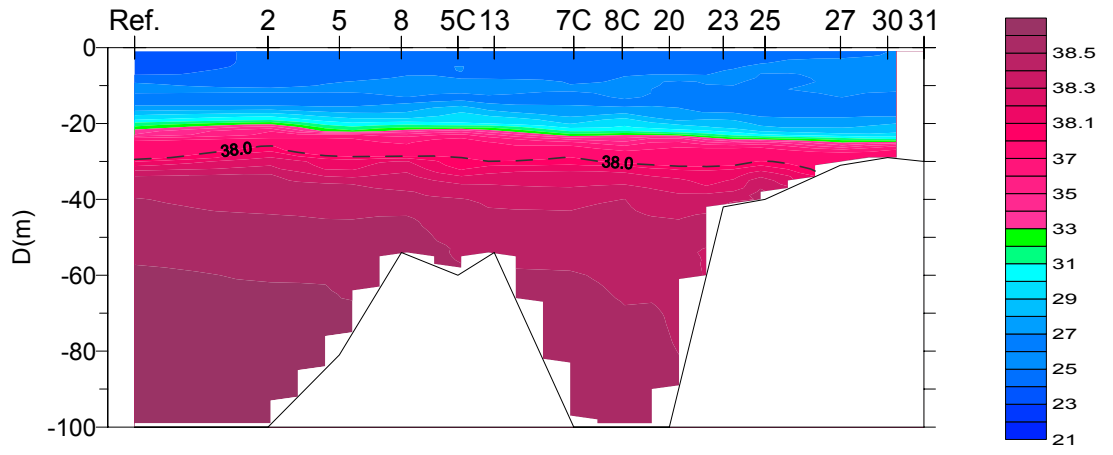
Şekil 27. Devam.



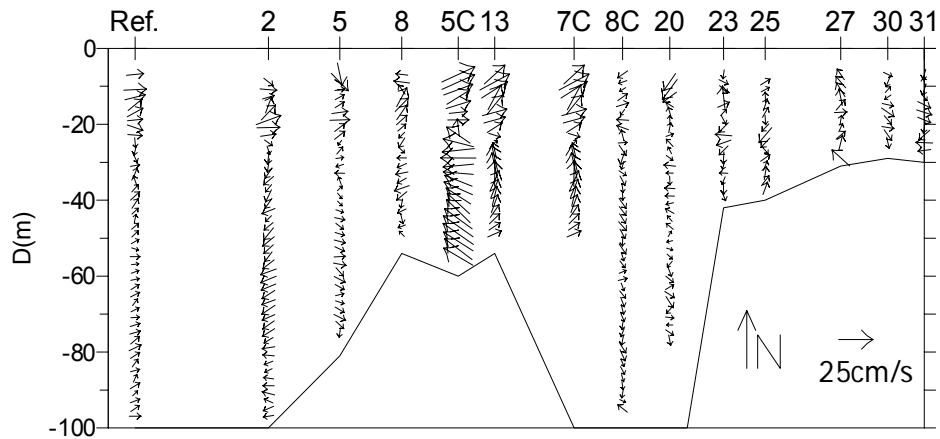
Şekil 27. Devam.



Ağustos 2000; Sıcaklık (degC) (min:6.5, maks:22.0, kontur aralığı:0.5)



Ağustos 2000; Tuzluluk (min:21.0, maks:38.0, kontur aralığı:1.0)
(min:38.1, maks:38.6, kontur aralığı:0.1)



Ağustos 2000; Akıntı hızı ve yönü

Şekil 27. Devam.

3.2.3. Dolaşım özellikleri

Yukarıda bahsi geçen dikey dolaşım özelliklerinin yanında, özellikle daralan boğaz geçişleri ile bu geçişler arasında kalan bölgelerde ve Körfez girişinde, su kütlesi dolaşımında yatay yönde de belirgin değişiklikler olduğu bu bölümde görülecektir.

ADCP ile ölçülen veriler ışığında üst ve alt tabakanın dolaşimleri, ölçüm yapılan aylar için sırası ile Şekil 28'de verilmiştir. Eylül ayında 10 metredeki akıntı vektörleri (Şekil 28), üst tabaka akıntısının körfezden Marmara'ya doğru olduğunu göstermektedir. Dış körfezdeki akıntı hızı 10-15cm/s iken Dil Burnu civarında akıntı oldukça artmakta ve 20-30cm/s gibi değerlere ulaşarak orta körfezi n üst tabakasındaki suları dış körfeze taşımaktadır. Bu sular dış körfezde siklonik bir döngü ile körfezin güneyindeki Çatal Burnu bölgesine yönelerek körfezi terk etmektedir. Orta körfezdeki genel siklonik döngüye ilave olarak, yüzeyden en doğudaki iç körfeze ulaşan sular da üst tabakada siklonik bir döngü oluşturmaktadır.

Eylül ayında (Şekil 28) alt tabakadaki akıntı büyüklükleri genelde üst tabakadaki akıntı büyüklüklerine çok yakın olmasına karşın, Gölcük civarında iç körfeze doğru oldukça kuvvetli ve üst akıntının neredeyse 3 misli büyüklükte akıntı gözlenmektedir. Hem Dil Burnundaki hem de Değirmendere civarında alt su tabakasinda oldukça kuvvetli alt akıntının körfez içine yöneldiği belirgin olarak görülmektedir. Bu alt akıntının körfezdeki alt suyun yenilenmesinde önemli katkı sağlayacağı açıktır.

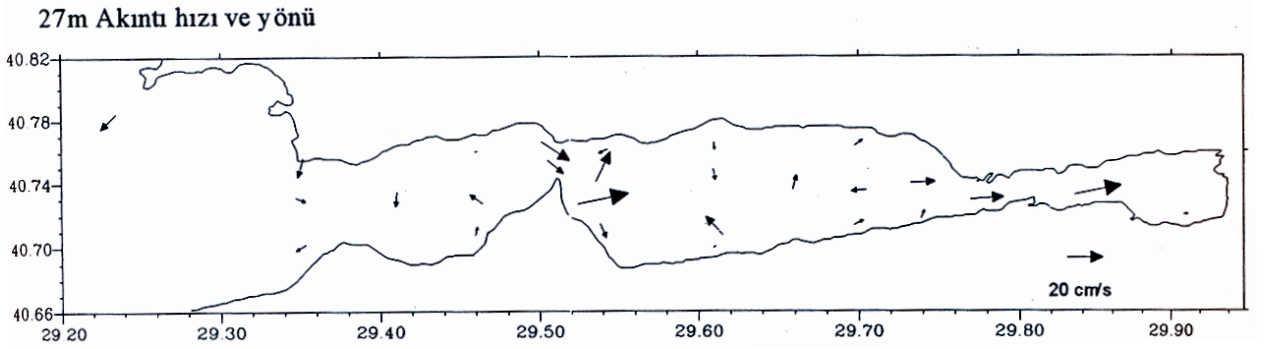
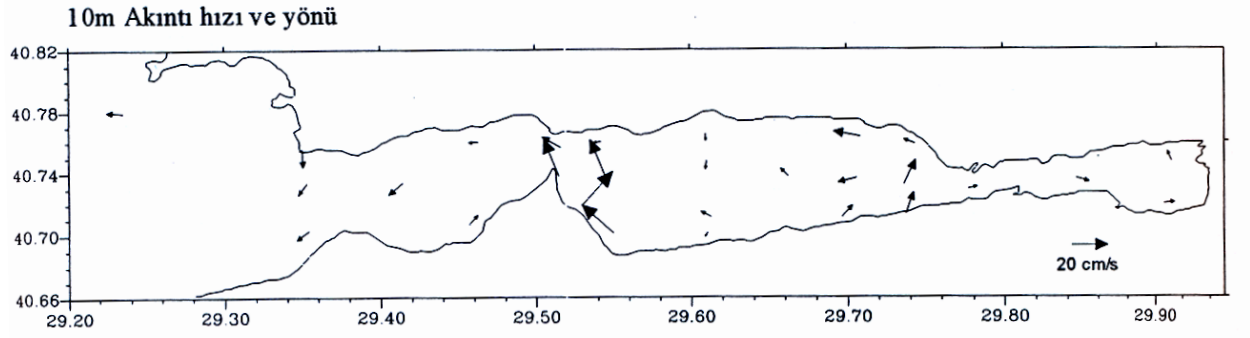
Ekim ayındaki akıntı sistemi yine Eylül ayındaki gibi, üst tabakada körfezden Marmara'ya doğru, alt tabakada da Marmara'dan Körfeze doğru olmasına karşın, Dil Burnundaki kuvvetli akıntı zayıflayarak 10 cm/s lik hız değerlerine düşmüştür (Şekil 28).

Aralık ayında ise Eylül ve Ekimdeki akıntı sisteminin tam tersi bir sistem oluşup, üst tabakada körfez içine doğru alt tabakada ise körfez dışına doğru bir akıntı sistemi görülmektedir (Şekil 28). Üst tabakadan körfeze giren su Dil Burnu'nu geçtikten sonra kuzeyden devam ederek orta körfezde antisiklonik döngü oluşturmakta, bir kısmı ise iç körfeze kadar girerek siklonik bir döngü oluşturmaktadır. Önceki aylarla karşılaştırıldığında, alt tabaka akıntısının oldukça kuvvetli olduğu (30cm/sn) ve körfezi Darıca tarafından terk ederek Marmara'ya çıktığı görülmektedir.

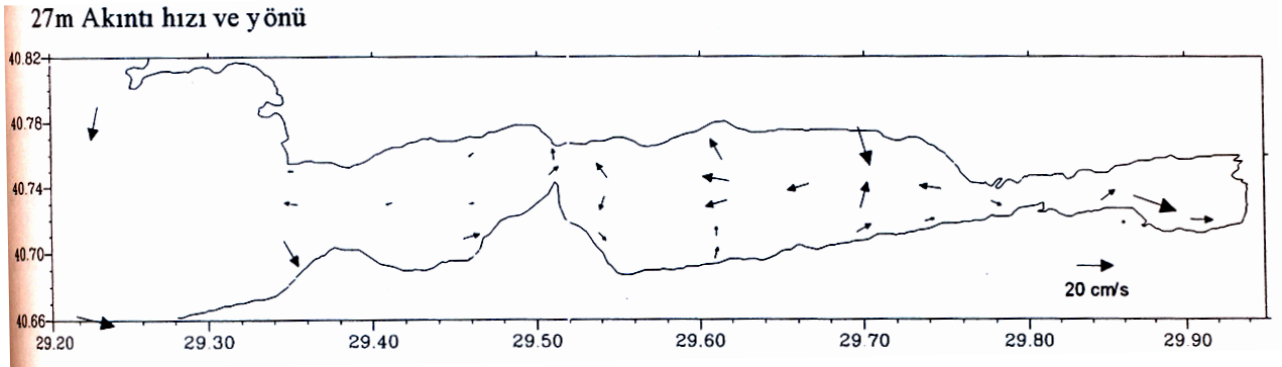
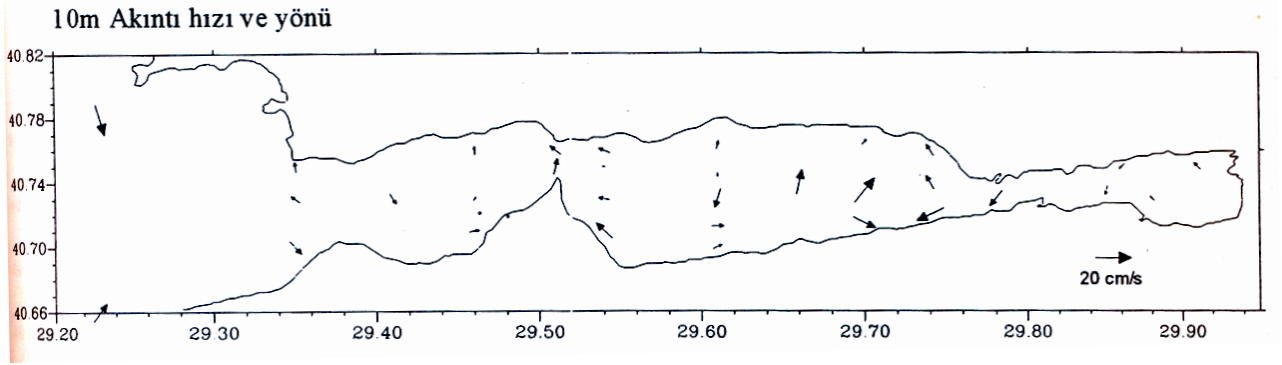
Şubat ayında ise sonbahar aylarındaki (Eylül, Ekim) akıntı yapısı yeniden oluşarak, üst akıntı körfez dışına, alt tabaka akıntısı ise körfez içine doğru yönelmiştir. Üst tabakada, orta körfezdeki antisiklonik döngü dikkat çekmekte ve dış körfezden Marmara'ya doğru çıkış Darıca tarafından olmaktadır (Şekil 28).

Mayıs ve Ağustos aylarında (Şekil 28), kış ayı Aralıkta gözlenen durumun benzeri tekrar oluşarak, üst tabakada körfez içine, alt tabakada ise körfez dışına doğru bir akıntı sistemi oluşmuştur. Orta körfezin üst tabakasında, siklonik ve antisiklonik iki döngünün oluşumu Mayıs ayında daha belirgindir. Ağustos ayında ise Dil Burnu civarındaki akıntının Mayıs ayından daha güçlü olduğu görülmektedir.

Eylül 1999

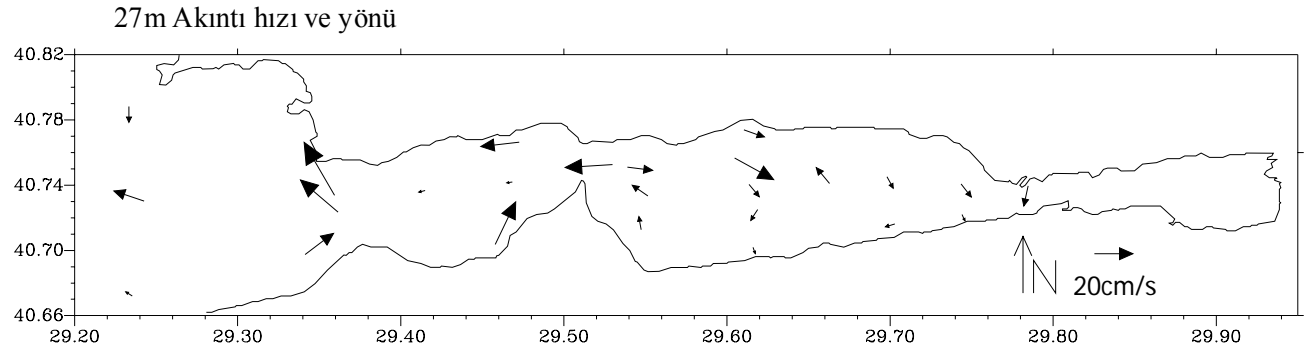
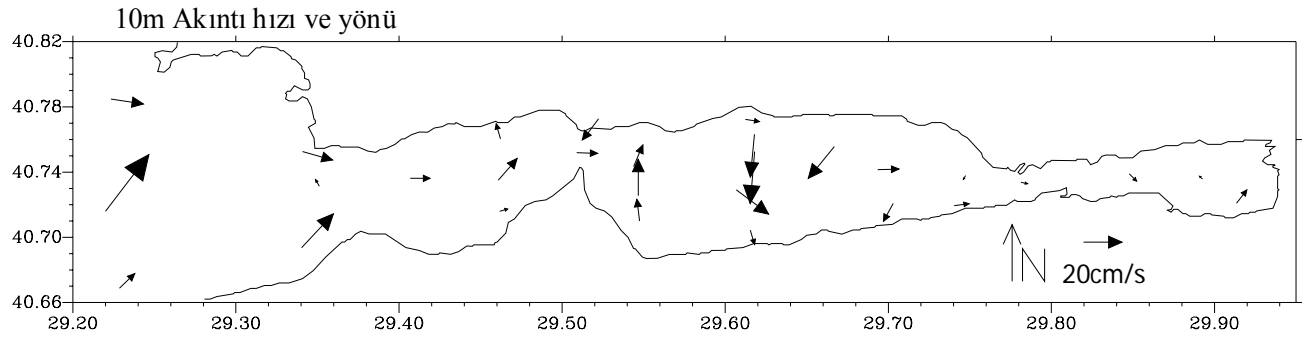


Ekim 1999

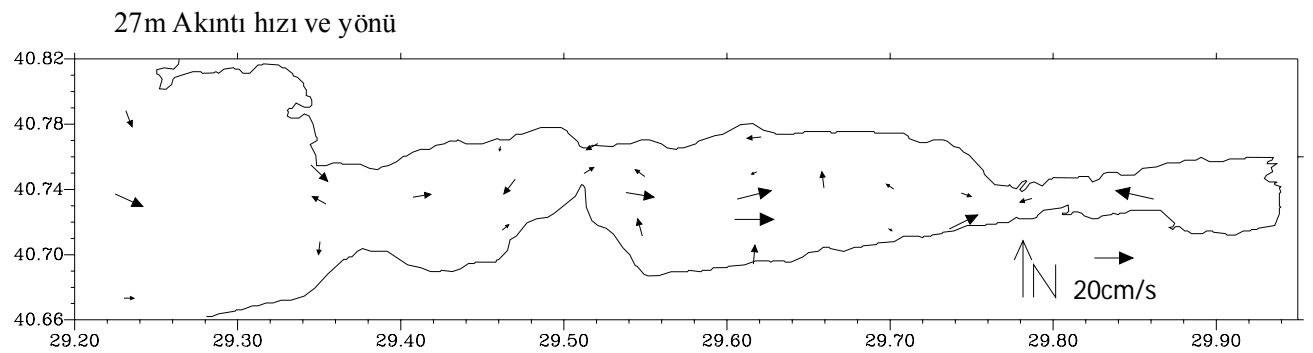
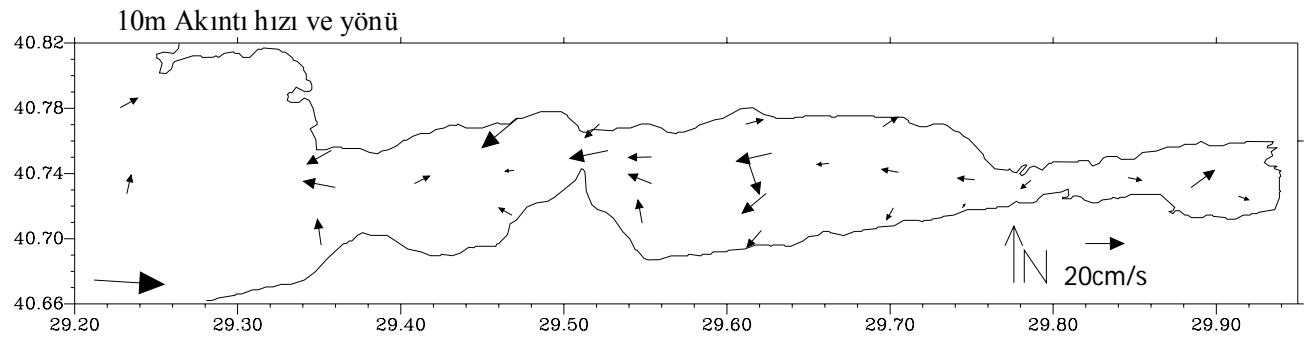


Şekil 28. İzmit Körfezi 10m. ve 27m. akıntı yüzey dağılımı

Aralık 1999

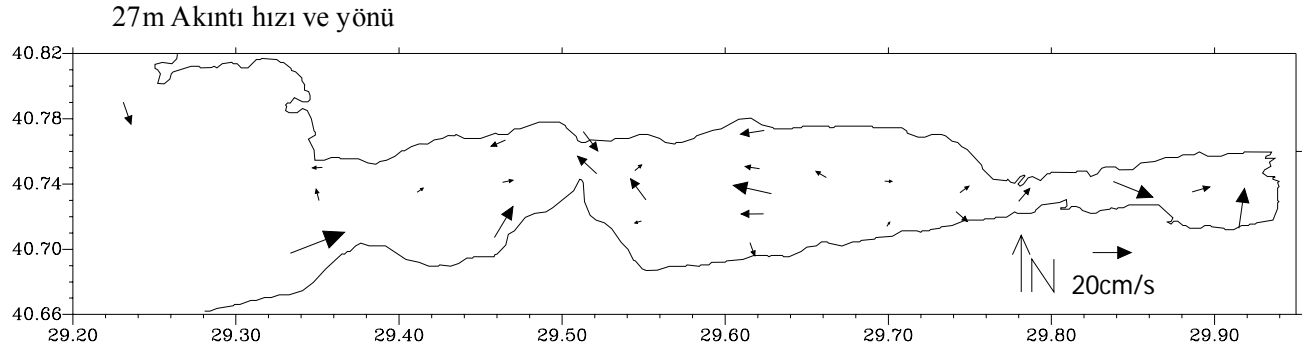
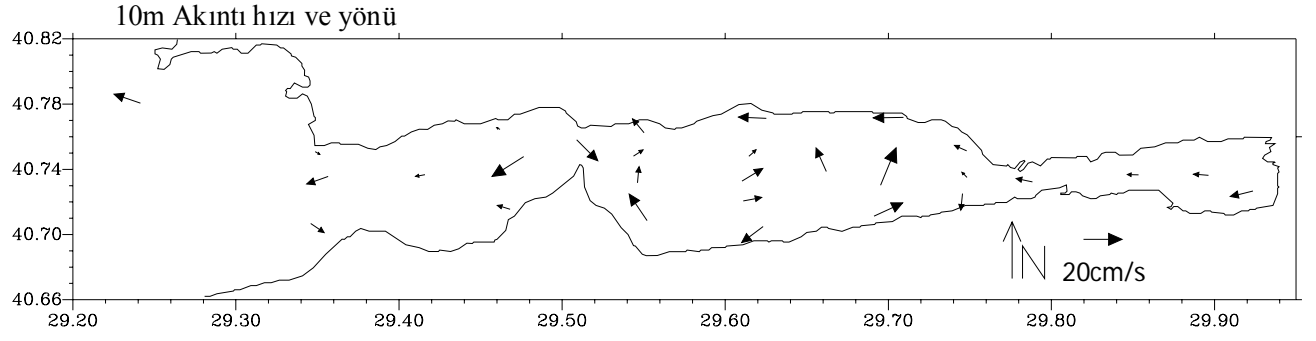


Şubat 2000

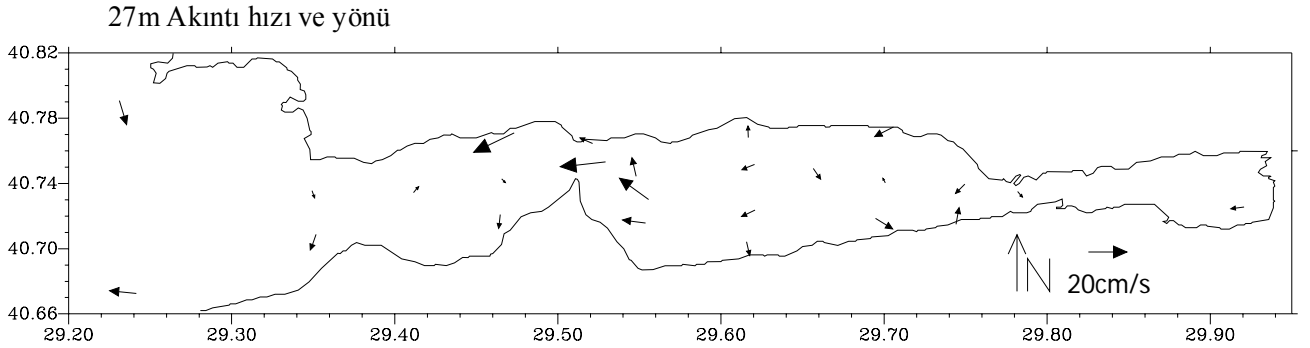
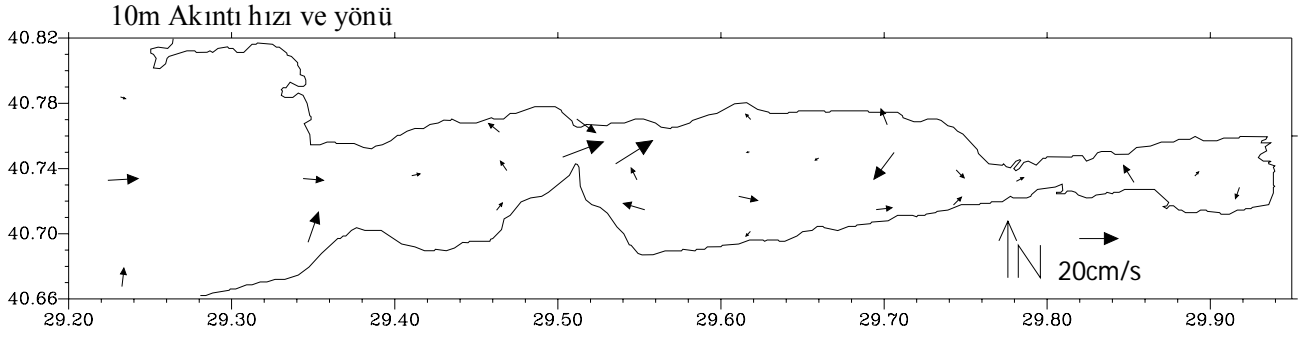


Şekil 28. Devam

Mayıs 2000



Ağustos 2000



Şekil 28. Devam.

3.3. 2005-2006 Senelerinde Yapılan Seferlerde Elde Edilen Verilerle Marmara Denizi Körfezlerinin Değerlendirilmesi

Bu bölümde 2005 ve 2006 senelerinde, Marmara Denizi'nde, dört ayrı mevsimde toplanmış verilerin, körfezler ve çevrelerine ait kısımları kullanılıp, her körfez için ayrı alt başlıklarda değerlendirilmiştir.

3.3.1. İzmit Körfezi

Haziran ayı için tuzluluk ve sıcaklık profilleri incelendiğinde tüm İzmit Körfezi'nde üst tabakada düşey karışım görülmektedir. Aslında bu karışım, Erdek Körfezi ve Çanakkale Boğazı civarındaki bazı istasyonlar hariç diğer körfezlerde de gözlemlenmiştir. Yüzey tuzluluk değeri körfez dışında 23,5psu iken, batı ve orta körfezde 22psu değerine düşmüştür. Doğu körfezde ise tekrar yükselerek 24psu'ya çıkmıştır. Derinliği yeten istasyonlarda 38psu değerine yaklaşık 30m derinlikte rastlanılmıştır (Şekil 29).

Bu ayda yüzey sıcaklığı, körfez dışında, batı ve orta körfezde 19°C civarında iken, doğu körfezde 22°C'ye çıkmıştır. Tüm körfezde, ~22m'de 10°C sıcaklığında, İstanbul Boğazından girmiş bir soğuk ara tabakaya rastlanılmıştır. Tüm körfezde (derinlik konturunun yeterli olduğu istasyonlarda) ~40m derinliğinden sonra, ölçüm yapılan dört dönemde de, 15°C sıcaklığındaki Akdeniz kökenli su görülmektedir (Şekil 29).

Tuzluluk, sıcaklık ve akıntı dağılımları incelendiğinde, 7m'de körfez içine doğru giren bir akıntı dikkati çekmektedir. Tuzluluk dağılımlarından, körfez çıkışında, Tuzla açıklarında, 7m derinlikte, hemen altındaki suyun yukarı doğru çıktığı halka yapısındaki konturlardan anlaşılmaktadır. Dil deresi civarında düşük sıcaklık ve tuzlulukta bir su kütlesi görülmektedir. İç kesimlere doğru sıcaklık ve tuzlulukta artış olmuştur (Şekil 30).

40m'de sıcaklık bakımından tüm körfez 15°C civarındadır. Tuzluluk güney sahillerine doğru 0,2psu'luk bir artış vardır. Bu derinlikte de, 7m'de olduğu gibi, akıntı vektörleri körfez içine doğrudur (Şekil 30).

Eylül ayında keskin bir ara tabakanın altında 25m'den sonra alt tabaka suyu görülmektedir. Batı ve orta körfezde, üst tabakada karışım gözükmemektedir. Körfezin doğusunda ise üst tabaka nispeten homojendir. Yüzey tuzluluğu 22 ila 24psu arasında değişim göstermiştir (Şekil 29).

Yüzey sıcaklığı 22-23°C arasındadır. Yüzey suyu sıcaklığı henüz soğumaya başlamamıştır (Şekil 29). Soğuk ara tabakanın etkisi, Haziran ayında görülen tabakayla kıyasla daha ince bir katman şeklinde, 20m'de görülmektedir. Soğuk ara tabakanın sıcaklığı, Haziran ayına kıyasla 3°C artarak ~13°C'ye yükselmiştir (Şekil 29).

Tuzluluk, sıcaklık ve akıntı dağılımları incelendiğinde, 7m'de, Tuzla açıklarında, Soğuk bir bölgeye rastlanmıştır. Bu durum bu bölgede, hemen altında ki soğuk suyun yukarıya doğru çıkmış olabileceğini çağrıştırmaktadır. Haziran döneminde, benzer bir yapıyı Tuzluluk profillerinde görülmüştü. Doğuya doğru tuzluluktaki artış ve sıcaklıktaki düşüş, alt tabaka ile üst tabaka arasındaki alış veriş etkisiyledir (Şekil 30).

7 metrede, akıntı vektörlerinden oldukça durgun bir yapının varlığı gözükmemektedir. Bu ayda, akıntı vektörlerinin doğu-batı doğrultusundaki bileşkeleri göz önünde bulundurulursa, bu derinlikte, bölgeler arası su alış verişinin kısıtlı olduğu görülmektedir (Şekil 30).

Alt tabakayı temsil eden 40m derinliğinde, sıcaklık yine neredeyse sabit olup 15,2°C'dir. Tuzluluk güney sahiline doğru artmaktadır. Akıntı dağılımlarında ise, batı körfezde körfezi terk eden bir akıntı gözlemlenmiştir. Orta ve doğu körfezde ise doğuya doğru, içeriye giren bir akıntı yapısı vardır. Orta körfezde antisiklonik bir döngü görülmektedir (Şekil 30).

Aralık ayında, tüm İzmit Körfezi'nde, alt ve üst tabakayı keskin bir ara yüzey tabakası ayırmaktadır. Üst tabaka kalınlığı 20 metredir. Tüm körfezde yüzey tuzluluğu 23psu'dur. Alt tabaka suyu yaklaşık 23m'den sonra gözükmemektedir. Yüzey suyu sıcaklığı tüm körfezde neredeyse aynı değere sahip olup 11,5°C'dir (Şekil 29).

Batı körfezde, 7m'de, düşük tuzluluk ve sıcaklık değerinde bir katman gözükmemektedir. Doğuya doğru, sıcaklık ve tuzlulukta artış görülmektedir. Bu derinlikteki akıntı dağılımları incelendiğinde, tüm körfezde kuzeydoğu yönlü 15cm/sn hıza sahip bir akıntı gözükmemektedir. Akıntılarının doğu-batı bileşkeleri göz önünde bulundurulduğunda, bu derinlikte su hareketinin içeriye doğru olduğu görülmektedir (Şekil 30) .

40m dağılımları incelendiğinde, sıcaklık bakımından; Tuzla açıklarından doğu körfeze kadar 15,2°C'lik bir sıcaklık görülmektedir. Tuzluluk güney sahiline doğru artış göstermiştir.

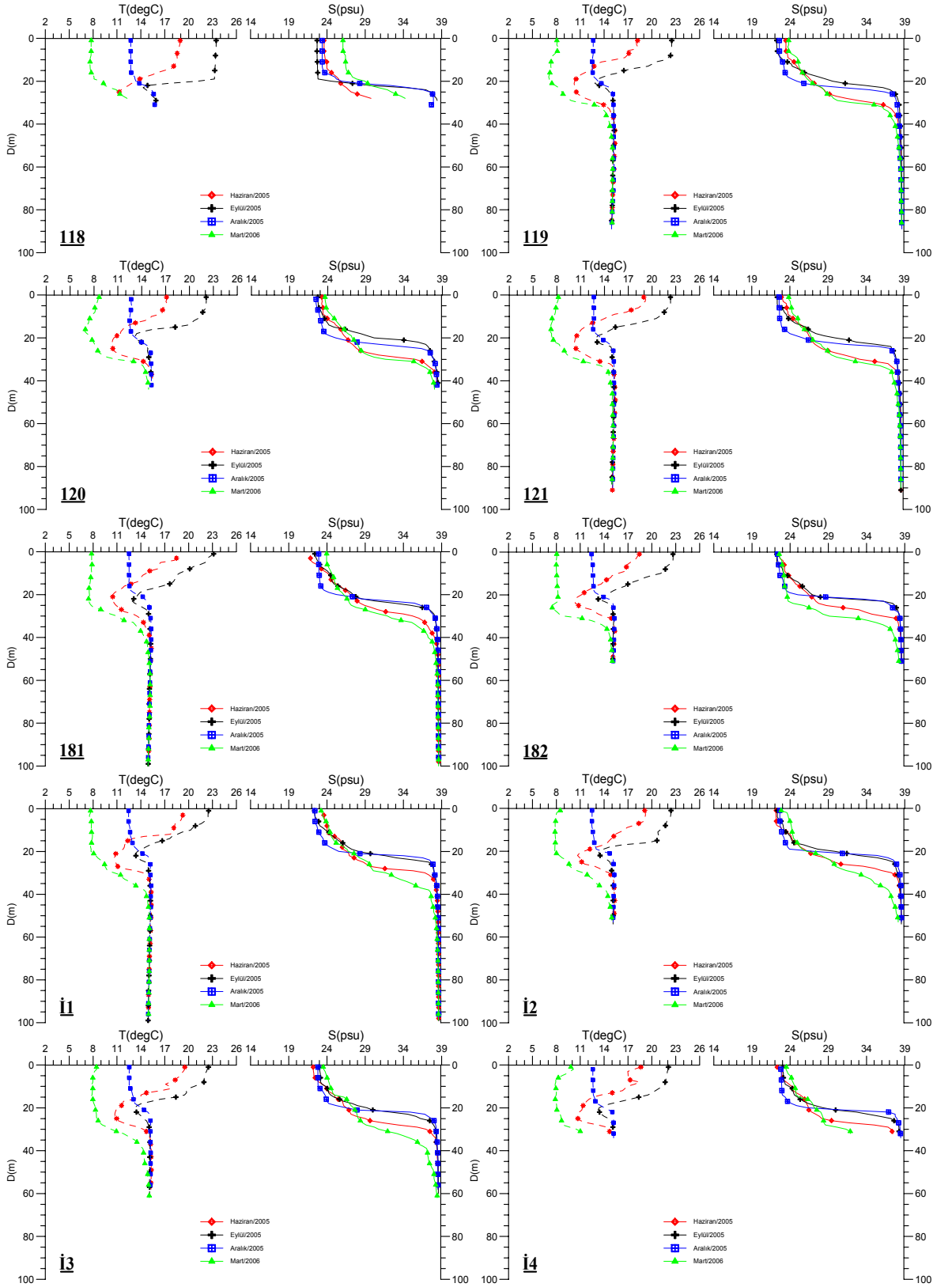
Akıntı hızları 5cm/sn'yi bulmamaktadır. Körfez boyunca, doğu yönlü bir akıntı, iç körfeze kadar ilerlemektedir (Şekil 30).

Mart ayında, İzmit Körfezi'nde, düşey karışım neticesinde ara tabaka kalınlaşmıştır. Bu karışım, bir kaç istasyon hariç, yüzey suyuna kadar etkisini göstermiştir. Gerek karışımın etkisiyle, gerekse Boğaz üst akıntısının bu dönemde bloke olmasıyla; Marmara Denizi'ne az tuzlu Karadeniz kökenli üst tabaka suyu girişi engellenmiş ve Marmara Denizi yüzey tuzluluk değeri 26psu değerine kadar çıkmıştır (Şekil 29). Bu durumun tüm Marmara'da etkin olduğu, güney körfezlerine ait verilerle de desteklenmektedir. İzmit Körfezi çıkışının kuzeybatısında yer alan 118 nolu istasyonda da bu durum görülmektedir. Fakat körfezin iç kesimlerine doğru, bu etkinin azaldığı, hatta istasyon İ6 ve İ7'de, bu dönemde görülen yağışa bağlı olarak tatlı su girişi etkisiyle yüzey tuzluluğunda 22psu'ya düşme gözlemlenmiştir. Sıcaklığın iç kesimlerde yüzeye doğru artışı, hava sıcaklığına bağlı olarak, hızlıca yükselmeye başlayan yüzey suyu sıcaklığını göstermektedir. İ4 istasyonunda, 10°C olması, Dil deresinden giren AKM yoğunluğunun etkisiyle, güneş ışığının bu bölgede daha fazla soğurulmasından kaynaklanmış olabilir (Şekil 29).

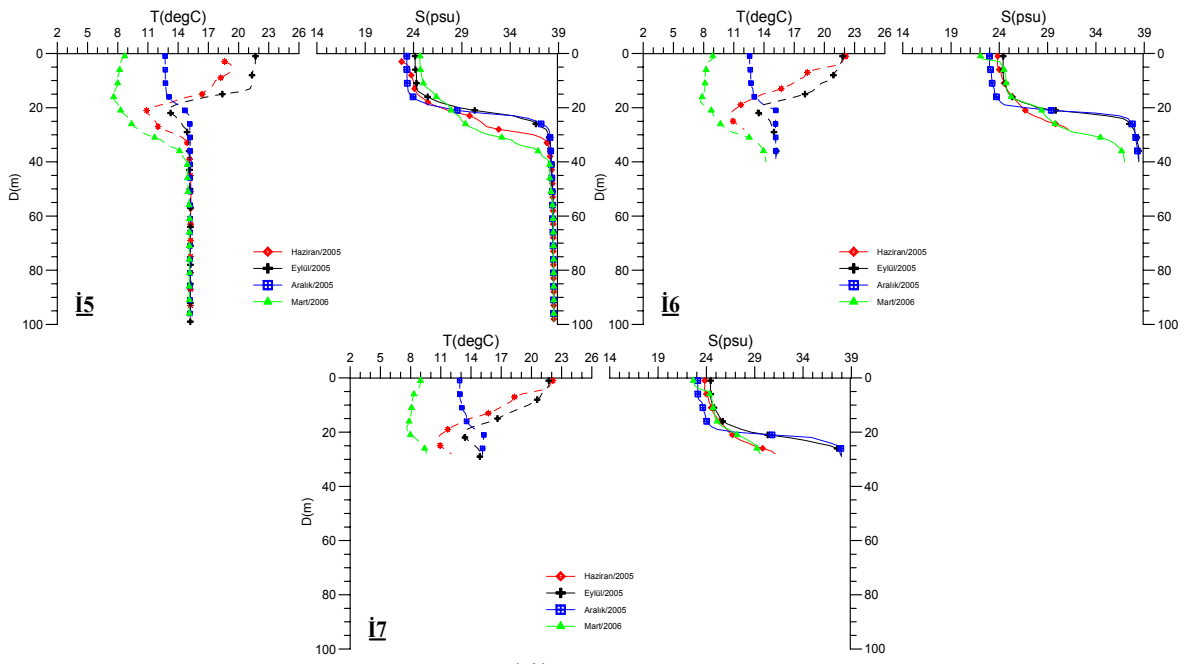
Tuzluluk, sıcaklık ve akıntı dağılımları incelendiğinde, 7m'de, tuzluluk ve sıcaklık bakımından iç kesimlere doğru artan bir eğilim göze çarpmaktadır. İzmit Körfezi'nin 7 metresindeki tuzluluk değerinin hemen çıkışından fazla olması, körfez içinde üst tabakaya alt tabakadan katılım olduğunu göstermektedir. Doğu körfezdeki yüksek tuzluluk değeri, sığ kesimlerde bu karışımın arttığını teyit etmektedir. Körfez içinde 7m'de oldukça zayıf akıntılar gözlemlenmiştir (Şekil 30).

40m'de körfez daha dinamik gözükmektedir. Dar geçiş bölgelerinden körfezi terk eden akıntılar dikkati çekmektedir (Şekil 30).

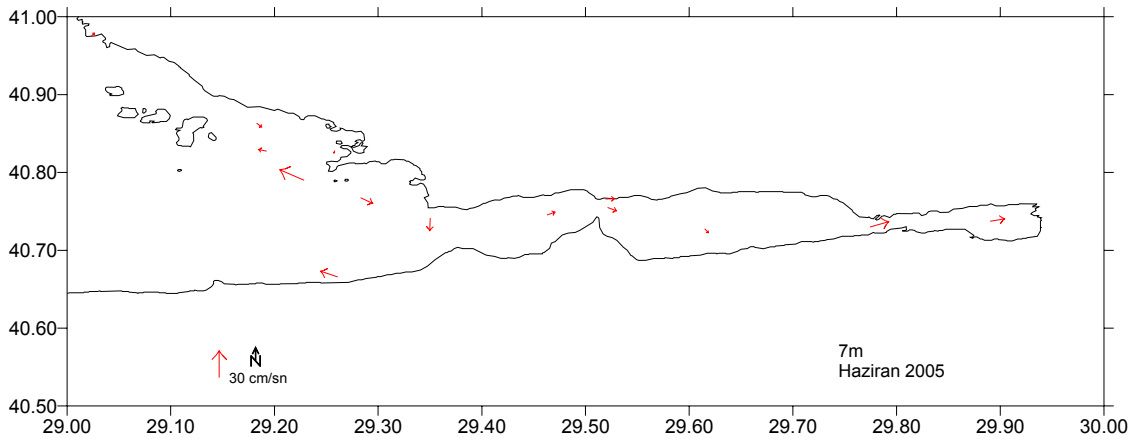
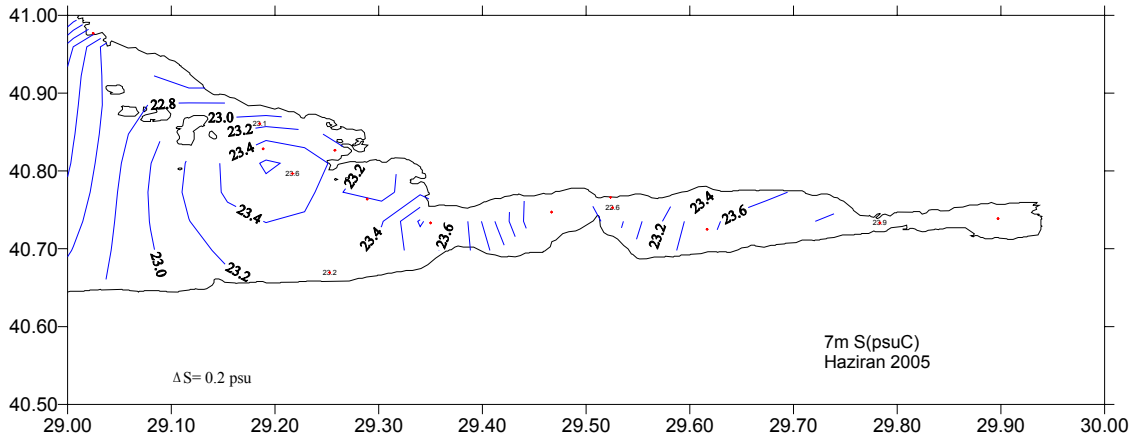
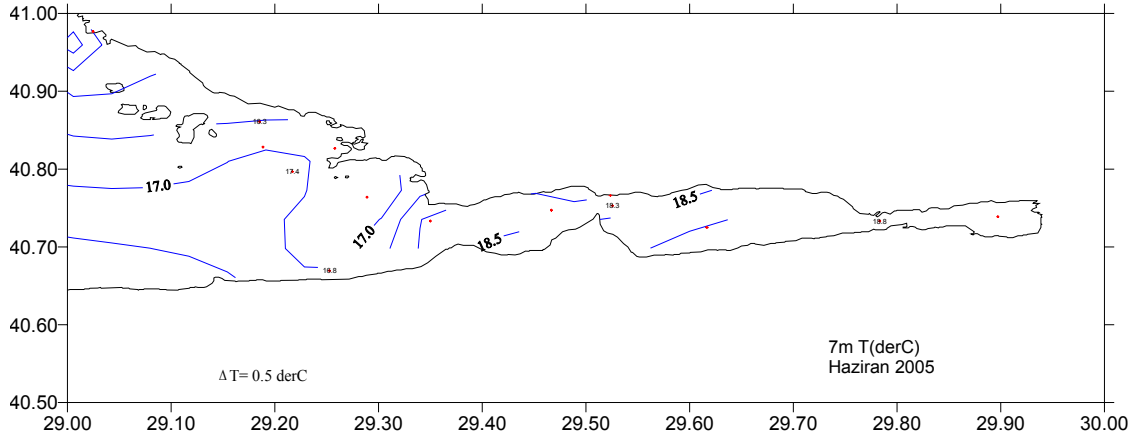
Orta körfezde, 40 metrede, sıcaklık bakımından güney yönünde bir artış gözlemlenmiştir. Bu ayda görülen düşey karışım neticesinde, bu ayda, 40 metrede, körfez içinde tuzluluk değeri 37psu civarındadır (Şekil 30).



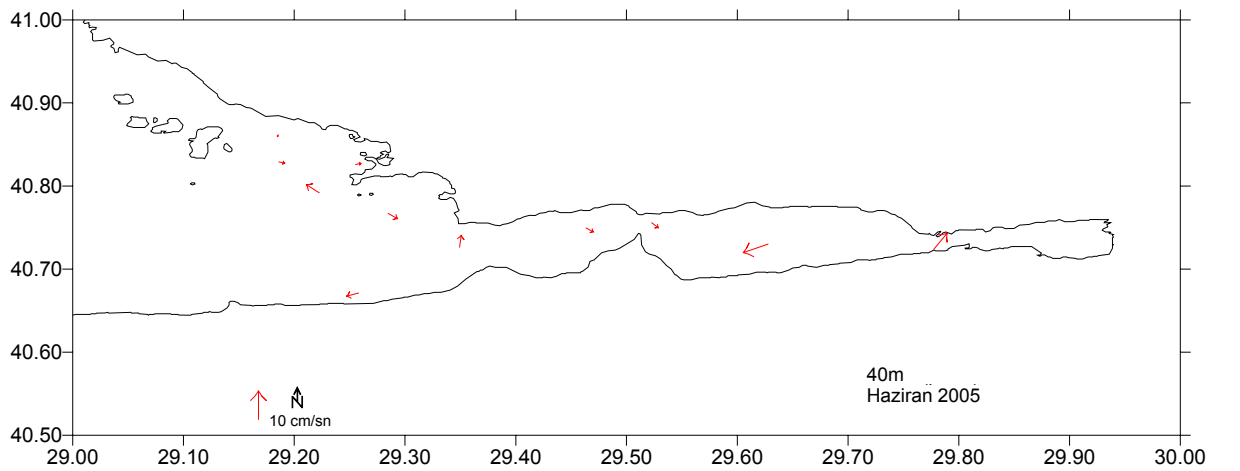
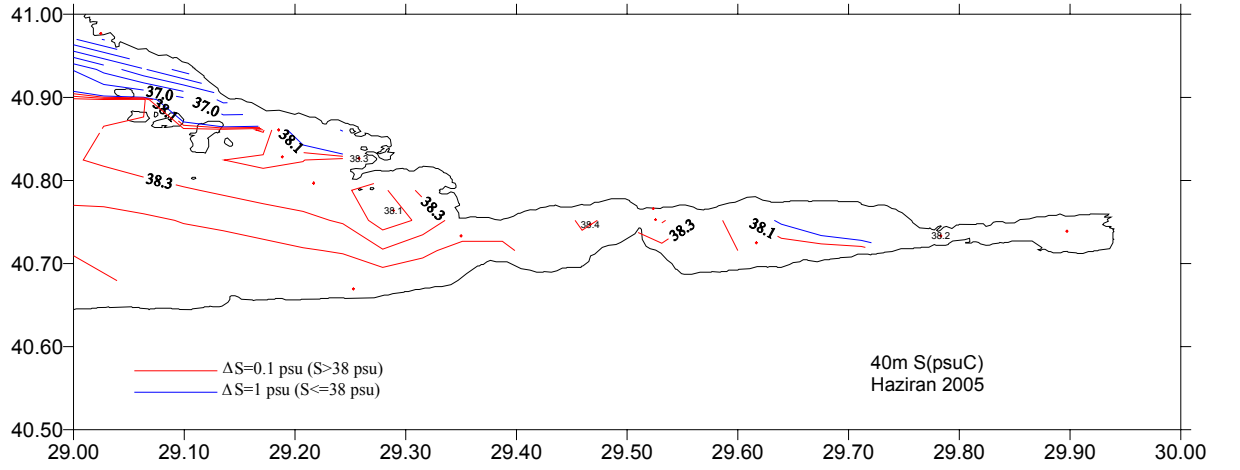
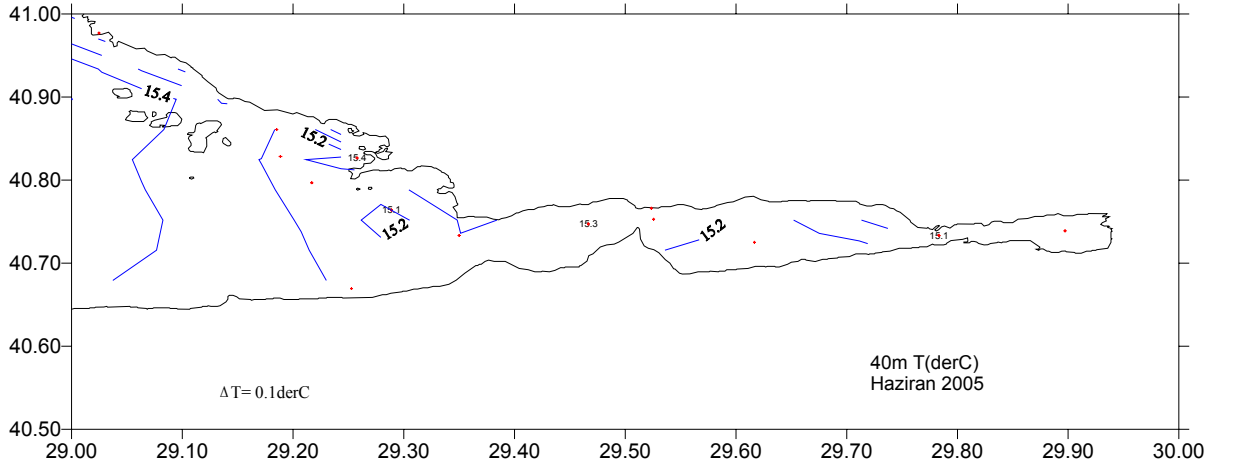
Şekil 29. İzmit Körfezi'nde 2005 ve 2006 senesinde yapılan seferlere ait tuzluluk ve sıcaklık profilleri.



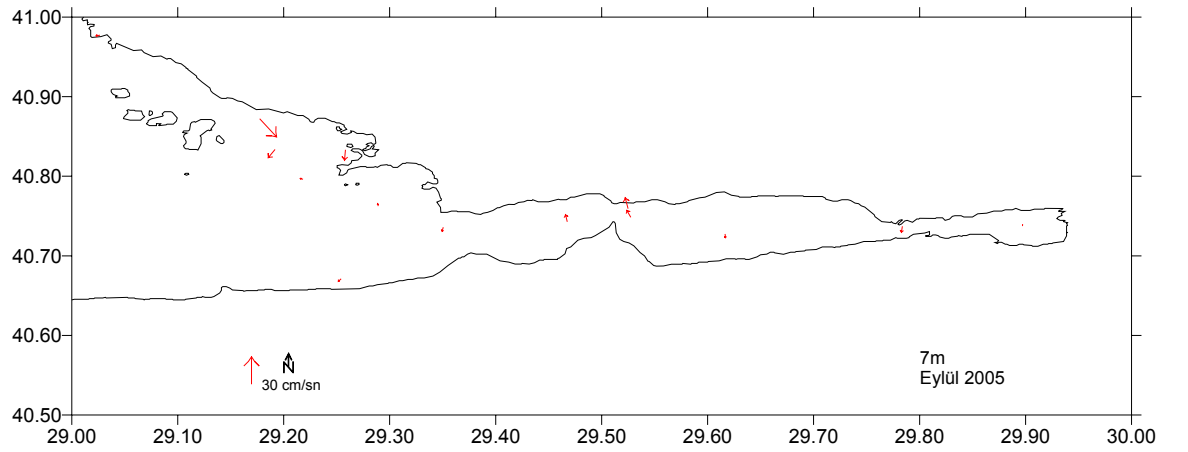
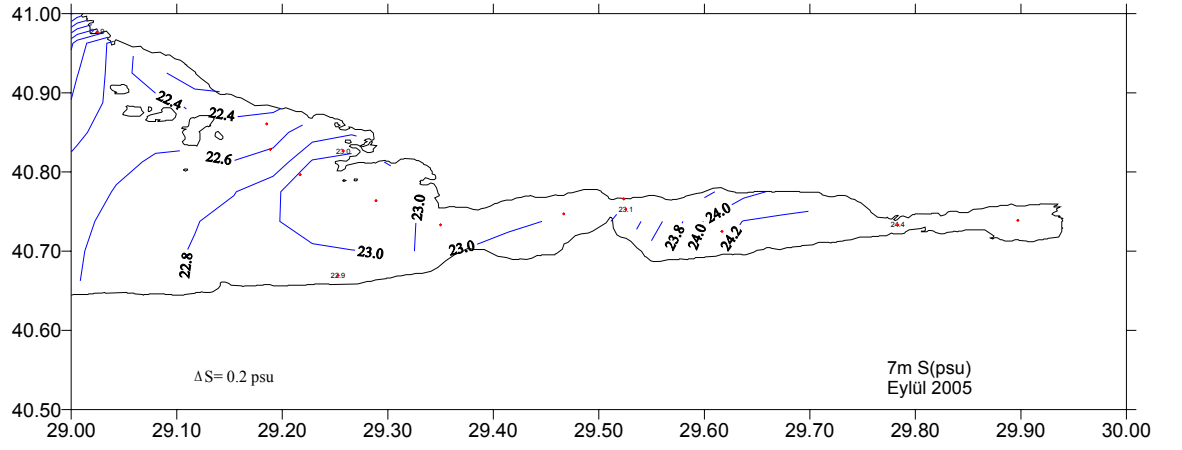
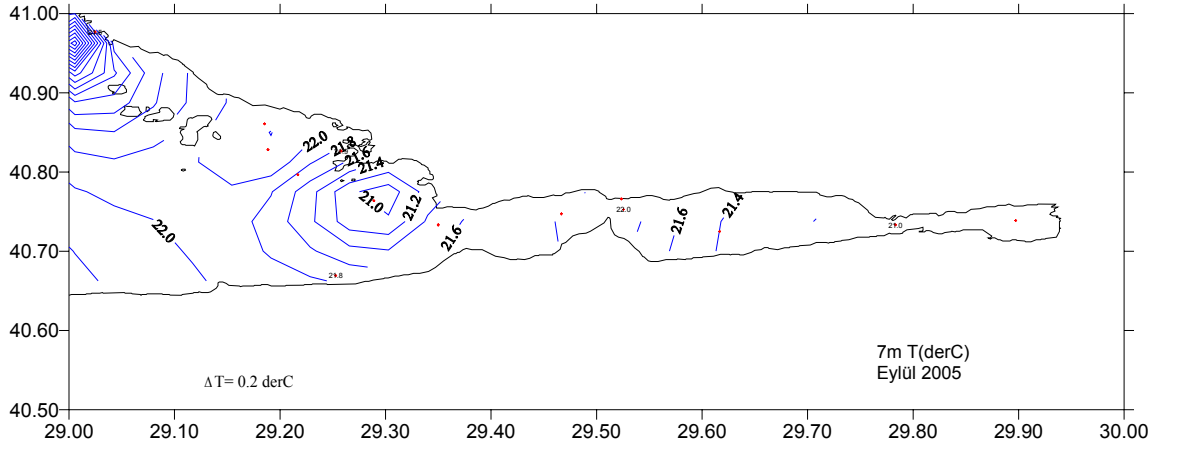
Şekil 29. Devam.



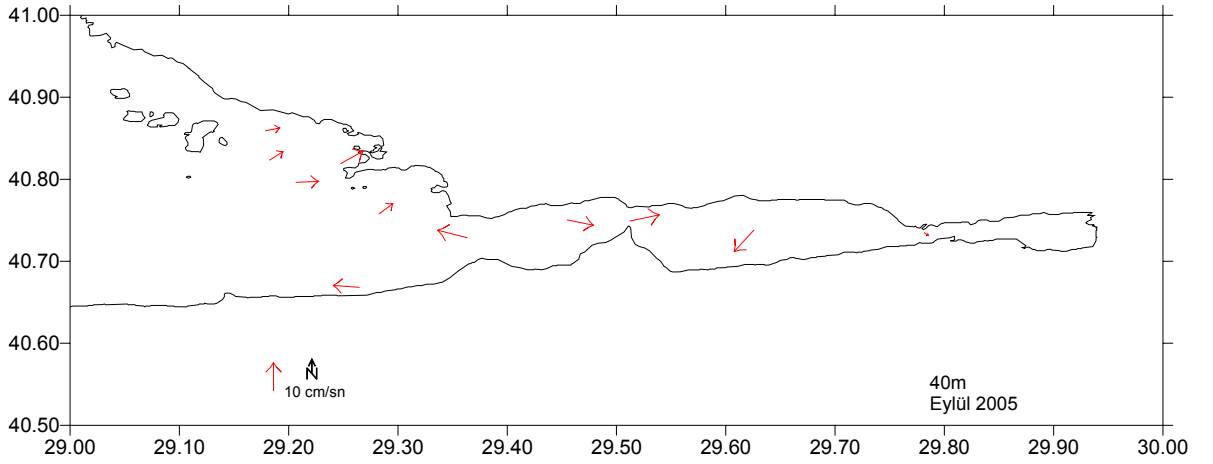
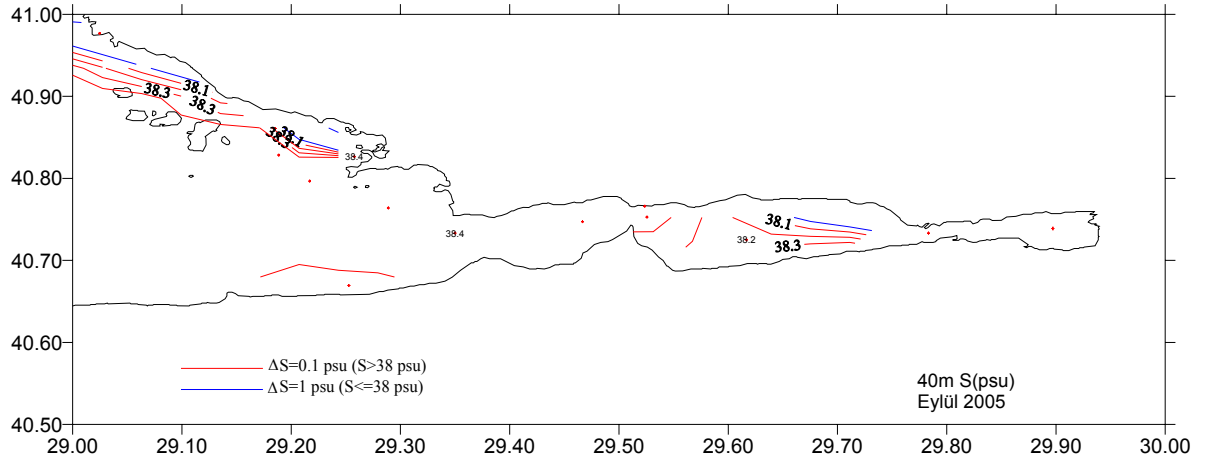
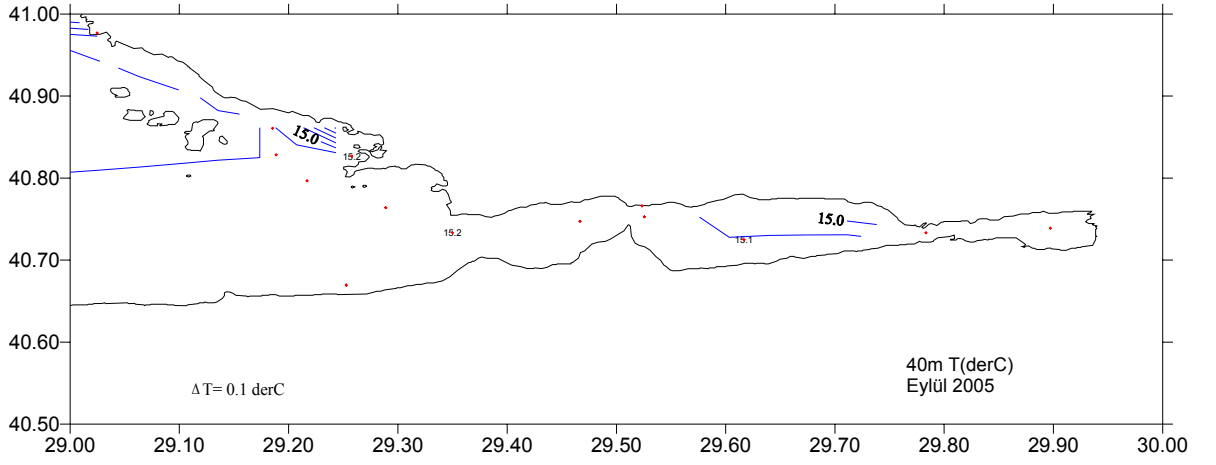
Şekil 30. İzmit Körfezi 7m ve 40m tuzluluk sıcaklık ve akıntı yüzey dağılımları



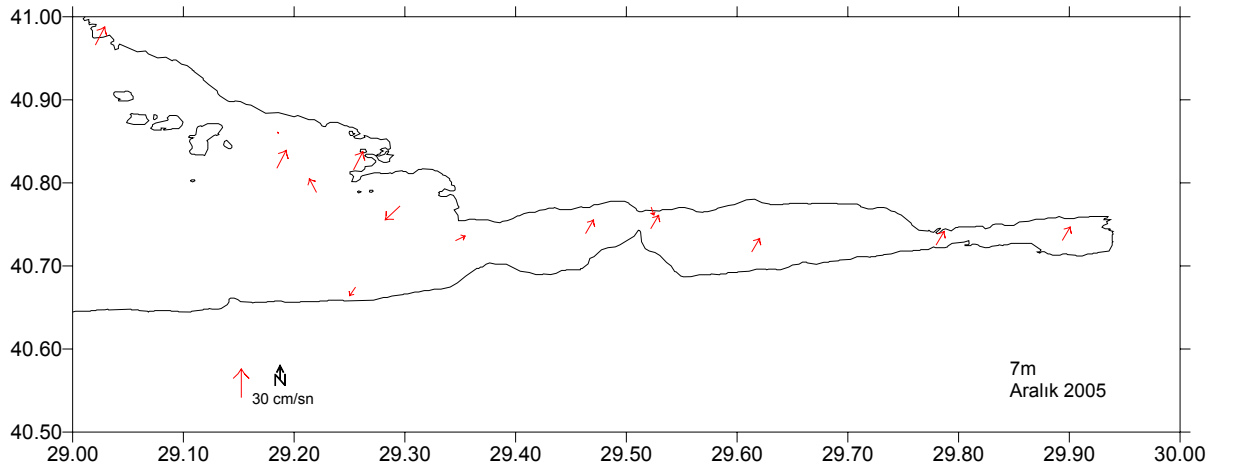
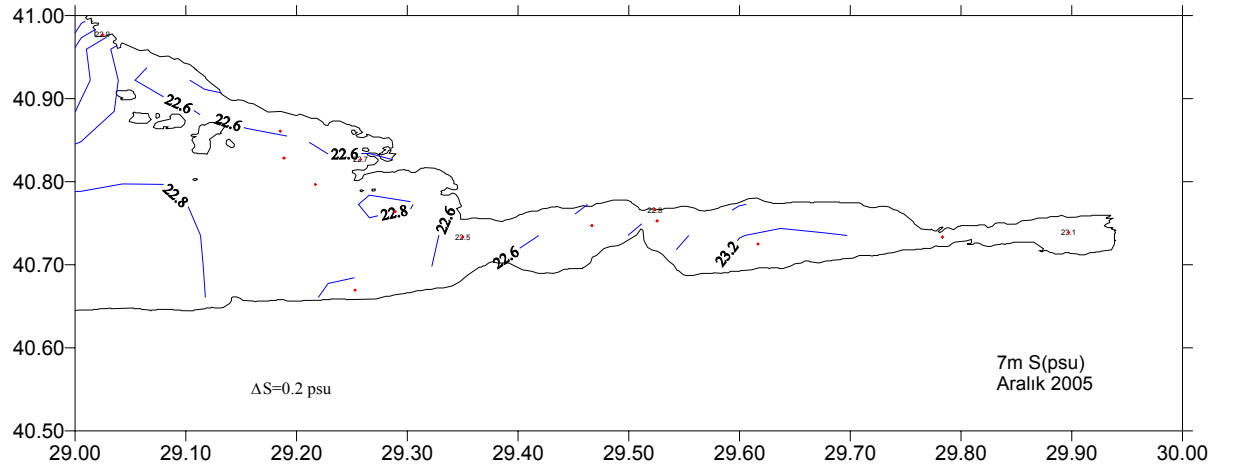
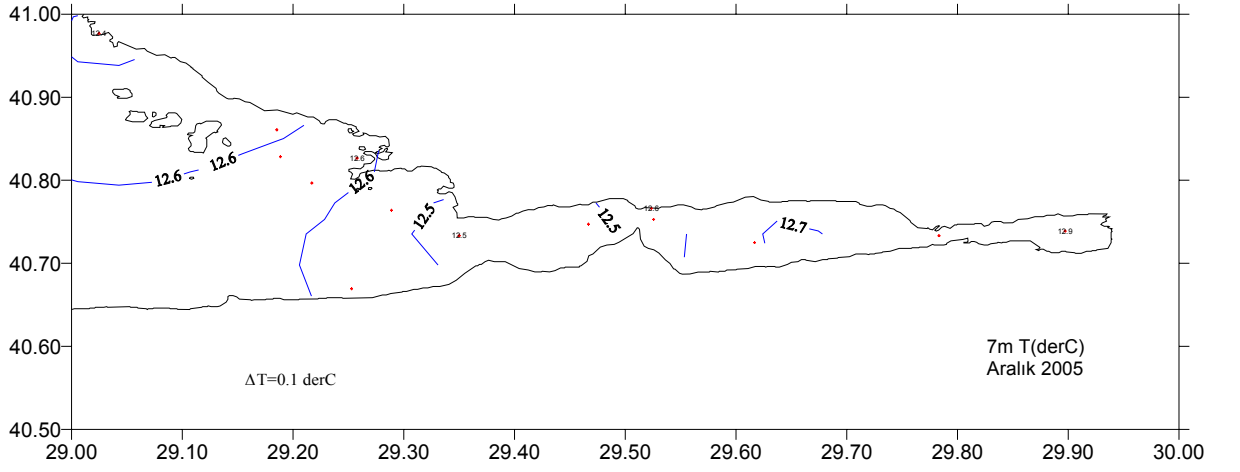
Şekil 30. Devam.



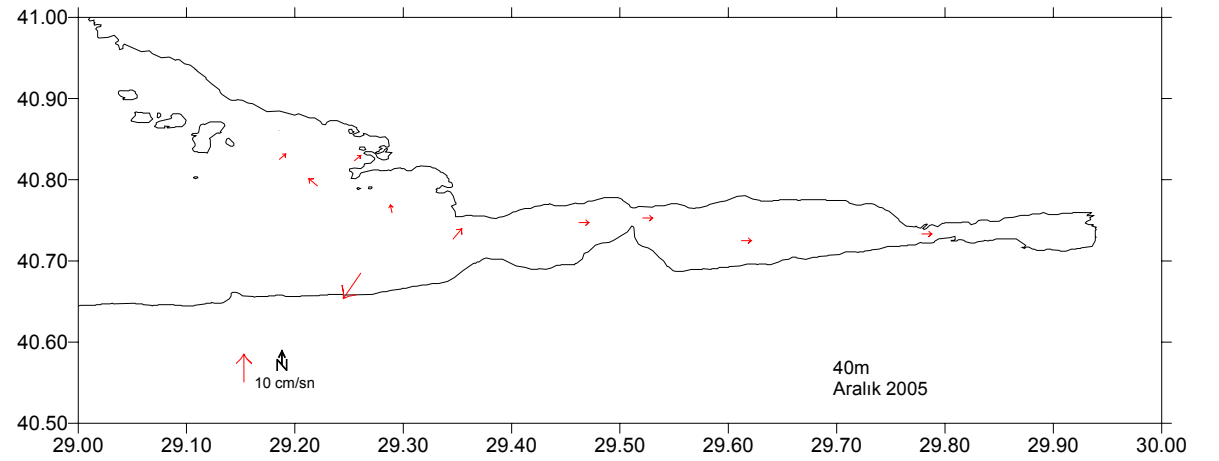
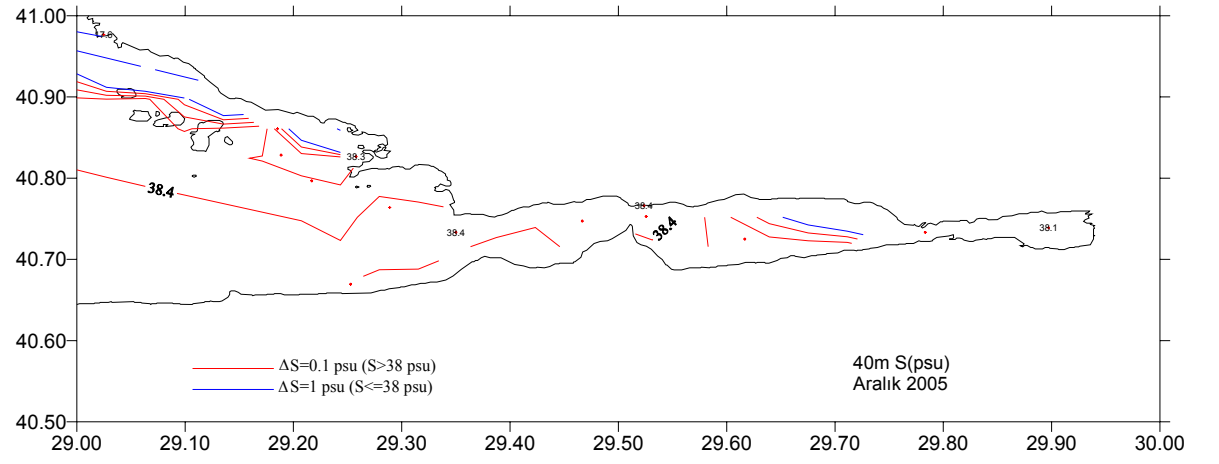
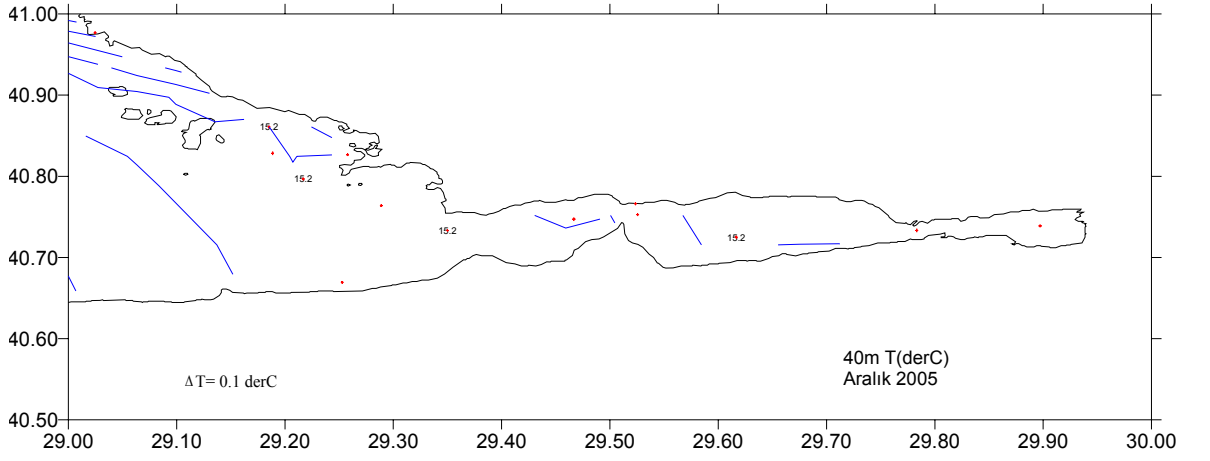
Şekil 30. Devam.



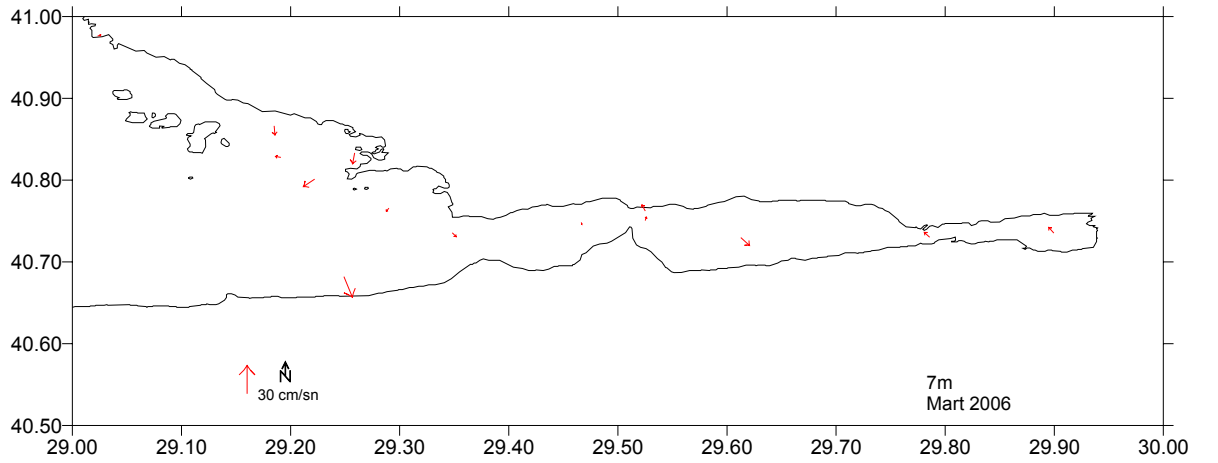
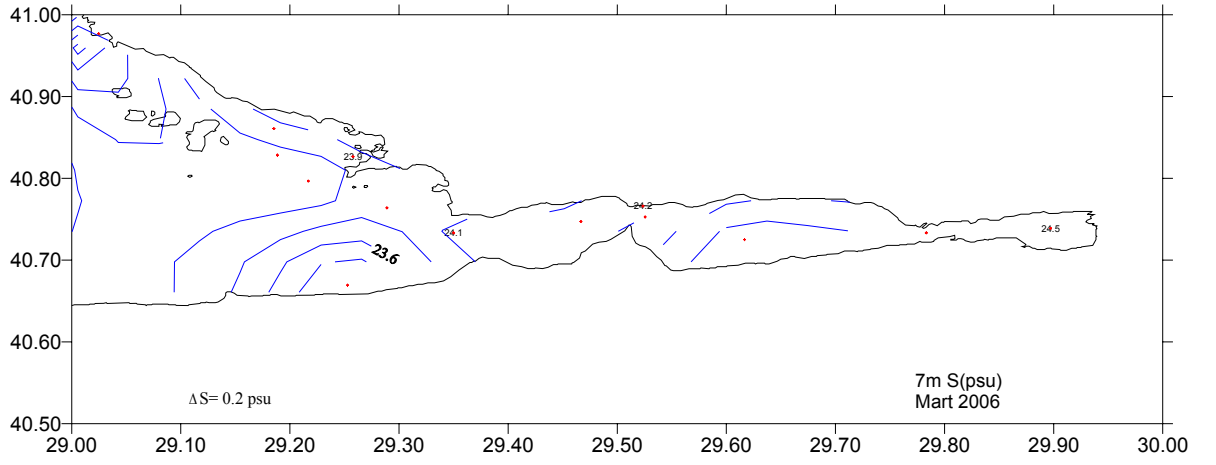
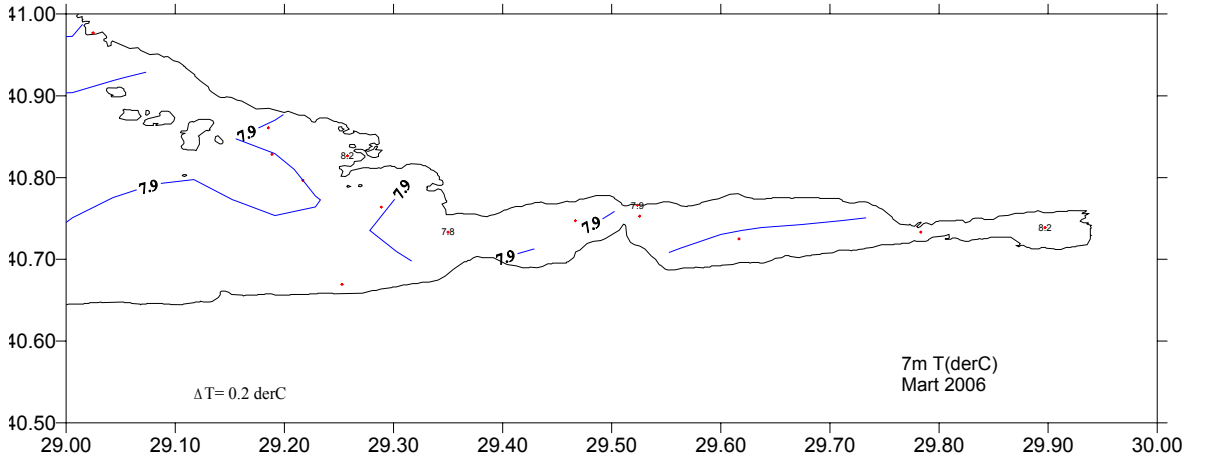
Şekil 30. Devam.



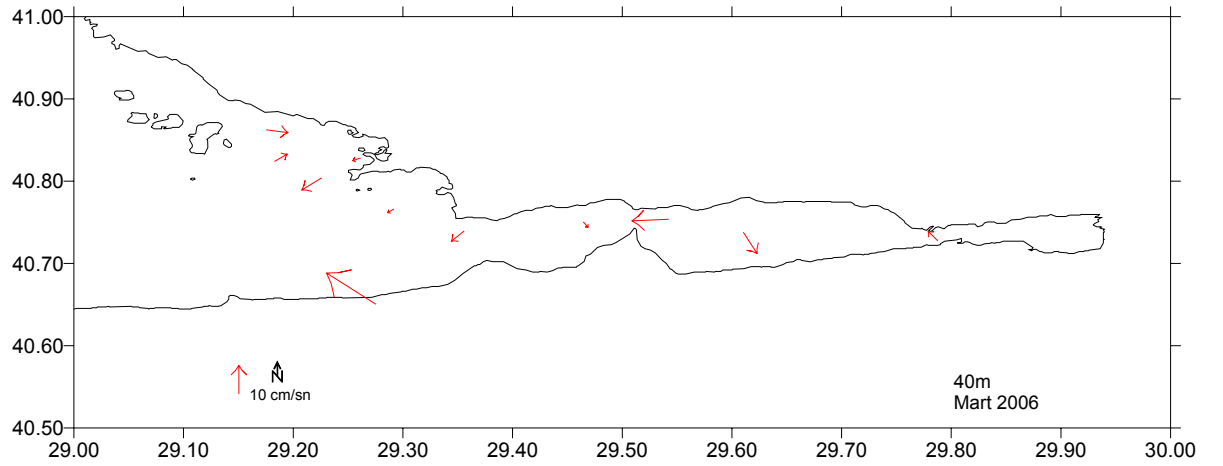
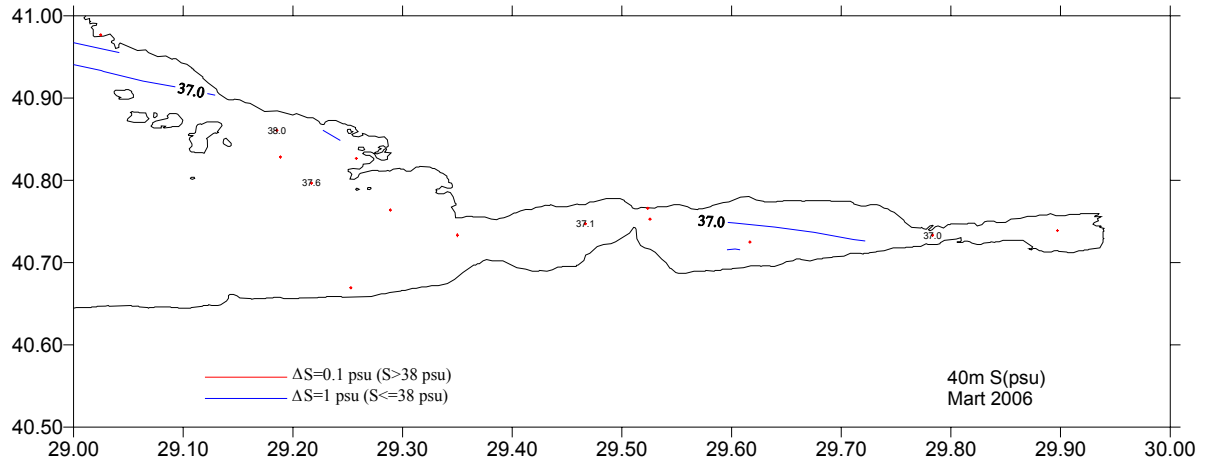
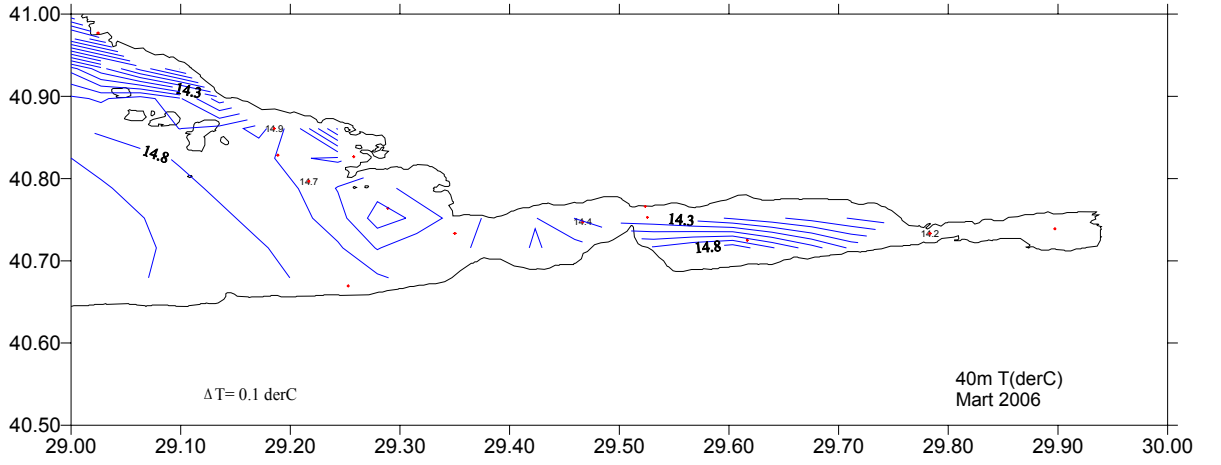
Şekil 30. Devam.



Şekil 30. Devam.



Şekil 30. Devam.



Şekil 30. Devam.

3.3.2. Gemlik Körfezi

Alt tabakayı temsil Haziran ayında, Gemlik körfezinde ve körfezin çıkışı olan Armutlu açıkları ve İmralı Adası civarında, üst tabakada düşey karışım gözlenmiştir. Karışımın etkisi, İmralı adasının güney batısında yüzeye kadar etkilidir. Yüzey tuzluluğu, 168 ve 169 nolu istasyonlarda 22psu iken, körfez içine doğru 23psu değerine yükselmiştir. Su sıcaklığı, Armutlu açıklarında 18-19°C iken, körfezin iç kesimine doğru artarak, 177 nolu istasyonda 21,5°C'ye çıkmıştır. Sıcaklık profillerinden 23m'de 9°C civarında bulunan bir soğuk ara tabakanın varlığı tüm istasyonlarda gözlemlenmiştir (Şekil 31).

7m tuzluluk, sıcaklık ve akıntı dağılımları incelendiğinde ise körfezin iç kesimlerine doğru sıcaklık artışı varken, tuzluluk bakımından daha homojen bir dağılım gözlemlenmiştir. Akıntı vektörlerinin boyutlarından bu dönemde, 7m de Gemlik körfezi ve civarının durağan bir yapıda olduğu anlaşılmaktadır. İmralı adasının güneyinden batıya doğru ilerleyen akıntı, adanın çevresinden kuzeye yönelmiştir (Şekil 32).

Alt tabakayı temsil eden 40m'de ise körfezde ve körfez ağzı açıklarında sıcaklık bakımından neredeyse homojen bir katman gözlemlenmiştir. İmralı adasının güneyinde kalan kısımda, tuzluluk konturlarının kıyı şeridinde sıklaşması, sığlaşan kıyı bölgesindeki düşey karışımı göstermektedir. Güney kıyılarında körfez ortasına kadar 38,1psu tuzluluk değeri ölçülürken iç kesimlerde tuzluluk 38,3psu değerine çıkmıştır (Şekil 32).

Eylül ayına ait profillerde, keskin bir ara yüzeyin homojen iki tabakayı ayırdığı görülmektedir. Üst tabaka kalınlığı 20 metredir. Bu ayda, Gemlik körfezi ve çevresinde, dört ölçüm dönemi göz önünde bulundurulduğunda, en düşük yüzey tuzluluğu gözlenmiştir. Körfez içerisine girdikçe, yüzey tuzluluğunda bir artış görülmüştür. 174 nolu istasyon 21,5psu değerine sahip yüzey suyu, 176 nolu en iç bölgedeki istasyonda 23psu değerindedir. Körfez dışında 23°C olan yüzey sıcaklığı, iç kesimlere doğru 22°C'ye düşmüştür (Şekil 31). Bu durum, sonbaharda soğumanın körfez içinden başladığını göstermektedir. Soğuk ara tabakanın varlığı bu ayda da tüm körfezde 20m civarında, İzmit Körfezi ile kıyasla daha ince bir tabaka halinde görülmektedir. Soğuk ara tabaka sıcak minimumu 12°C, iç bölgelerde ise 13°C'dir. Alt tabaka sıcaklığı tüm Marmara Denizi'nde genellikle görüldüğü gibi 15°C'dir.

Haziran ve Eylül ayında görülen soğuk ara tabakalar, Karadeniz kökenli, Boğazdan Marmara'ya giren, ısınmamış bir su kütesidir (Şekil 31).

Bu aya ait 7m dağılımlarında, Armutlu açıklarında görülen güney yönlü yaklaşık 40cm/sn hıza ulaşan akıntı, Boğaz jet akıntısının Marmara güney sahillerine ulaştığını göstermektedir. Mudanya sahiline çarpan akıntı ikiye bölünerek; körfezden içeriye doğru doğu yönüne ve İmralı Adası'nın güneyinden batı yönüne doğru yönelmiştir. Tuzluluk ve sıcaklık değerleri iç bölgelere doğru artmıştır (Şekil 32).

40m derinliği incelendiğinde, tüm körfez ve çevresinde tuzluluk ve sıcaklık bakımından oldukça homojen bir dağılım vardır (Şekil 32).

Aralık ayında, homojen alt ve üst tabakaları keskin bir ara yüzey tabakası ayırmıştır. Yüzeyde, 174 nolu istasyona kadar 22,5psu tuzluluğu ölçülmüşken, iç kesimdeki dört istasyonda tuzlulukta 0,5psu'luk bir artış olmuştur. Üst tabaka sıcaklığı, atmosferik soğumanın etkisiyle, tüm körfez ve çevresinde 12,5°C'dir (Şekil 31).

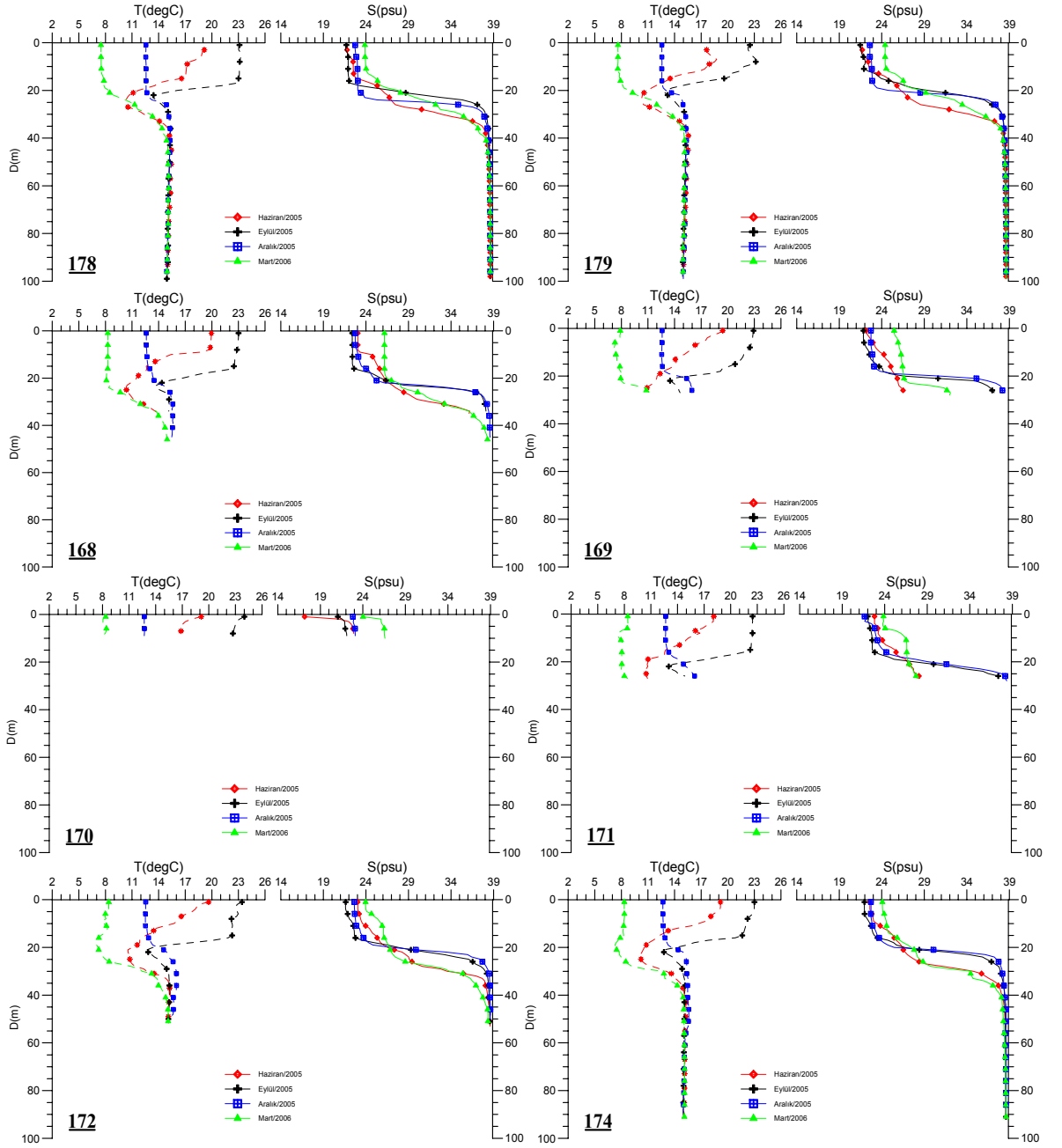
7m'de dağılımlarında, sıcaklık ve tuzluluk bakımından neredeyse homojen bir dağılım vardır. Körfez içinde antisiklonik bir akını yapısı görülmektedir (Şekil 32).

Alt tabakayı temsil eden 40 metre dağılımlarında ise, sıcaklık tüm körfezdeki 15,5°C'lik değer ile homojen bir dağılım yapısı sergilemektedir. Tuzluluk değeri körfez içinde kuzeybatı yönünde artmaktadır. 40 metredeki akıntı dağılımı, şiddeti çok düşse de, yön olarak 7m akıntı dağılımına benzer bir yapıdadır (Şekil 32).

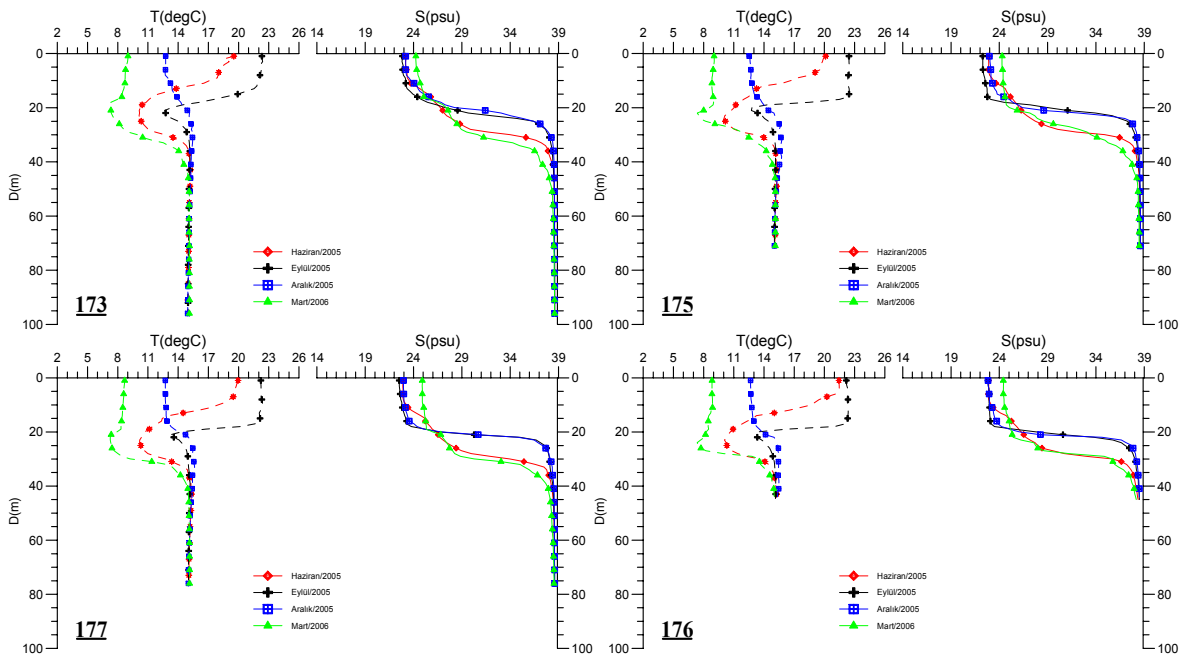
Mart ayında körfez içine doğru belirginleşen, 25 metrede, kış mevsiminden kalmış bir soğuk ara tabakanın varlığı gözlemlenmiştir. Yüzey sıcaklığı körfez girişinde 8°C iken, iç kesimlerde 9°C'ye yükselmiştir. Bu ayda tüm Marmara Denizi'nde görülen yüksek tuzluluktaki üst tabaka suyunun etkisini körfez içine kadar görmek mümkündür. Alt tabaka suyu 35 metreden sonra başlamaktadır (Şekil 31).

Üst tabakayı temsil eden 7m dağılımlarında, körfez içine doğru, sıcaklıkta bir artış görülmüştür. Tuzluluk bakımından İmralı adası civarına göre, körfezde 1psu'luk bir artış vardır (Şekil 32).

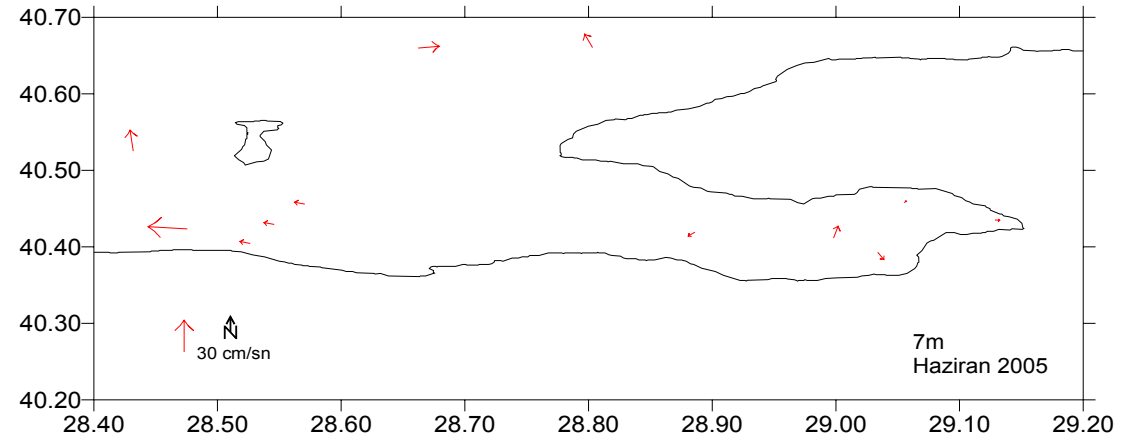
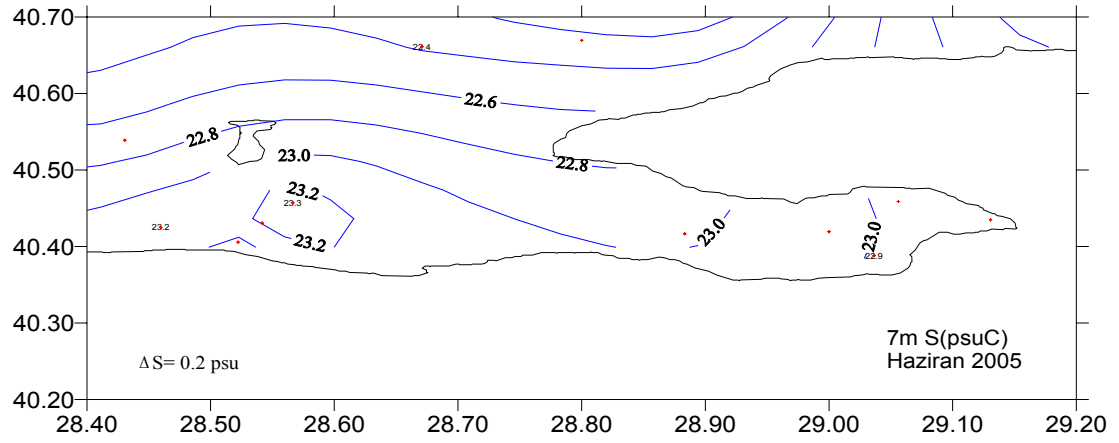
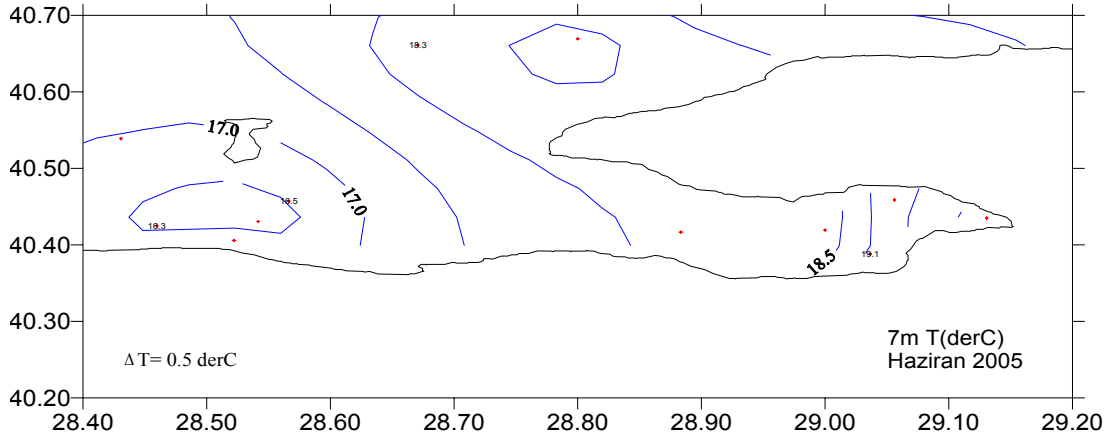
40 metrede, Gemlik Körfezi i kesimlerinde, tuzluluk değeri düşey karışımın neticesinde 38psu değerinin altında kalmıştır. Sıcaklık dağılımlarında da diğer dönemlerle kıyasla heterojen bir dağılım gözlemlenmiştir. Sıcaklık tüm körfezde $\sim 14,9^{\circ}\text{C}$ iken körfez orta kesiminde gözüken siklonik bir döngünün merkezinde sıcaklık $14,6^{\circ}\text{C}$ 'dir (şekil 32).



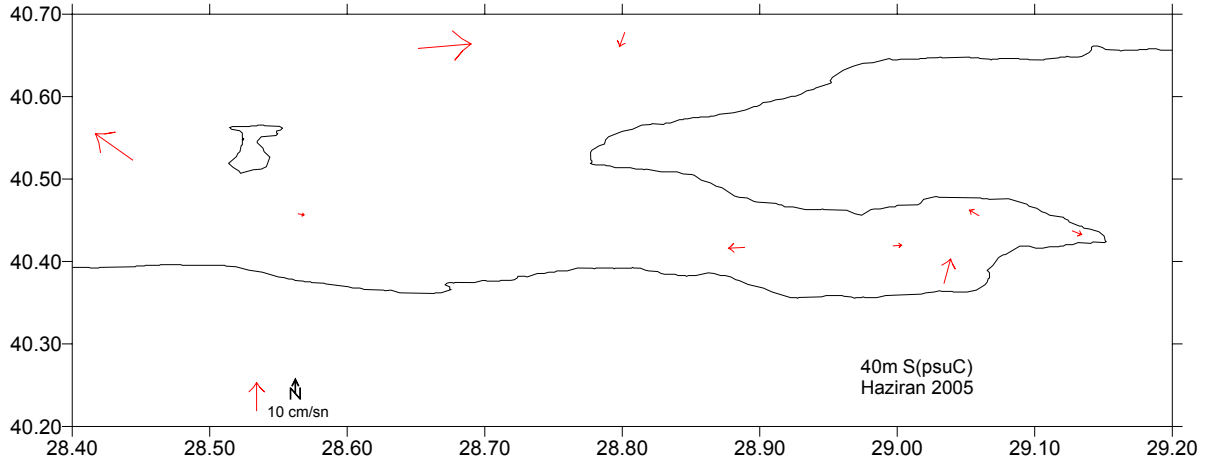
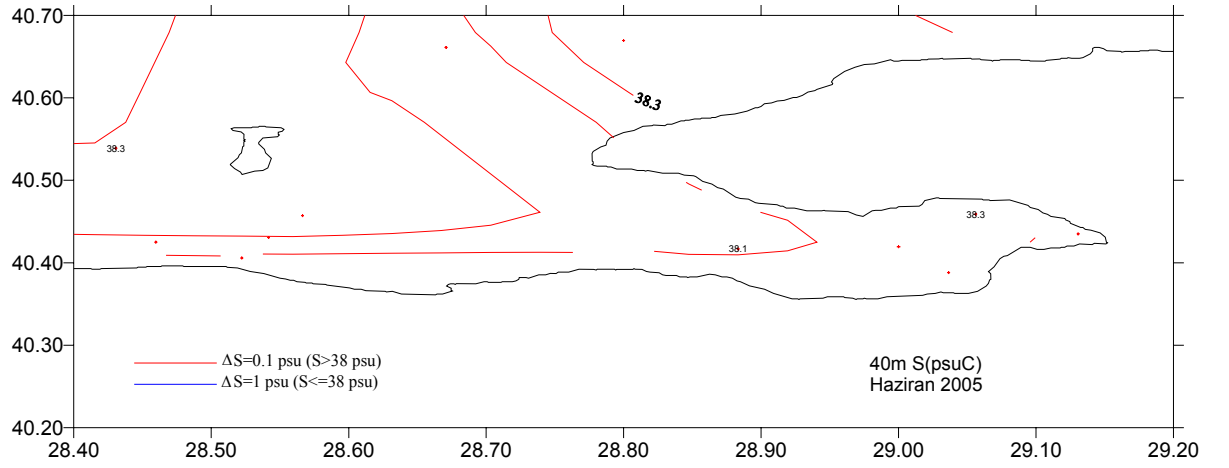
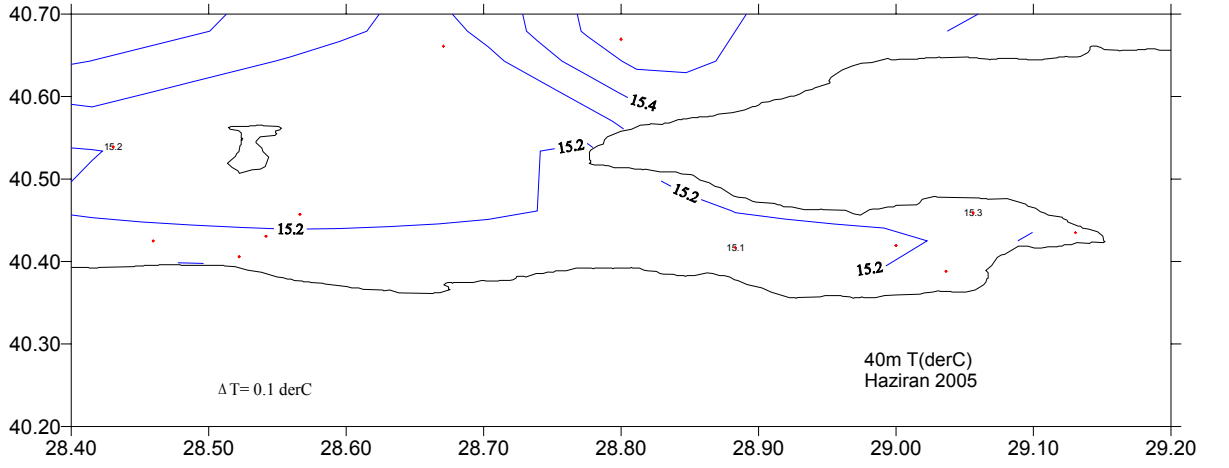
Şekil 31. Gemlik Körfezi'nde 2005 ve 2006 senesinde yapılan seferlere ait tuzluluk ve sıcaklık profilleri.



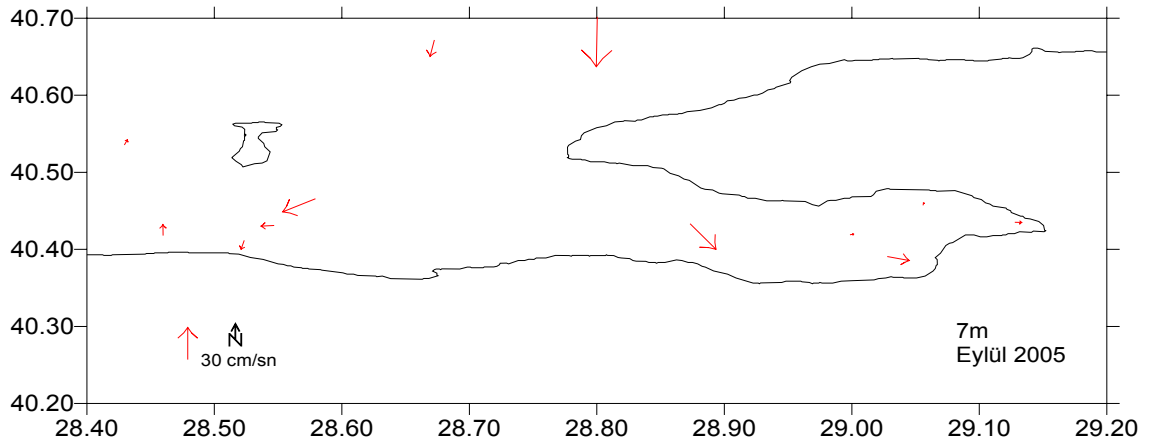
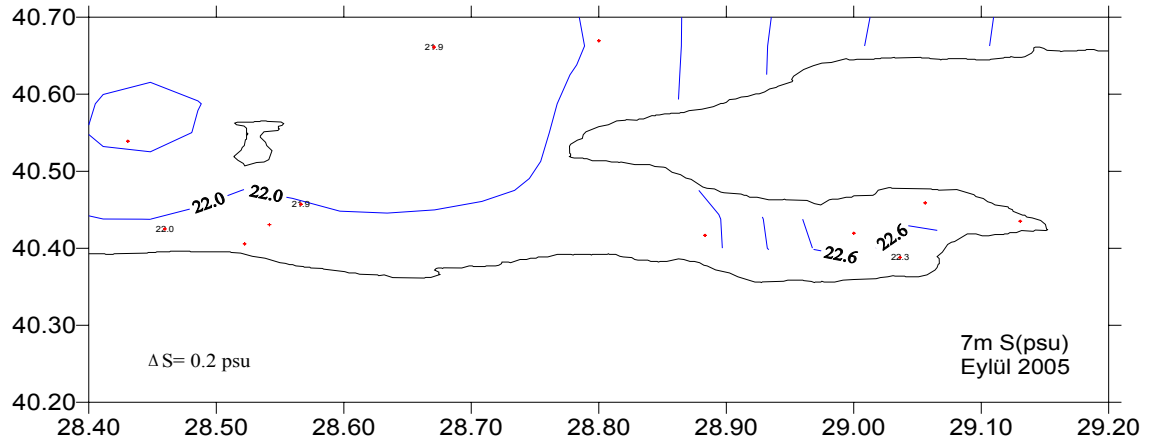
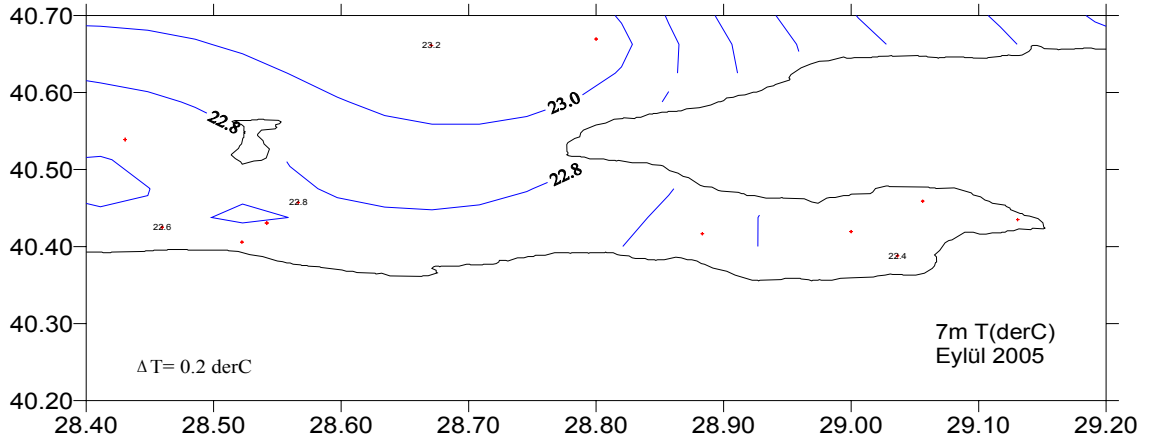
Şekil 31. Devam.



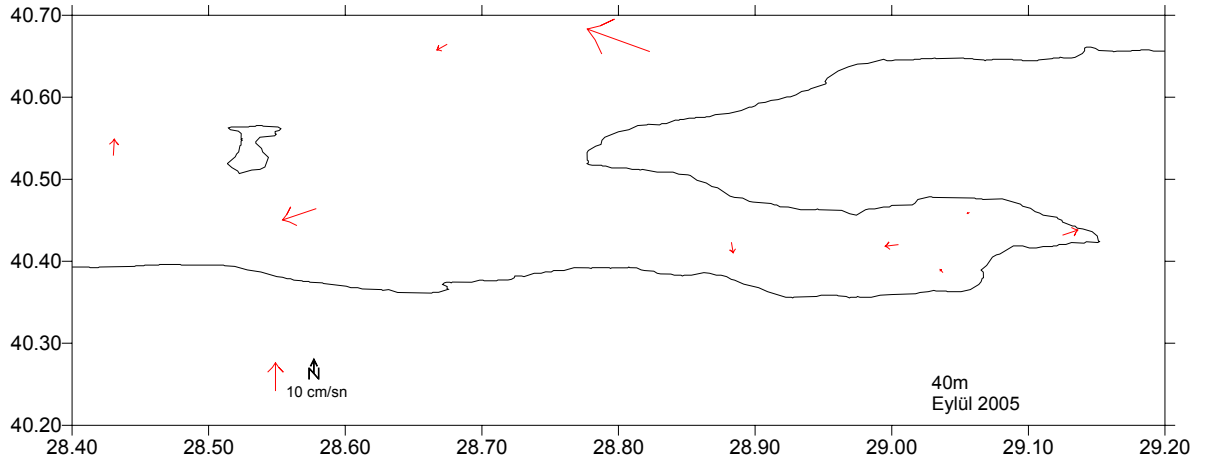
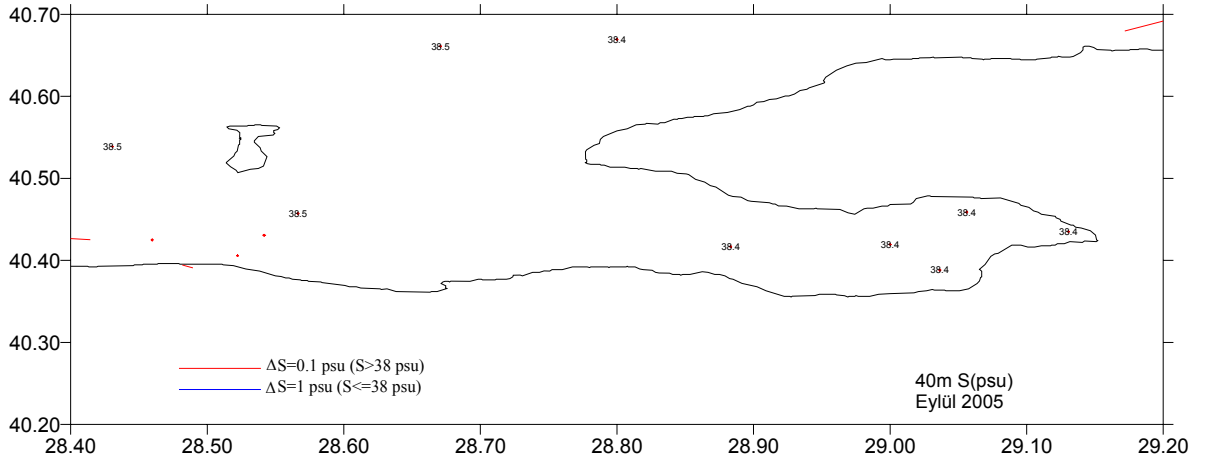
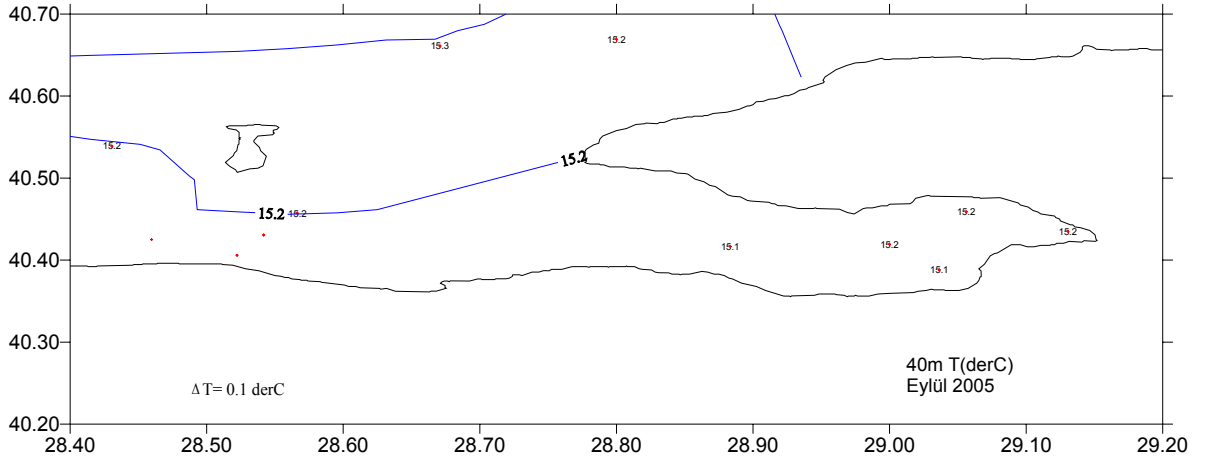
Şekil 32. Gemlik Körfezi 7m ve 40m tuzluluk sıcaklık ve akıntı yüzey dağılımları



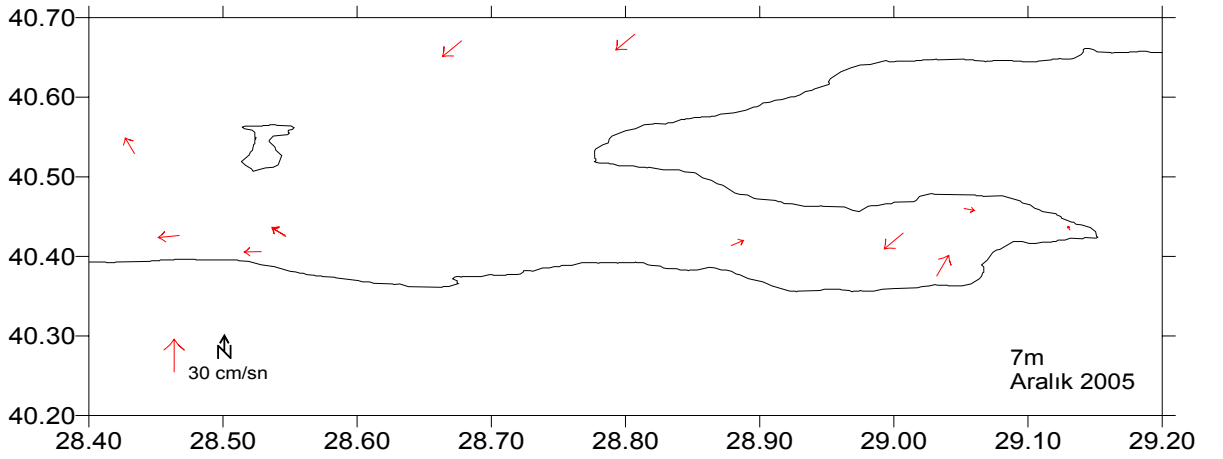
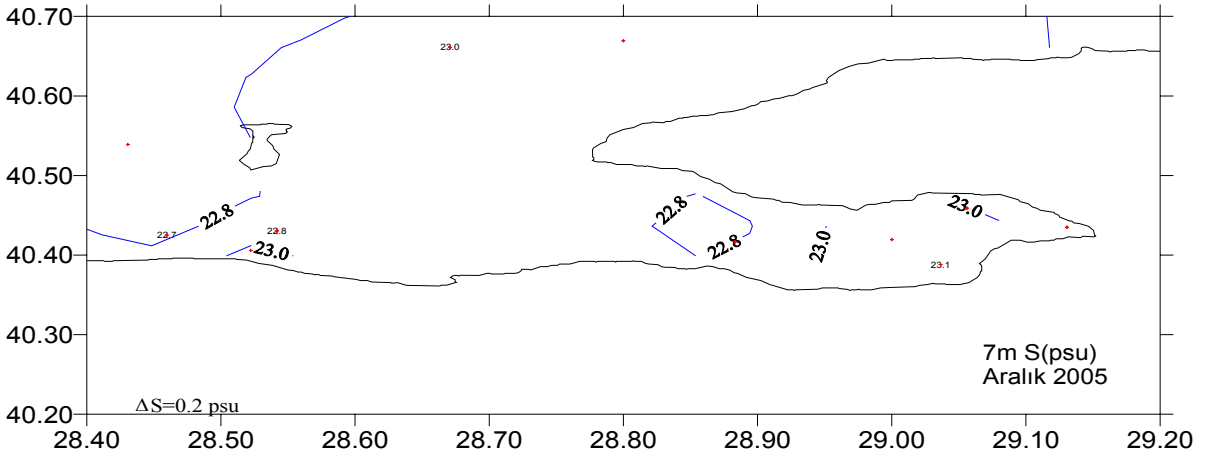
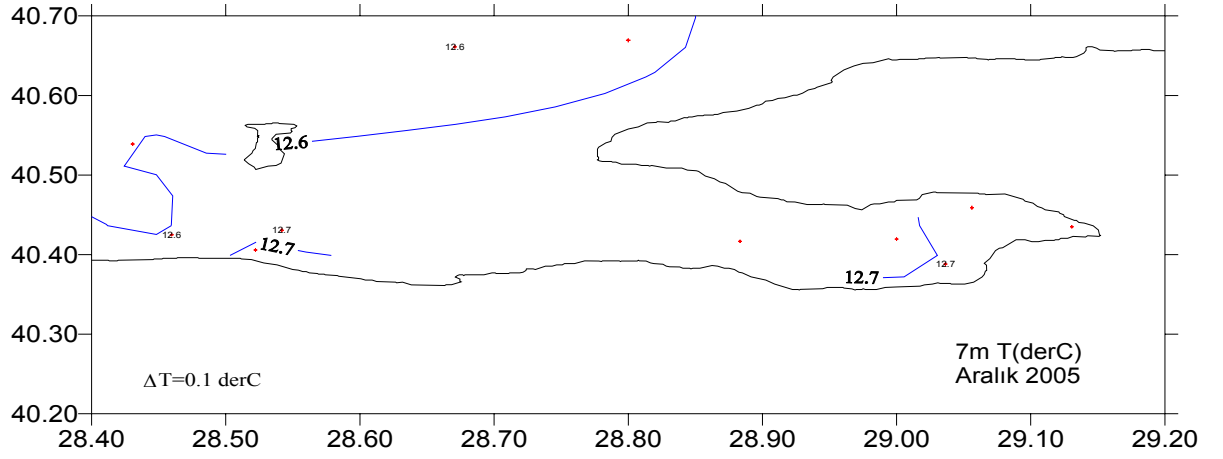
Şekil 32. Devam.



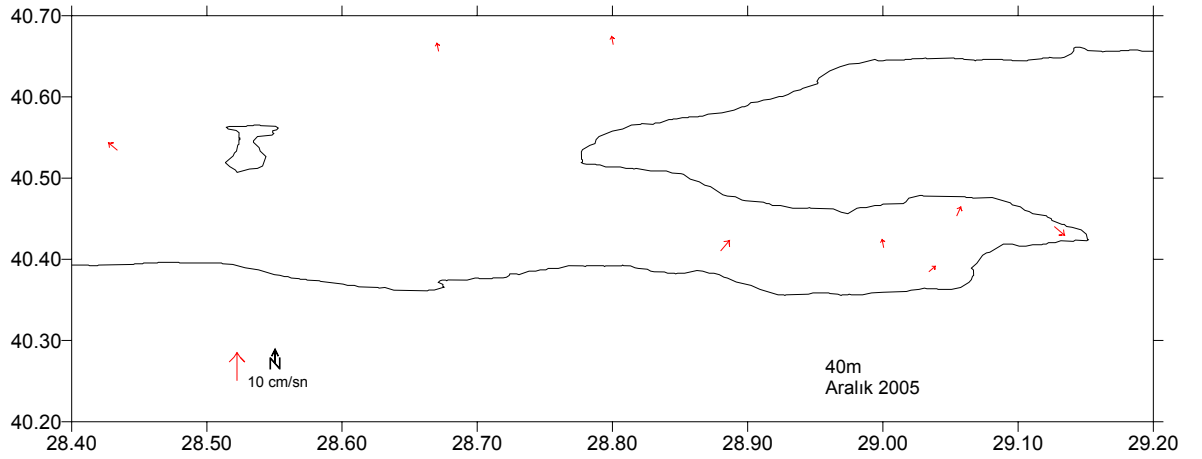
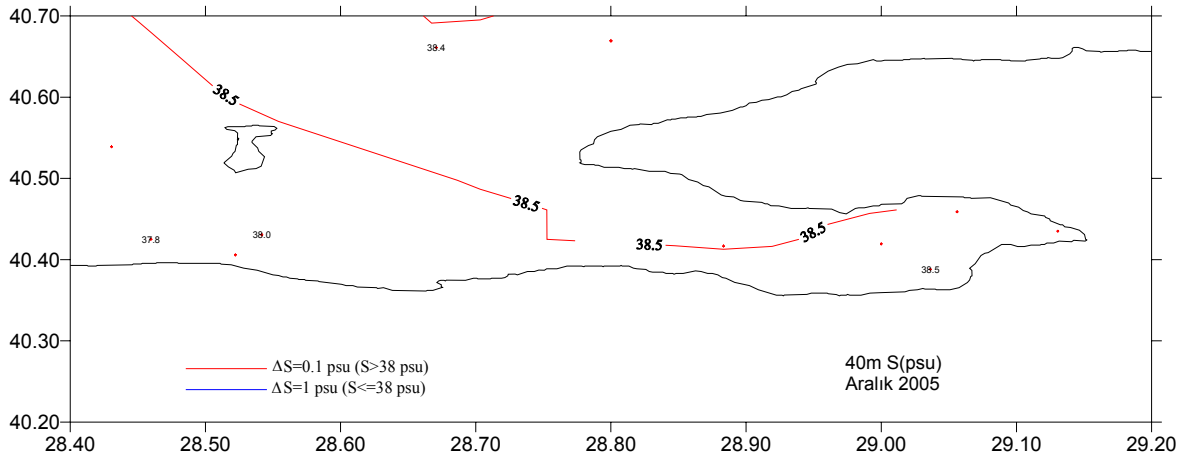
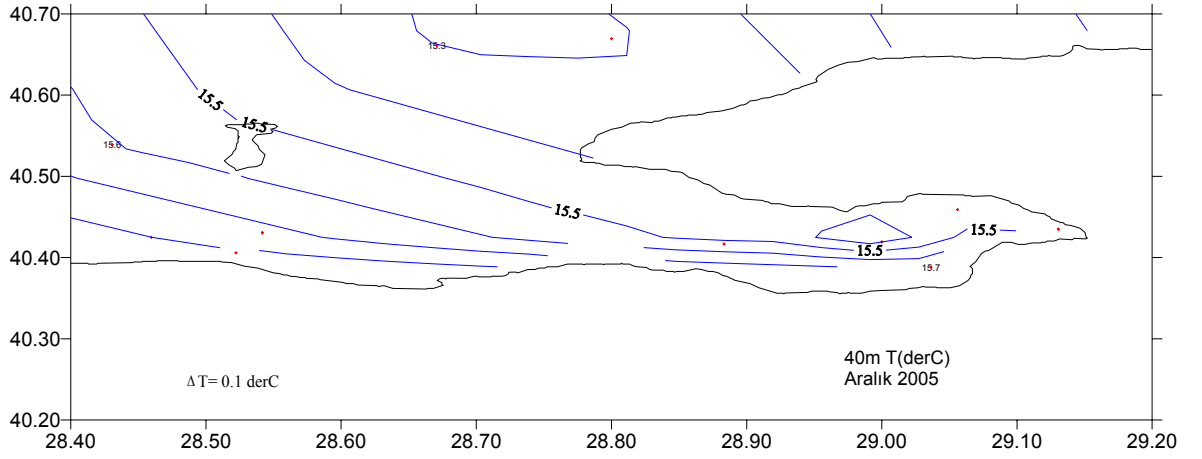
Şekil 32. Devam.



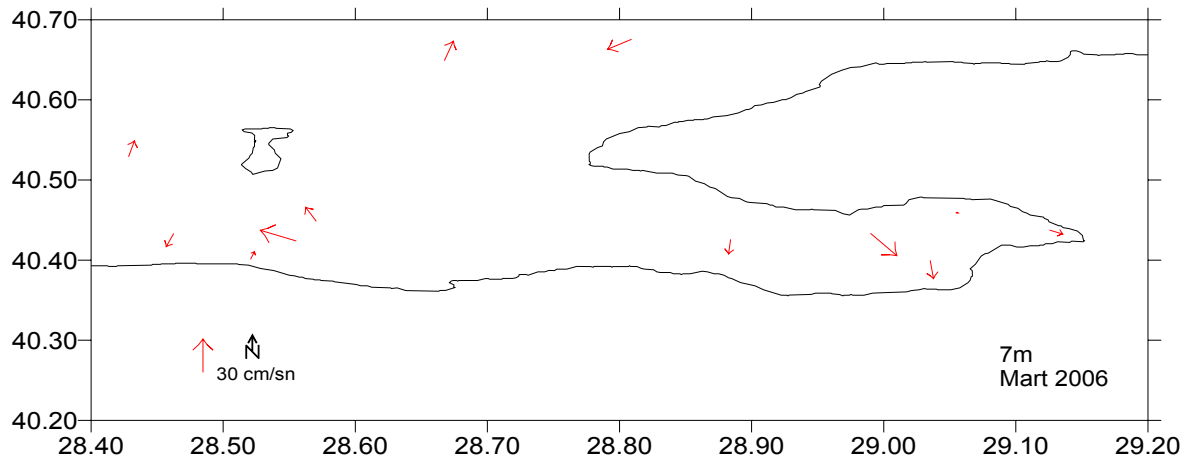
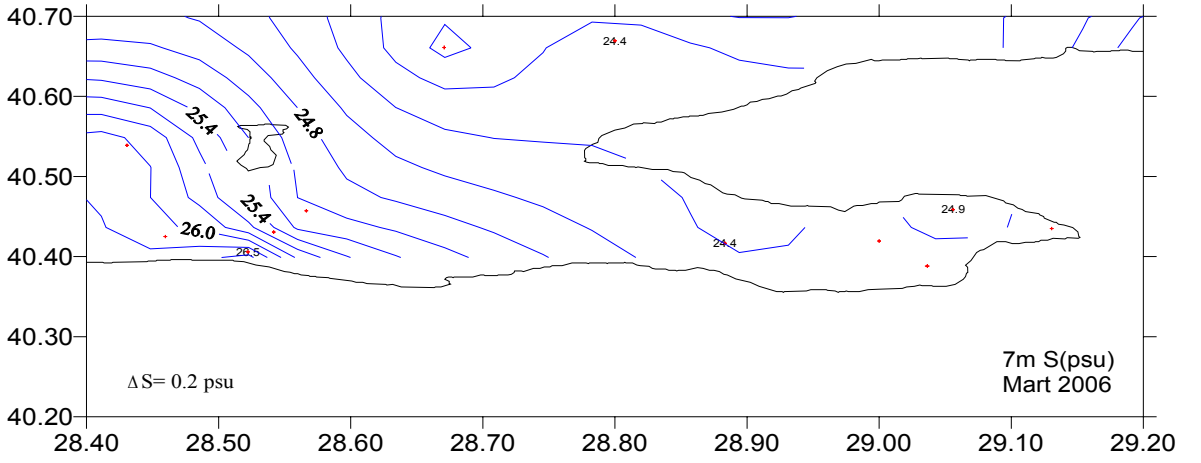
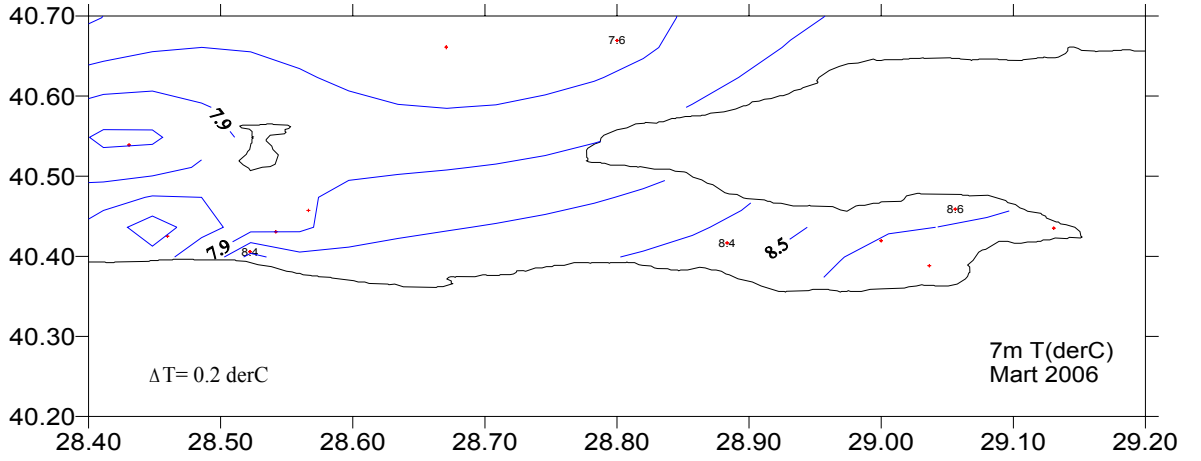
Şekil 32. Devam.



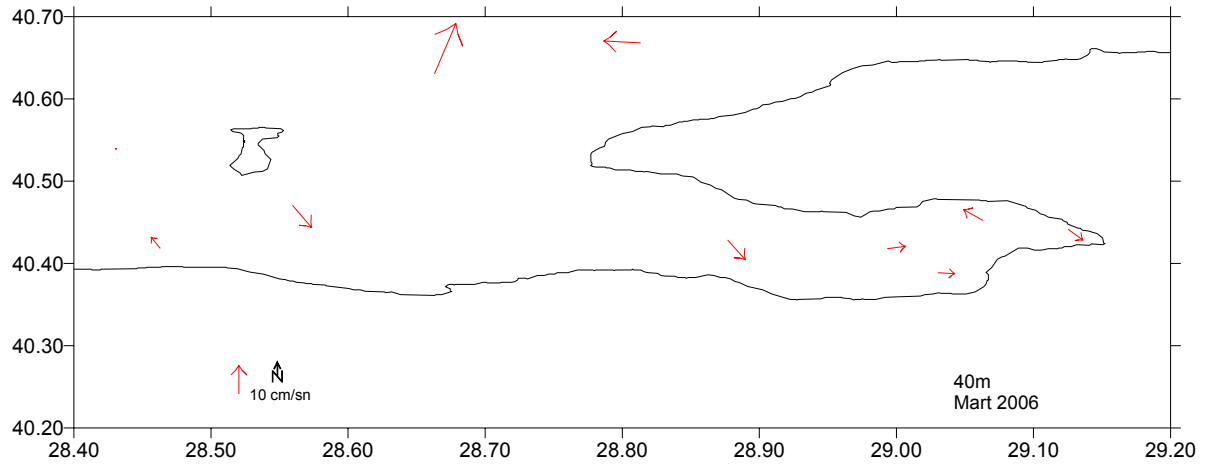
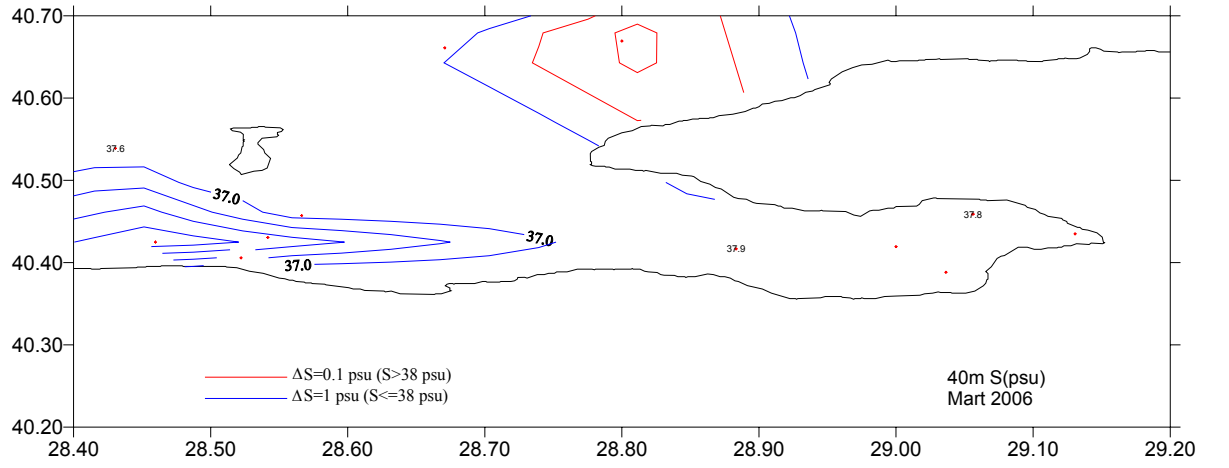
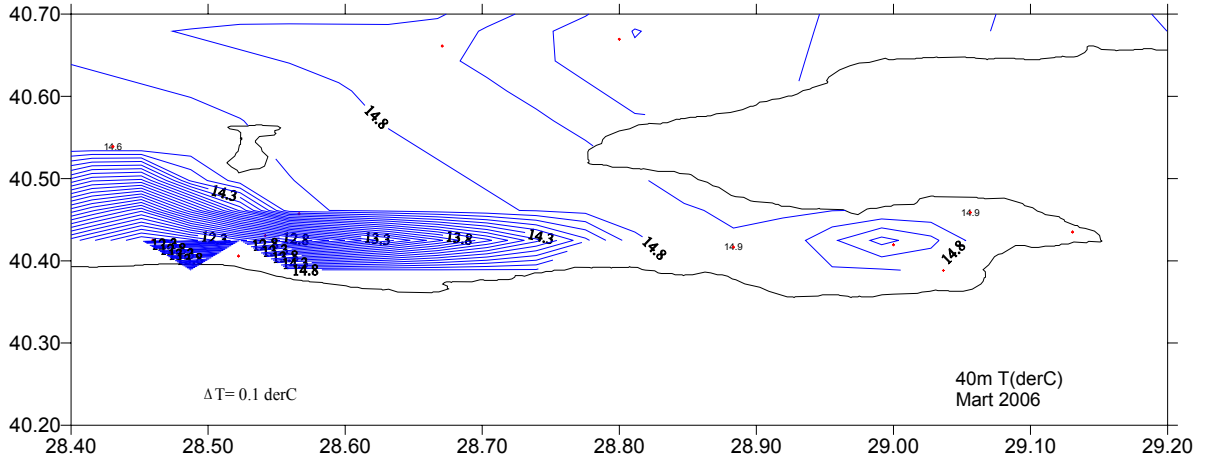
Şekil 32. Devam.



Şekil 32. Devam.



Şekil 32. Devam.



Şekil 32. Devam.

3.3.3. Bandırma Körfezi

Haziran ayında, Bandırma Körfezi girişinde ve Kapıdağı Yarımadası kuzeyinde yüzey suyu tuzluluğu 23psu değerindedir. 166 nolu istasyonda, üst tabakada 10 ila 30m'ler arasında düşey karışım kuvvetlenmiştir. 167 ve 162 nolu istasyonlarda 35m'ye kadar karışımın etkisi görülmektedir. Körfezde, alt tabaka suyuna 32 metreden sonra rastlanılmıştır. İzmit ve Gemlik körfezlerinde görülen soğuk ara tabakaya, Bandırma Körfezinde de rastlanılmıştır (Şekil 33).

Eylül ayında keskin bir ara yüzey tabakası, oldukça homojen alt ve üst tabakaları birbirinden ayırmaktadır. Bu ayda, üst tabaka tuzluluğu 22psu değeriyle, diğer ölçüm dönemleriyle kıyaslandığında en düşüktür. Yüzey sıcaklığı 23°C' dir. Soğuk ara tabaka 22m'de 13°C sıcaklığındadır. Bu ayda Mola Adaları güneyinde, batı yönlü, körfez dışına doğru bir akıntının varlığı 7 ve 40 metre dağılımlarında görülmektedir(Şekil 34).

Aralık ayında, tabakalaşma kuvvetli olup, ince bir ara yüzey iki homojen tabakayı ayırmaktadır. Alt tabaka 25 metreden sonra başlamaktadır. Yüzey tuzluluğu 23psu'dur. Üst tabaka sıcaklığı 13°C' ye düşmüştür (Şekil 33).

Dağılım grafiklerinden, 7 metrede, güneybatı yönünde bir akıntı gözükürken, alt tabakayı temsil eden 40m'de, kuzeydoğu yönlü ters bir akıntı görülmektedir (Şekil 34).

Mart ayında, tüm Marmara'da olduğu gibi, Bandırma Körfezi ağzında da üst tabaka tuzluluğu 26,5psu'ya yükselmiştir. Sıcaklık bakımından homojen olan üst tabaka ~8°C'dir (Şekil 33).

Akıntı dağılım şeklinden, 7m'de körfez içine doğru giren batı yönlü bir akıntı vektörü dikkati çekmektedir (Şekil 34).

3.3.4. Erdek Körfezi

Haziran ayında Erdek Körfezinde yüzey suyu sıcaklığı 15,4, 25,6 ve 15,8 nolu istasyonlar hariç 19°C'dir. Üst tabakada düşey karışım gözükmemektedir. 10-30m arasında karışımın etkisi görülmektedir. Haziran ayında Karadeniz'den giren soğuk ara tabakanın

etkisi Erdek Körfezinin içi dahil olmak üzere Çanakkale Boğazının ortasına kadar gözükmemektedir. Soğuk ara tabaka derinliği yaklaşık 25m olup sıcaklığı 10°C 'dir. Yüzey suyu sıcaklığı Çanakkale Boğazı'ndan Ege'ye doğru düşüş göstererek Çanakkale çıkışında 18°C 'ye düşmüştür. Kıyıya yakın istasyonla hariç körfezde tuzluluk değeri yaklaşık 23psu'dur. Körfez içinde kıyılara doğru 24psu'ya çıkan tuzluluk değeri kıyı bölgelerindeki karışımın daha etkili olduğunu göstermektedir. Alt tabaka suyuna 35m'den sonra rastlanmaktadır (Şekil 33).

Tuzluluk, sıcaklık ve akıntı dağılımları incelendiğinde 7m'de körfez içinde siklonik bir döngü olduğu görülmektedir. Körfezi, Kara Biga önlerinden bir akıntı sistemi terk etmektedir. Kapıdağ yarımadası ve Paşalimanı arasından körfez içine su girişi görülmektedir. Körfezin güney sahilindeki sığlaşan kesimde gözüken sıcaklık artışı bu bölümde oluşan karışımı teyit etmektedir (Şekil 34).

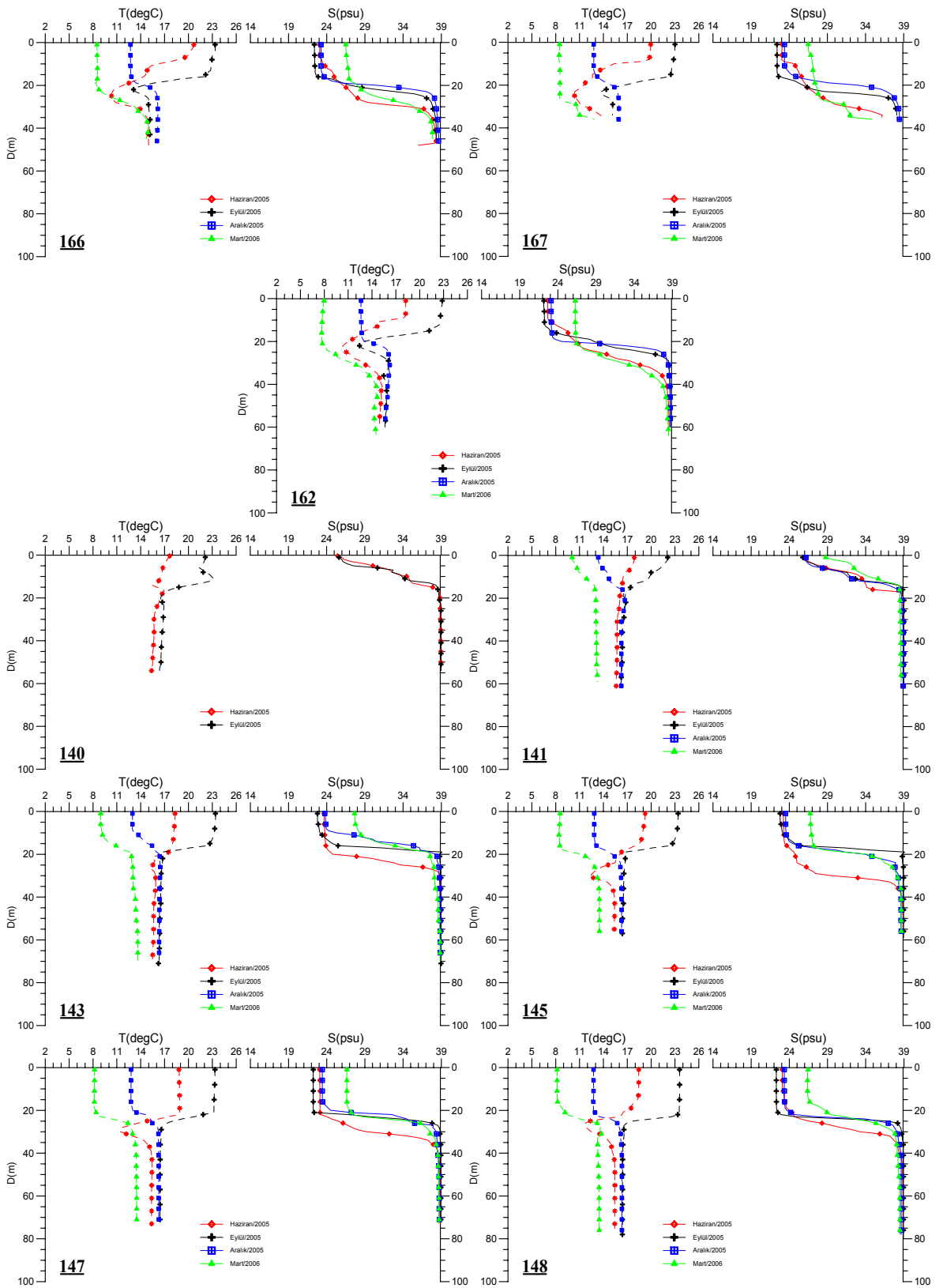
40m dağılımlarına bakıldığında ise Marmara adası önlerinde güney yönünde körfez içersine giren içeriye doğru doğuya yönelen bir akıntı gözükmemektedir. Körfezin doğu-batı istikametindeki orta hattında düşük sıcaklıkta su kütlesi vardır (Şekil 34).

Eylül ayında diğer körfezlerde olduğu gibi iki homojen tabakayı oldukça keskin bir ara yüzey ayırmıştır. Üst tabakanın homojenliği ve düşük tuzluluk değeri (23psu ortalama) Karadeniz'den bu dönemde giren yoğun miktardaki su kütlesinin bu bölgelere ulaştığını göstermektedir. Eylül ayında gözüken Karadeniz kökenli soğuk ara tabak etkisini kısmen kaybetmiş olsa da Erdek Körfezi içlerine kadar etkilidir. Soğuk ara tabaka Çanakkale Boğazı girişinde kaybolmuştur. Yüzey suyu sıcaklığı Gönen Deresi önlerinde görülen yaklaşık yarım derecelik yüzey suyu sıcaklığı artışı dereye giren jeotermal girdilerin etkisiyle açıklanabilir (Şekil 33). Üst tabaka kalınlığı yaklaşık 20m'dir. İnce bir ara tabaka ardından 25m sonra alt tabaka suyuna rastlanmıştır. 7m dağılımlarında körfezin doğu ve batısında sırasıyla siklonik ve anti siklonik zayıf döngüler gözükmemektedir. Körfezin girişinde doğru sıcaklıkta tedrici bir artış görülmüştür. 40m'de Çanakkale Boğazından yüksek debili su girişine karşın, boğaz içine yoğun su girişi gözükmemektedir. Körfez içine güney doğu istikametinde tuzluluk ve sıcaklıkta azalış gözükmemektedir (Şekil 34).

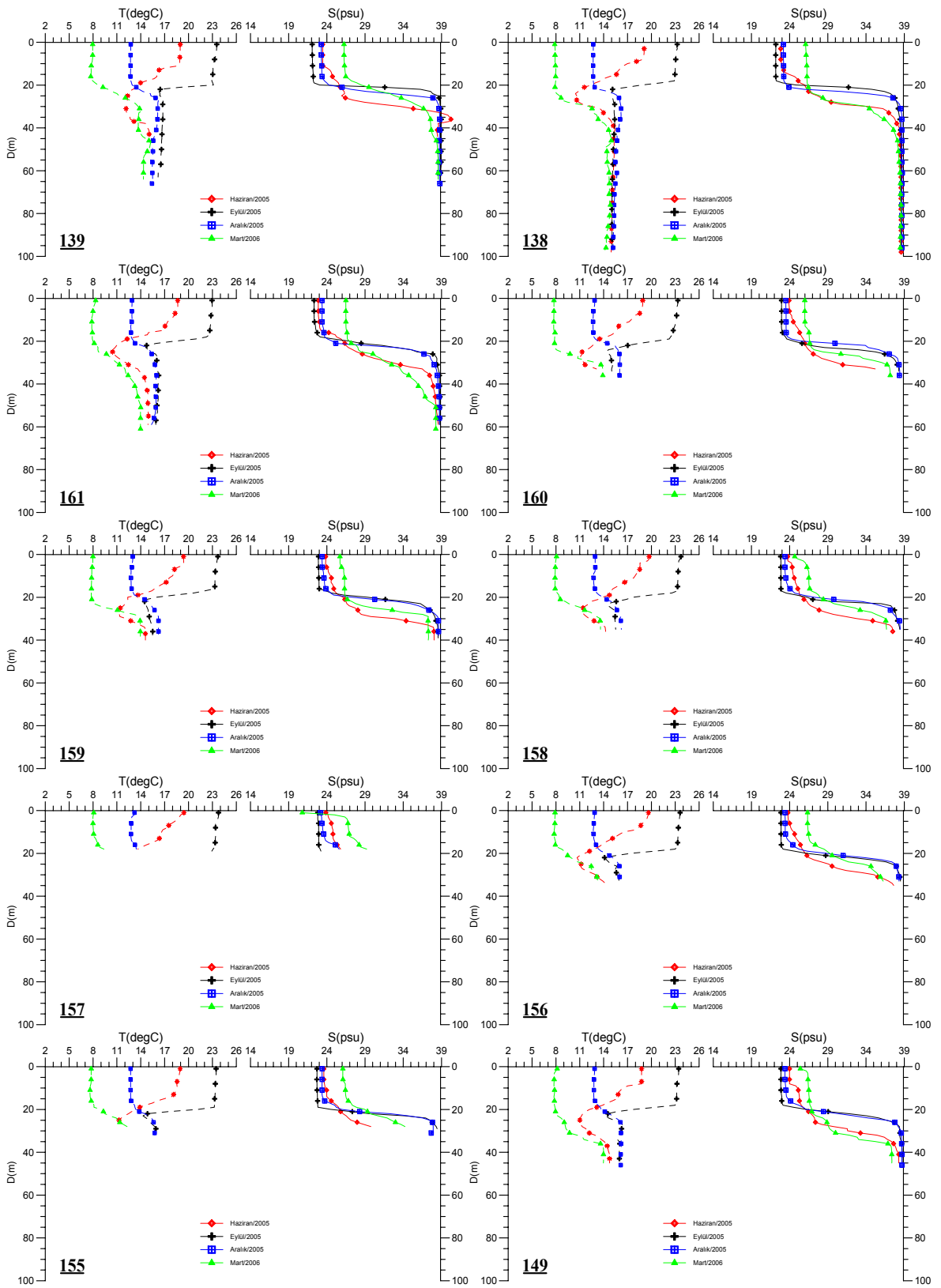
Aralık ayında Erdek Körfezinde kuvvetli tabakalaşma mevcuttur. Homojen alt ve üst tabakaları ortalama 7m kalınlığındaki keskin bir ara yüzeyle ayrılmıştır. Tüm körfez ve

Çanakkale Boğazında 141 nolu istasyona kadar üst tabaka tuzluluğu yaklaşık 23psu değerindedir. Üst tabaka tuzluluğu yaklaşık 23psu değerindedir. Üst tabaka 20m kalınlığında olup, atmosferik soğumanın etkisiyle sıcaklığı 12,5°C civarındadır. Körfez içinde alt tabaka sıcaklığı 16°C ve tuzluluğu 38psu'dur. 7m'de sıcaklık ve tuzluluk bakımından neredeyse homojen bir dağılım gözükmemektedir (Şekil 33). Körfez içinde siklonik döngü ve Kara Biga açıklarında körfezi terk eden bir akıntı sistemi Haziran ayında olduğu gibi görülmektedir. 40m'de Çanakkale alt akıntısı yaklaşık 70cm/s hızla akmaktadır. Körfez içine giren akıntıyı şiddetlendirmiştir. 40m'de sıcaklık 16,1°C civarında iken tuzluluk içkesimlerde 0,1psu'luk bir artış göstererek 38,7psu'luk değerine çıkmıştır (Şekil 34).

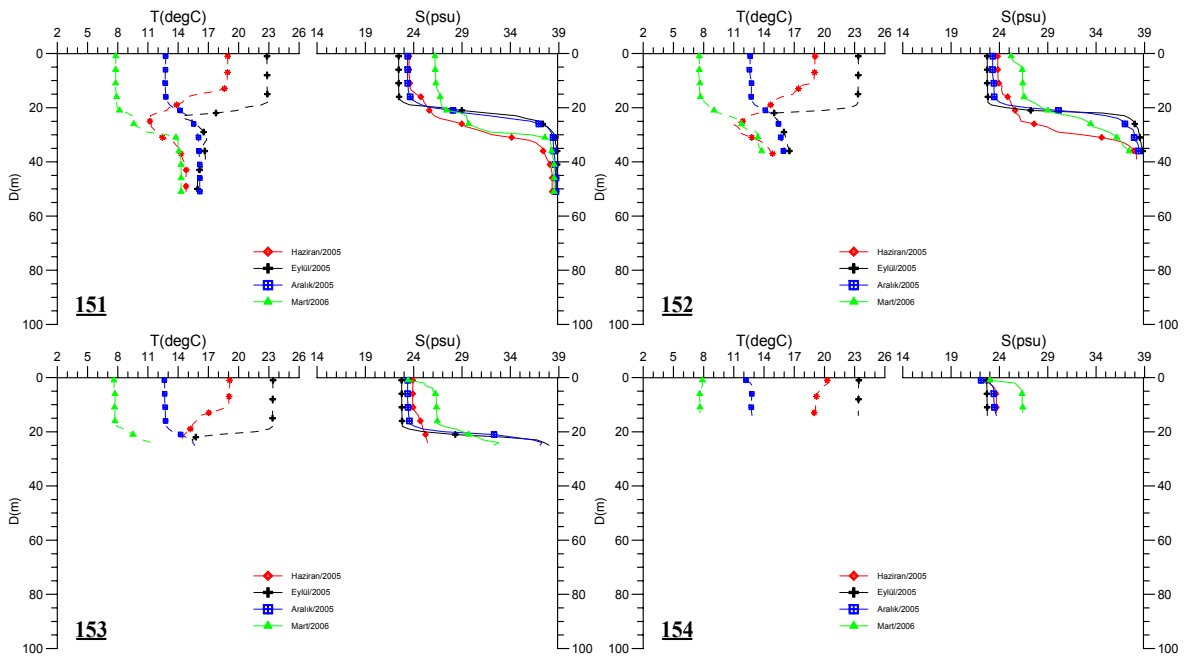
2006 yılı Mart ayında Körfezin ağız kısmında üst tabaka kalınlığı 25m'yi bulmaktadır. İç kesimlere doğru üst tabaka kalınlığı 20m ye düşmüştür. Tüm Marmara denizinde görüldüğü gibi tuzluluk 26psu değerine çıkmıştır. Gönen Deresi önünde bulunan 157 ve 158 nolu istasyonlarda gözüken düşük tuzluluğa sahip yüzey suyu 159 nolu istasyonda görülmezken 149 nolu istasyonda rastlanmıştır. Bu durum yüzeydeki siklonik döngünün etkisiyle dere girdisinin 159 nolu istasyona varmadan kıvrılarak 149 nolu istasyona yöneldiğini göstermektedir (Şekil 33, 34). 25-35m'ler arasında bir düşey karışım gözükmemektedir. Çanakkale Boğazı alt suyunda 13°C lik soğuk bir su kütlesi görülmektedir. Özellikle 138 ve 139 nolu istasyonlarda yaklaşık 45m'de bir sıcaklık maksimumu dikkat çekmektedir. Tuzluluk, sıcaklık ve akıntı dağılımları incelendiğinde 7m'de Gönen Deresi civarında 26,6°C lik sıcak bir su kütlesi görülmektedir. Körfezin güney sahili boyunca Kara Biga'dan körfezi terk eden bir akıntı görülmektedir. Avşa adasının hemen güneyinde körfez içine doğru su girişi mevcuttur. 40m dağılımları oldukça ilginçtir. Çanakkale Boğazının alt akıntısından Marmara Denizine diğer aylara kıyasla düşük sıcaklık ve tuzlulukta (13,4°C, 38,5psu) yoğun miktarda bir su girişi görülmektedir. Bu giren su kütlesi özellikle sıcaklık bakımından heterojen bir dağılım oluşturmuştur. Tuzluluk değeri ise tüm körfez ve civarında (Avşa adasının güneybatısındaki küçük bir alan hariç) düşük tuzluluktaki yaklaşık 37,4psu'luk değer ölçülmüştür. Körfez içine bu ayda yine yoğun bir su girişi olmuştur (Şekil 34).



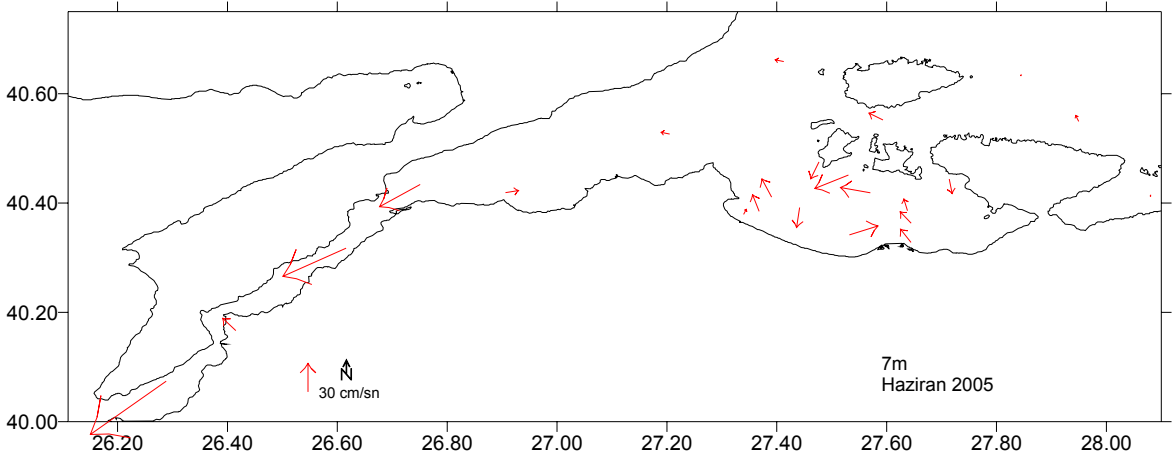
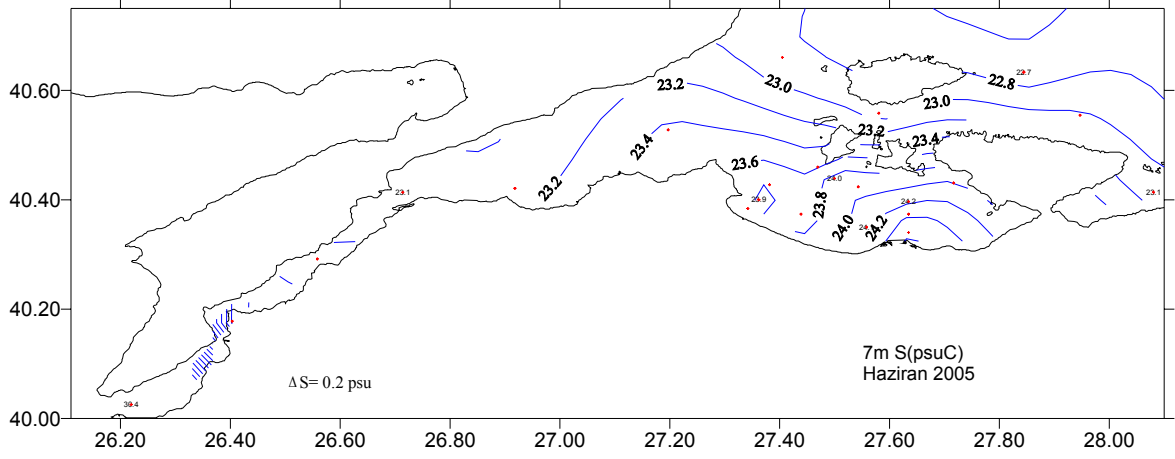
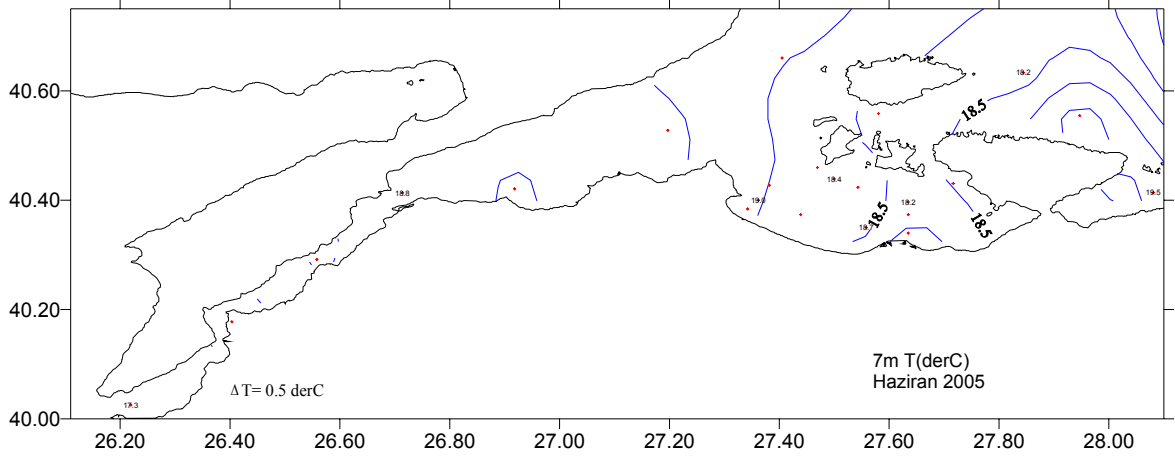
Şekil 33. Bandırma ve Erdek körfezlerinde 2005 ve 2006 senesinde yapılan seferlere ait tuzluluk ve sıcaklık profilleri.



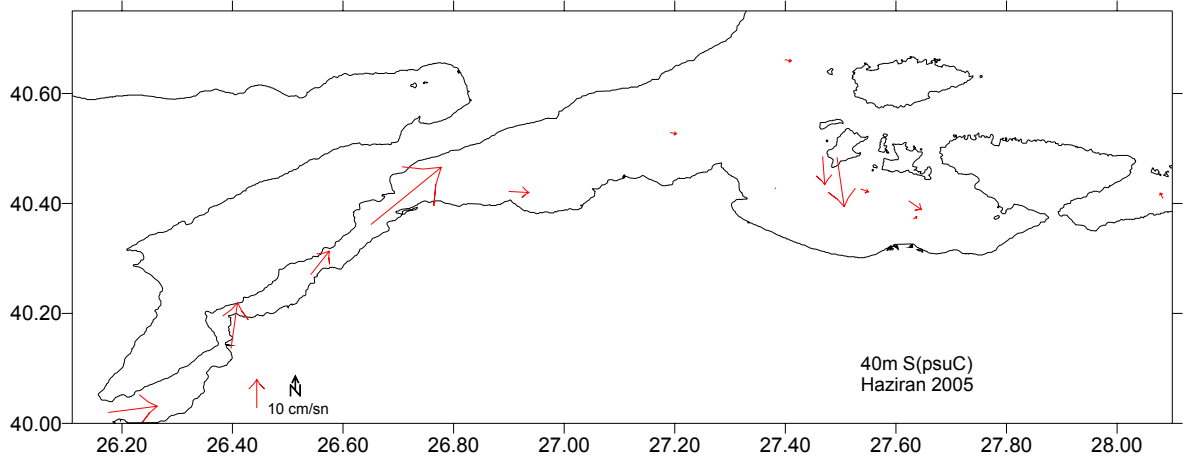
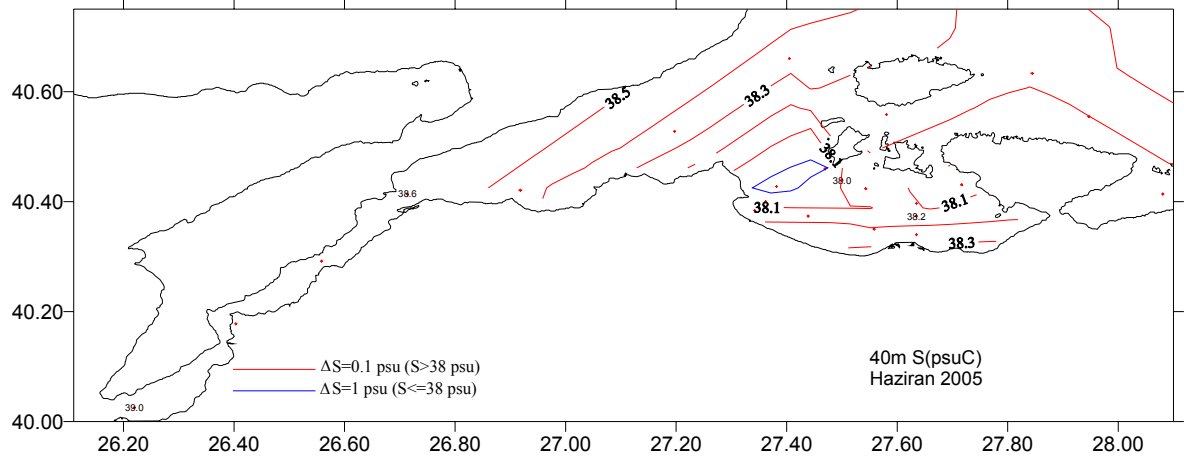
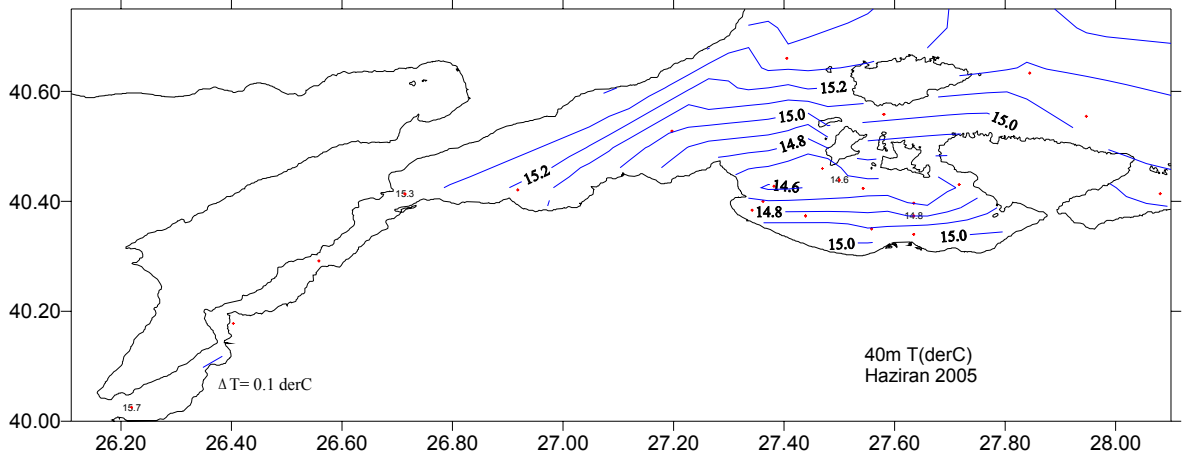
Şekil 33. Devam.



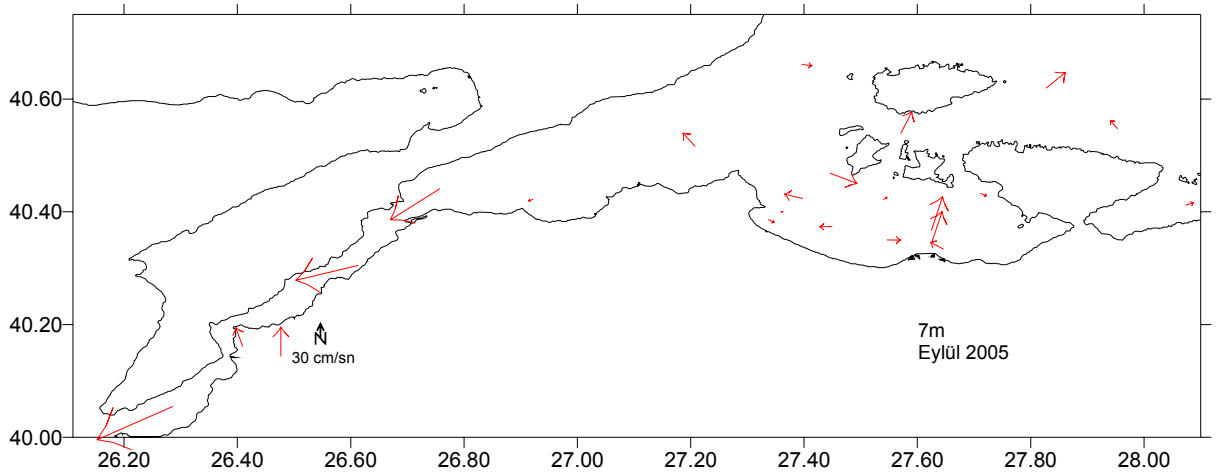
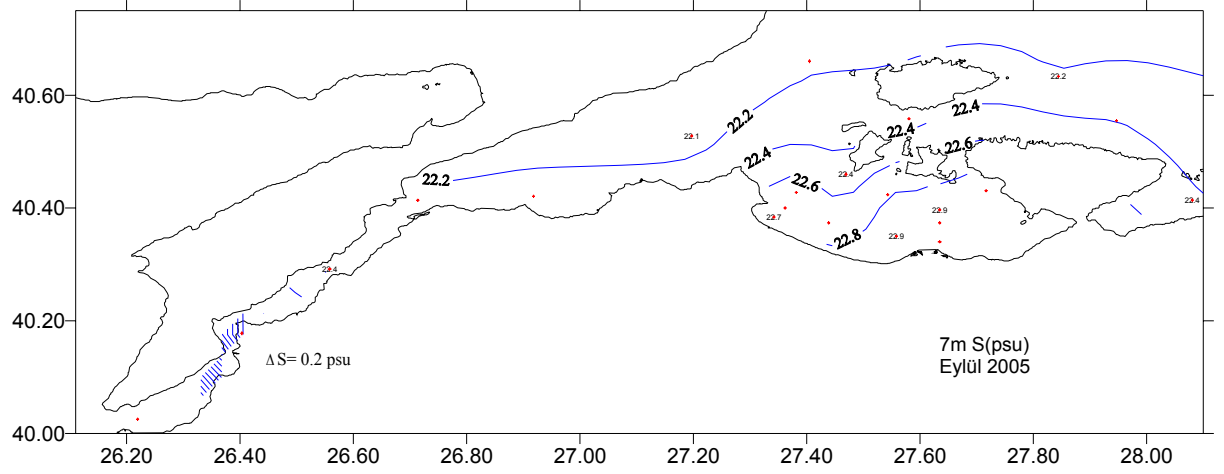
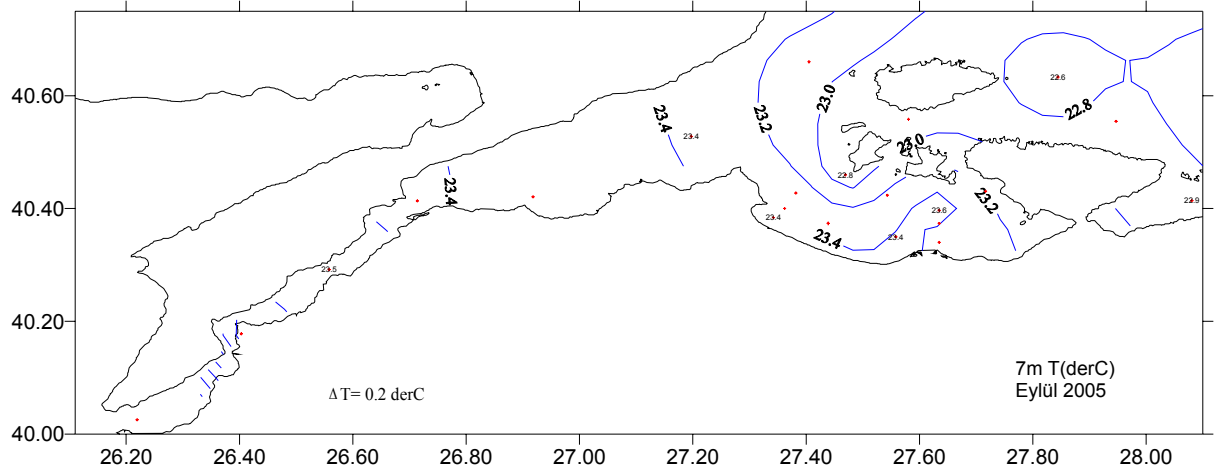
Şekil 33. Devam.



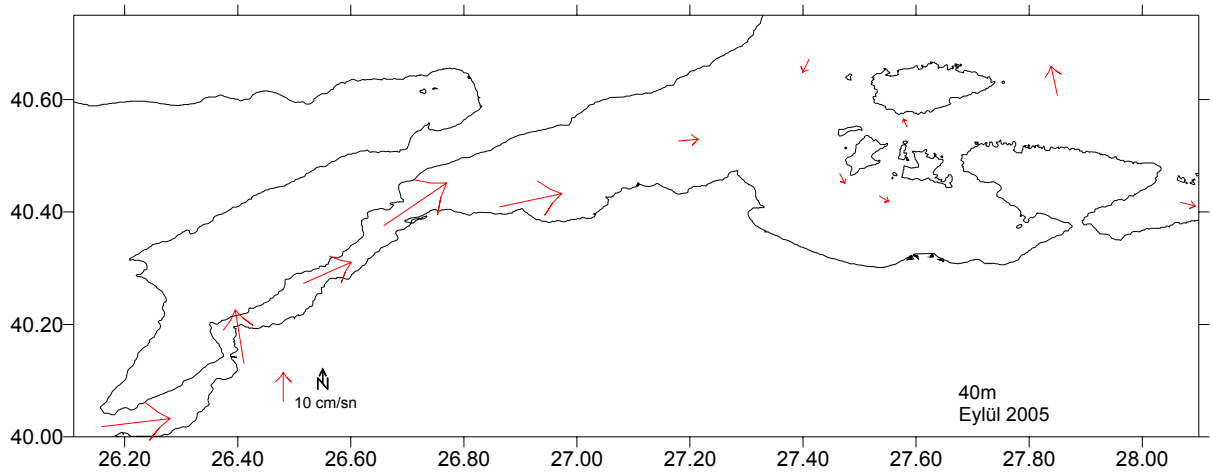
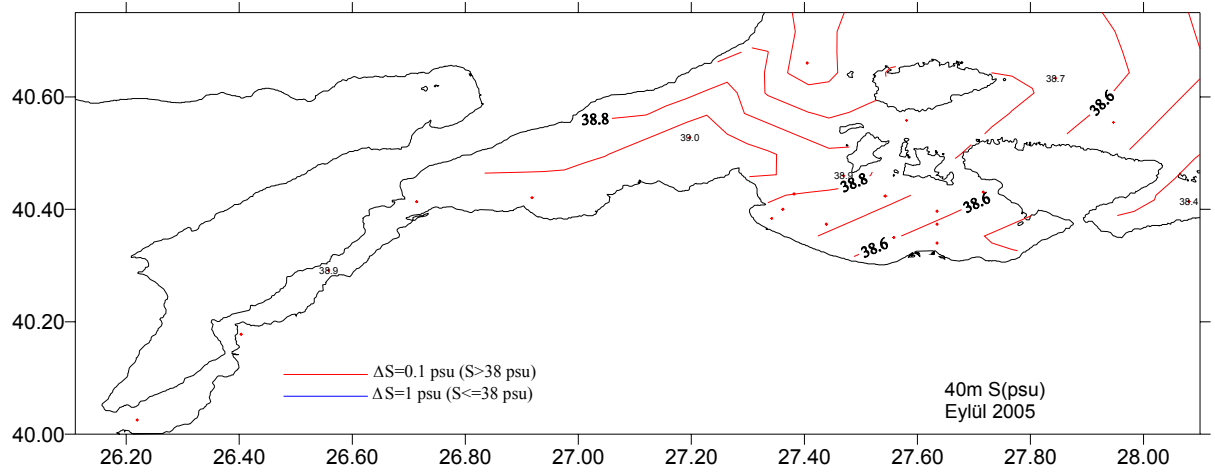
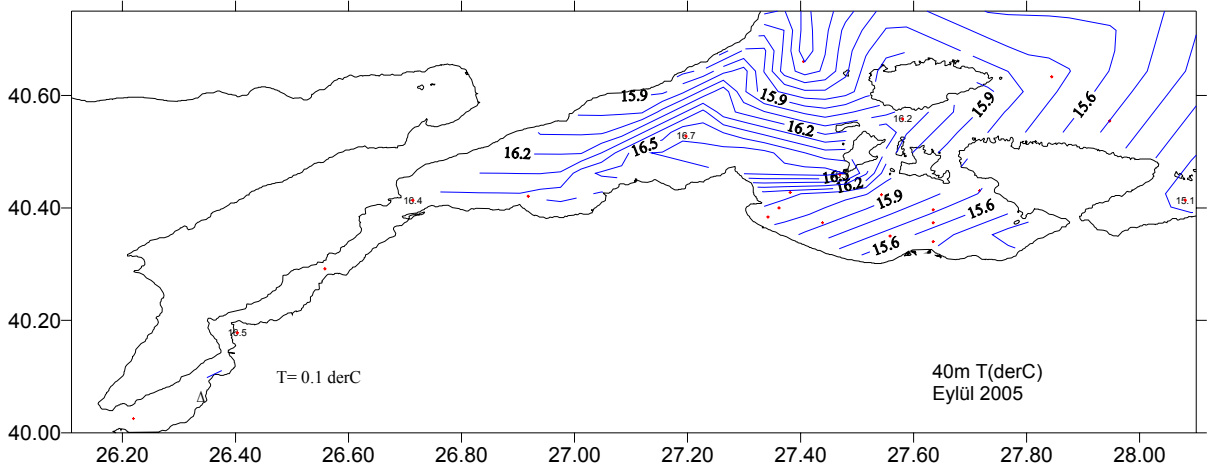
Şekil 34. Bandırma ve Erdek körfezleri 7m ve 40m tuzluluk sıcaklık ve akıntı yüzey dağılımları



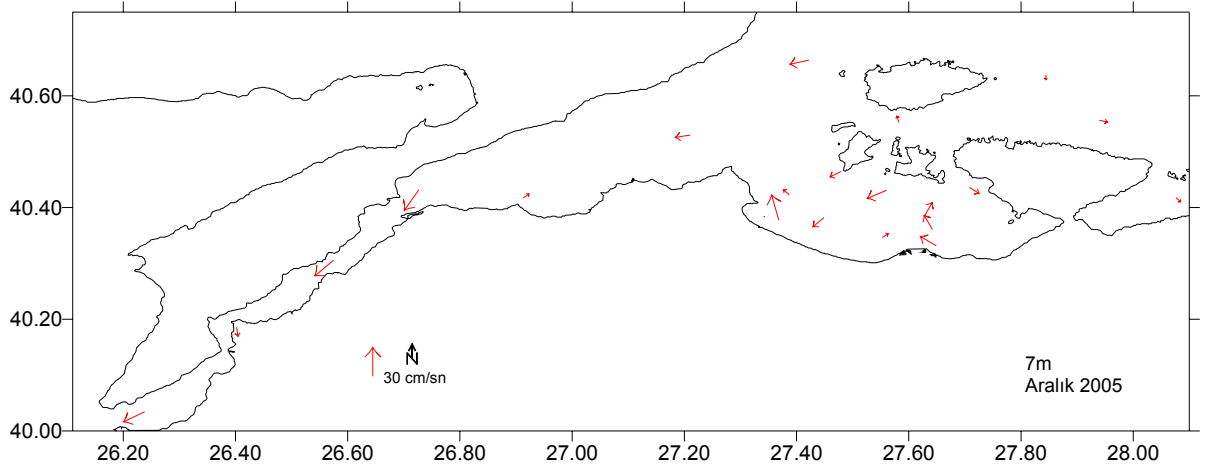
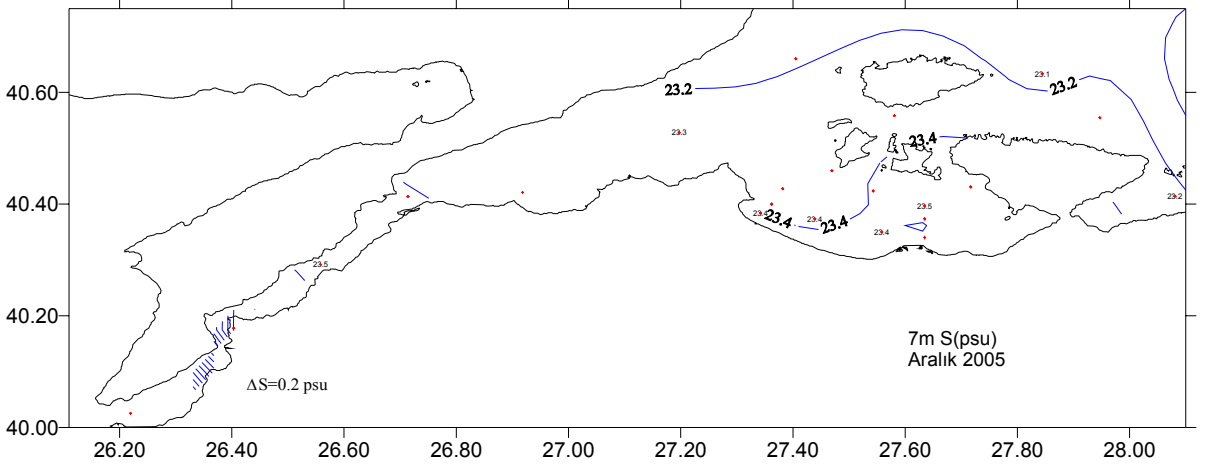
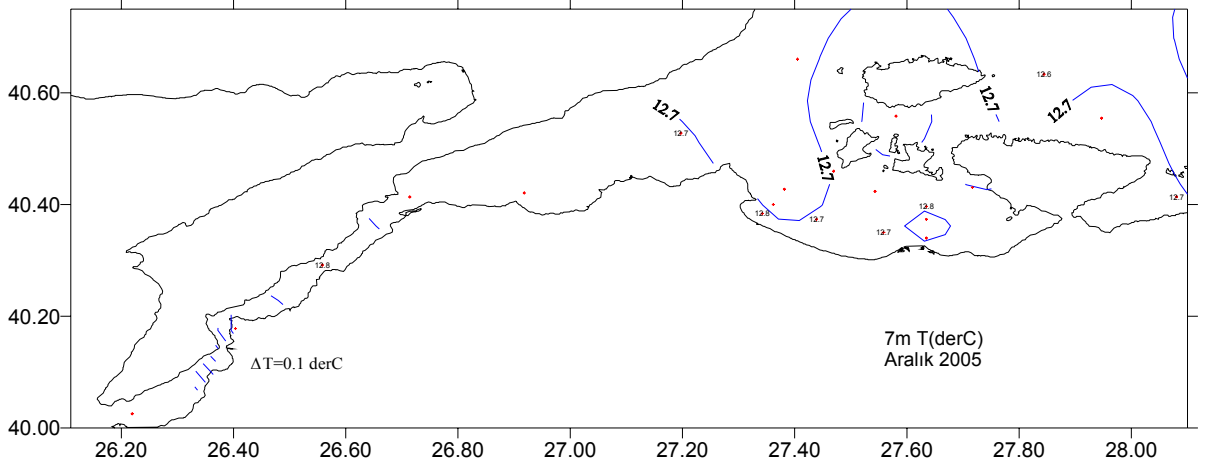
Şekil 34. Devam.



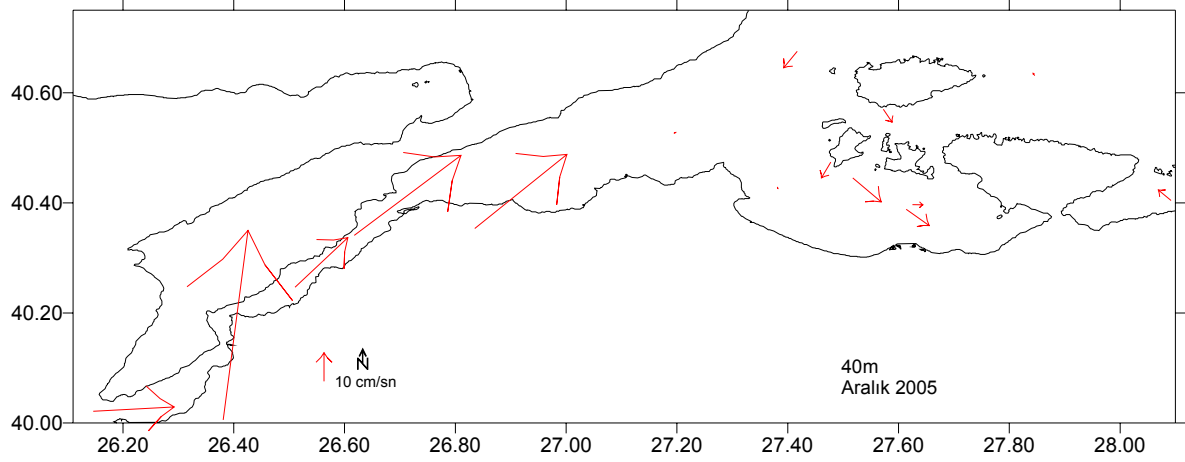
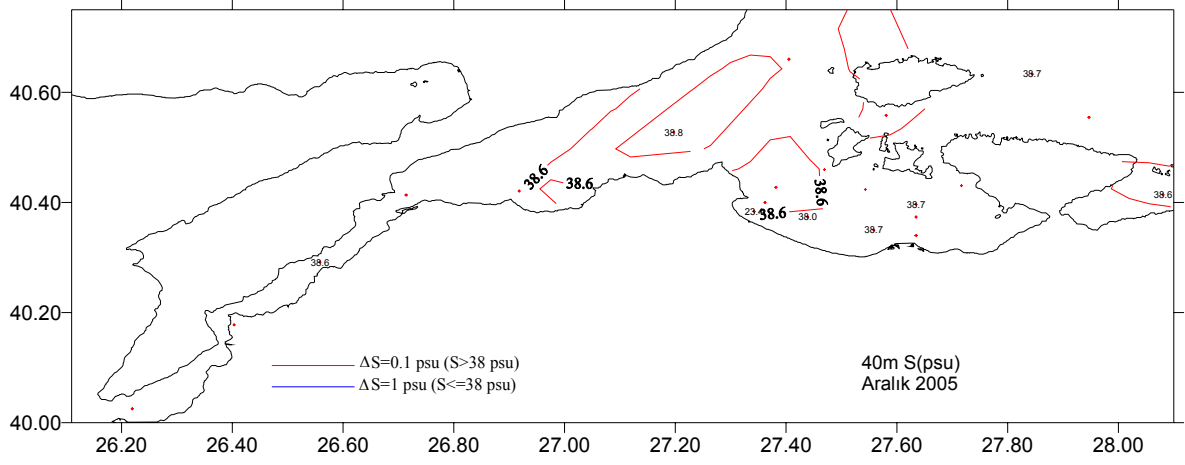
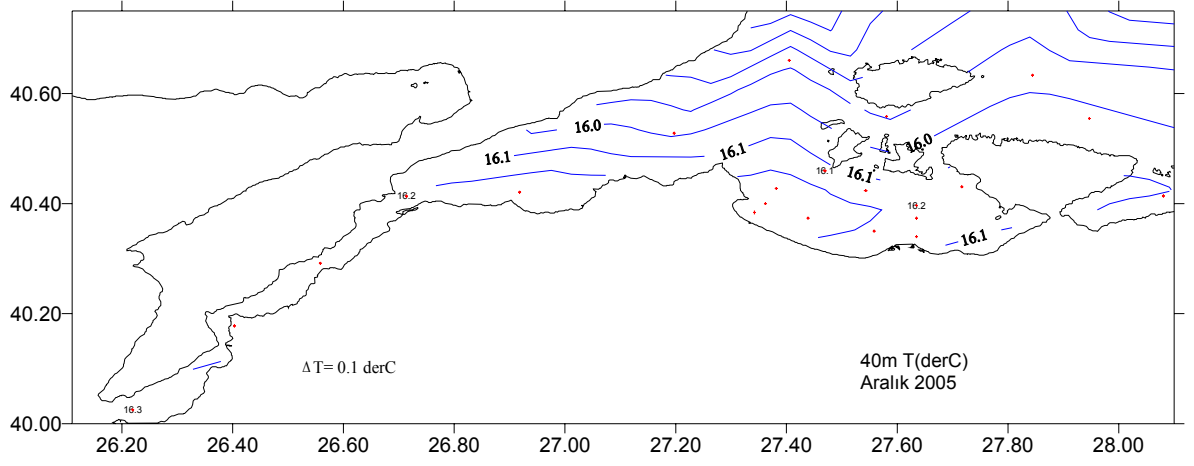
Şekil 34. Devam.



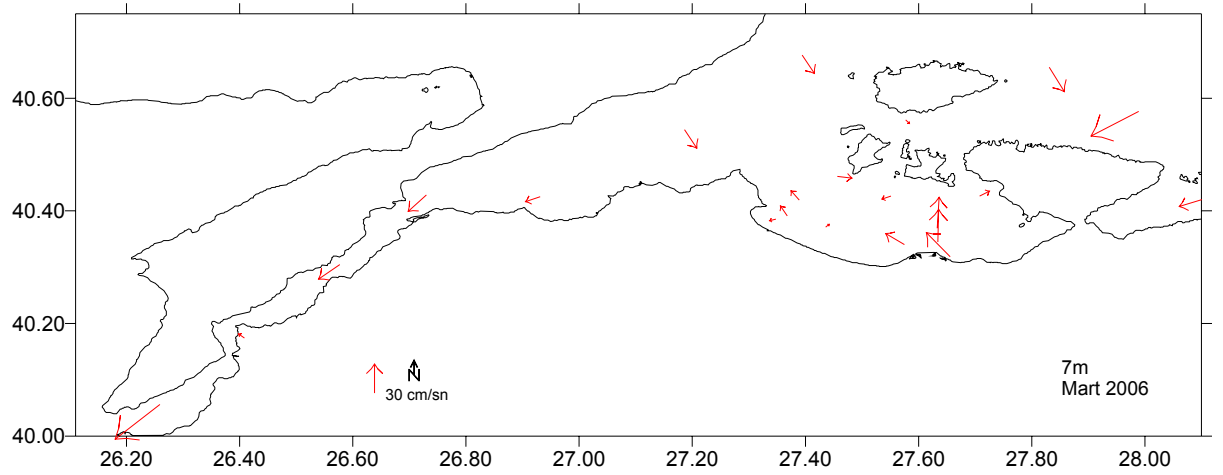
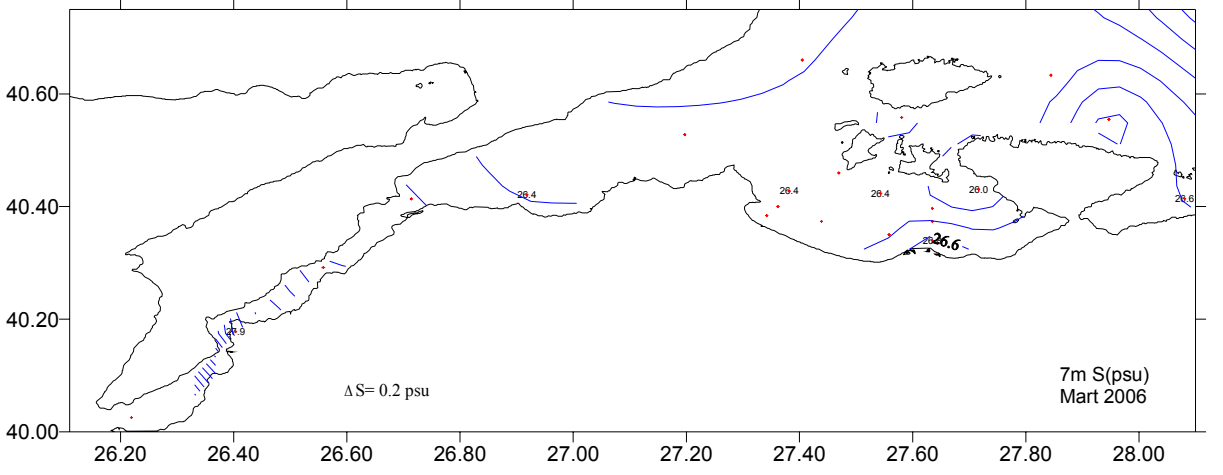
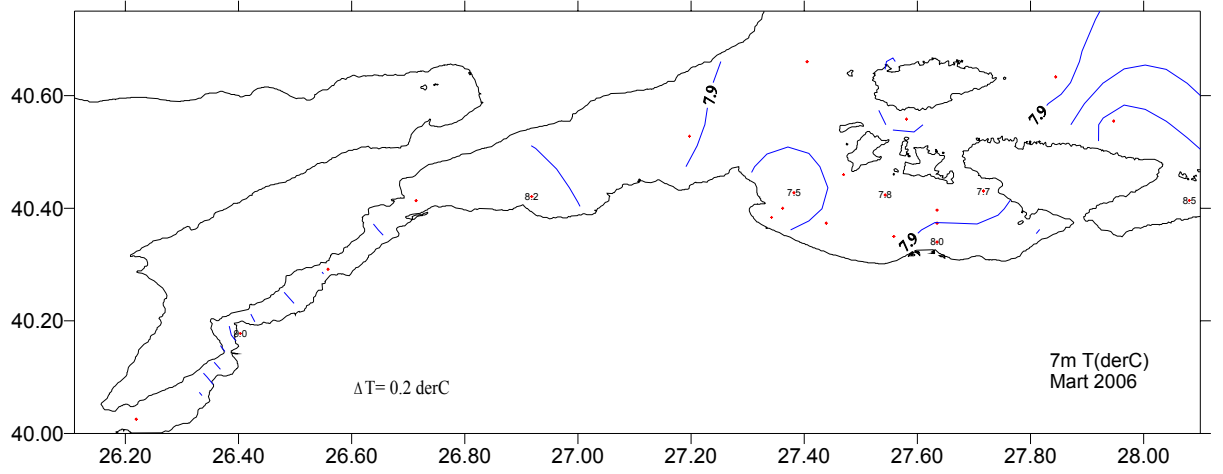
Şekil 34. Devam.



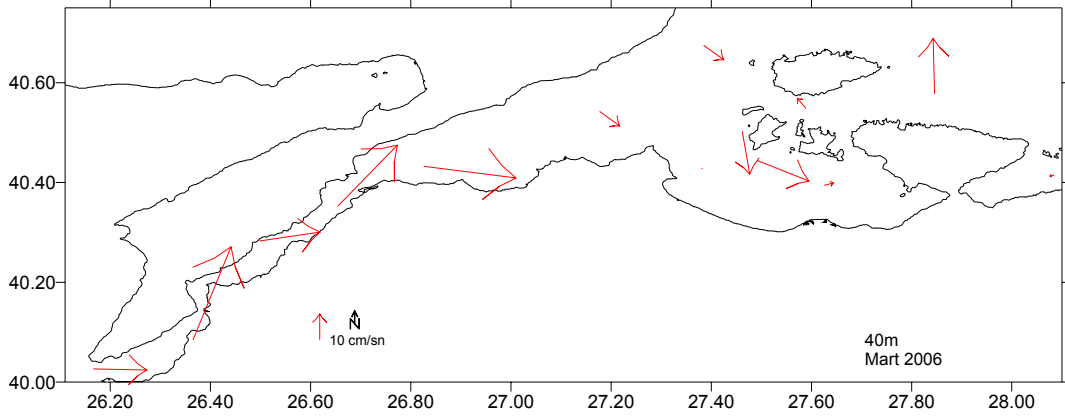
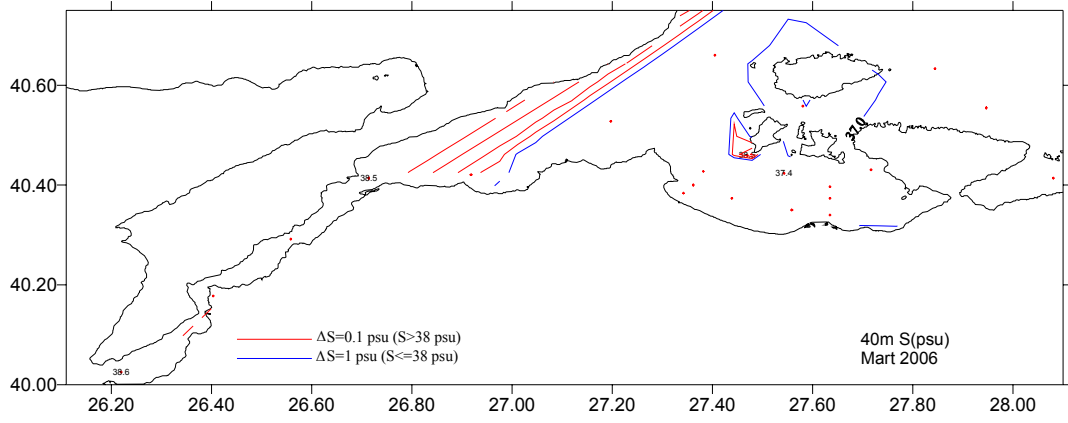
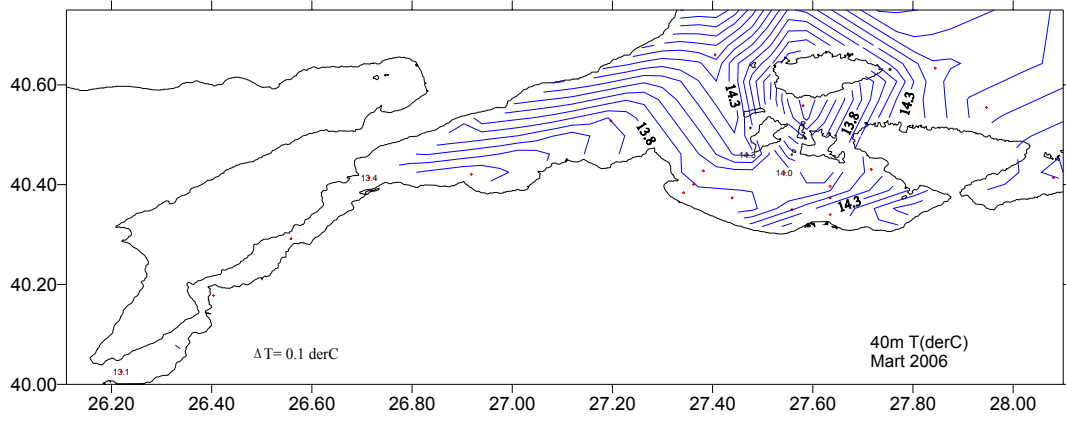
Şekil 34. Devam.



Şekil 34. Devam.



Şekil 34. Devam.



Şekil 34. Devam.

IV. TARTIŞMA ve SONUÇ

Marmara Denizi, Türk Boğazlar Sistemi ve körfezleriyle, yoğunluk farkı yüksek iki tabakalı bir sistemdir. Alt tabakayı yüksek tuzluluk ve yoğunluktaki Akdeniz kökenli su oluşturmaktadır. Alt tabaka suyunun tazelenme süresinin; alt tabaka hacminin oldukça büyük olması, İstanbul ve Çanakkale boğazlarının derinliğinin Marmara Denizi ortalama derinliğine oranla çok sığ olması (ki bu sebepten Marmara Denizi'ne giren yoğunluğu yüksek sular derinlerde hapsolmektedir) ve alt tabaka atmosfer etkileşiminin çok sınırlı olmasından dolayı 6-7 sene gibi uzun bir süre aldığı varsayılmaktadır. Buna rağmen bazı zamanlarda Ege'den giren düşük sıcaklıktaki yoğunluğu yüksek sular dibe batarak evvelden buraya girmiş olan eski su kütlelerini iterek yenilenme hızını hızlandırmıştır. Beşiktepe ve arkadaşları (1993; 1994) çalışmalarında, Çanakkale'den giren alt tabaka suyunun, zaman zaman daha yüksek sıcaklıktaki az yoğun su olarak ara tabakaya girdiğini, zaman zamanda soğuyarak dibe çöktüğünü vurgulamıştır. Çanakkale alt akıntısı, Erdek Körfezinin alt akıntı sirkülasyonunu etkilemesi sebebiyle de ayrıca tez konumla alakalıdır. Çanakkale Boğazı'ndan giren alt tabaka suyunun, genel olarak takip ettiği yolun ikiye ayrılarak Erdek Körfezi içerisine ve Marmara Ada'sının kuzeyine doğru yöneldiği varsayılmaktadır. Ayrıca Beşiktepe ve arkadaşları çalışmasında alt ve üst tabakaları arasındaki karışımın boğazlardaki ve tüm Marmara Denizi'ndeki oranlarını da hesap etmiştir. Bunun yanında Sur (1988) doktora tez çalışmasında Çanakkale Boğazı'ndaki alt ve üst tabakalar arasında ki alış verişi modelleyerek ortaya koymuştur.

Üst tabaka büyük ölçüde Karadeniz kökenli su ile beslenen düşük tuzluluktaki su kütlelerinden oluşmaktadır. Üst tabakanın tazelenme süresi yaklaşık 6-7 aydır. Bu sürenin, nispeten kısa olmasında; atmosfer-deniz etkileşiminin yüksek olması, üst tabaka hacminin düşük olması ve üst tabakanın boğazlarda engele takılmadan ilerleyebilmesi rol oynamaktadır. Üst tabaka tuzluluk seviyesini başlıca etkileyen faktörler; İstanbul Boğazı'ndan giren üst akıntının tuzluluğu ve miktarıdır. Tuna Nehri, zaman zaman Batı Karadeniz sahillerini takip ederek İstanbul Boğazı üst akıntısının tuzluluğunu düşürüp, Marmara Denizi'ne girmektedir. Yaz aylarında görülen Karadeniz kökenli soğuk ara tabakanın etkisi,

çalışma dönemi içerisinde de tüm Marmara Denizi'nde gözlemlenmiştir. Altıok ve arkadaşları (2000) çalışmalarında Karadeniz'den giren soğuk ara tabakasının tanımını yapıp görüldüğü dönemleri ortaya koymuştur. Yaz aylarında ve Eylül'de görülen bu tabakayı, bu çalışmada da Karabiga civarına kadar görülmüştür.

Üst tabaka sirkülasyonunu oluşturan başlıca etkenler ise; İstanbul Boğazı jet akıntısının hızı ve miktarı, coriolis kuvveti etkisiyle bu akıntının bükülmesi ve çeşitli atmosferik şartlardır. Boğaz jeti zaman zaman şiddetlenerek Armutlu açıklarına kadar ulaşmaktadır. Daha sonra saat yönünün tersi istikametinde kıvrılarak, Tekirdağ sahili paralelinden Çanakkale Boğazı'nı terk etmektedir.

İstanbul halici ve Marmara Denizi körfezlerinin hepsinde bu iki tabakalı yapıyı görmekteyiz. Yarı kapalı, sirkülasyonun kısıtlı olduğu körfezlerde, çift tabakalı yapı da eklenince, özellikle alt tabaka suyunun tazelenme süresinde artış olmaktadır. Bu durum, evsel ve sanayi atıklarının havzaya katılmasıyla, çevresel problemler doğurmaktadır. Bu nedenle, İzmit Körfezi'nin iç kesimleri ve derin çukurlarında, Haliç'in iç kesimlerinde ve Gemlik Körfezi iç kesimlerinde anoksik koşullar özellikle yaz aylarında görülmektedir.

Haliç'te yapılan ilk kapsamlı çalışma Kor (1963) tarafından ele alınıp doktora tezi olarak sunulmuştur. Bu çalışmaya göre yüzeydeki tuzluluk 6-10psu arasında değişmekte olup Boğaz çıkışına kadar 10psu değeri sabitlenmekteydi. Kaynak yönünde ise yağmur ve derelerden kaynaklanan neredeyse tatlı bir su kütlesi vardı. Şimdiki veriler doğrultusunda yüzey tabaka tuzluluk değerinin 6-10psu arttığı görülmektedir ki buna sebep, ıslah çalışması neticesinde tatlı su girdilerinin düşüş göstermesinden başka bir şey değildir (Müftüoğlu, 2002).

İstanbul Su Temini ve Kanalizasyonu Master Plan ve Fizibilite Etüdü için Eylül ve Kasım, 1967 aylarında 12 istasyonda yürütülen çalışmada da 16psu'daki Karadeniz suyunun iç kesimlere kadar ilerlediği görülmektedir (DAMOC, 1971). Bu çalışma kapsamında yapılan ölçümlerde de benzer durum gözlenmiştir. Karadeniz kökenli suyun Haliç'in iç kısımlarına kadar girdiği saptanmıştır. CA istasyonundan iç kesimlere doğru, yağışın fazla olduğu dönemler hariç, yüzey tuzluluk değeri 16-19psu arasında değişip, dip derinliğine kadar ise neredeyse sabit kalmıştır. Bazı aylarda lodosun etkisiyle Camialtı mevkiinde Akdeniz suyu üst tabaka suyuyla karışmış ve tuzluluğu arttırarak iç kesimlere kadar ulaşmıştır. 2004 ve 2005 senelerinin Ocak ayında bu durumu görmekteyiz.

Lodosun etkisi Marmara Denizi'nin kuzey sahilinde kabarmaya yol açtığından Boğaz'daki alt akıntı kalınlık ve şiddetini arttırıcı rol oynamaktadır. Bunun sonucu olarak alt tabaka ve ara geçiş tabakasında düşey karışım olmakta ve homojenlik bozularak tabakalar birbirine karışmaktadır. Esen rüzgarın şiddetine ve esme süresine bağlı olarak, zaman zaman bu karışım yüzeye kadar etkili olabilmektedir. Kuzey rüzgarları ise Karadeniz'in güney sahilinde yığılmaya sebep olduğundan Boğaz'daki üst tabakayı kalınlaştırıcı rol oynamaktadır.

Alt tabaka 37-38psu tuzluluğunda su ihtiva etmektedir. Her ne kadar Yüce (1975) çalışmasında 35-36psu daki alt tabakada Akdeniz suyundan bahsetmekte ise de, bu çalışmanın yapıldığı dönemde bu durumun görülmediği ve genel olarak alt tabakanın 37psu değerinin altına düşmediği görülmüştür.

Fazla yağış olan aylarda, yüzey suyunda tuzluluk seviyesi düşmektedir. Fakat bazen yağışa rağmen, Karadeniz'den gelen suyun tuzluluğuna bağlı olarak, beklenenden daha yüksek tuzluluk görülmüştür (Nisan 2005'te görüldüğü gibi). Bunun aksini görmek de mümkündür; Tuna etkisinin görüldüğü aylarda düşük tuzluluktaki Karadeniz kökenli üst tabaka suyunu Haliç'te görmekteyiz. Düşey karışımın yüzeye kadar etkili olduğunda ise, yağış olsa bile, tuzluluğu yüksek alt tabaka sularının üst suyla karışmasıyla yüzeyde tuzluluk seviyesinin beklenenin üstünde kaldığı görülmüştür (Ocak 2005'te bu durum görmekteyiz).

Artüz ve Korkmaz (1976) çalışmasında, Haliç'e dipten giren yoğun Akdeniz suyunun orta derinlikten dışarıya çıktığından ve yüzeydeki tatlı ve kirlı suyu da dışarıya doğru sürüklediğinden bahsetmektedir. Bu çalışmada bu durumun aksine, Haliç'te oldukça karmaşık bir akıntı sisteminin mevcudiyeti ortaya konmuştur. Akıntı sistemi çeşitli şartlarda 3 ila 5 tabaka halinde içeriye giriş ve çıkış yapmaktadır. Deniz suyu baskısıyla oluşmuş haliçlerle kıyas edilirse, Haliç'in derin dış kesiminde akıntı rejimi oldukça dinamiktir. Bu durum, tuzlulukları dolayısıyla yoğunlukları oldukça farklı olan Akdeniz ve Karadeniz sularının karşılaştığı bir coğrafyada bulunmasından ileri gelmektedir. Haliç'e saniyede yaklaşık 500m³'lük bir debiyle su giriş çıkış yapmaktadır. Bu miktar, CA istasyonuna kadar olan kısmın tazelenme süresini bir günden daha kısa olmasını sağlamaktadır (Müftüoğlu, 2002).

Sığ, iç kesimin yenilenme süresinde, çok kısıtlı yatay ve düşey sirkülasyonların etkisi düşüktür. Bu çalışmada, su seviyesindeki değişimin adeta bir emme basma pompa gibi çalışarak suyun tazelenmesine katkıda bulunduğuna deyinilmiştir. Bu durumda yapılan

yaklaşım ve hesaplamalarla iç kesimdeki suyun yaklaşık on gün bölgede kaldığını ortaya konmuştur. Tazelenme süresi uzadıkça, zaman zaman iç bölgelerde ötrifikasyonun sebep olduğu hidrojen sülfür oluşumu gözlenmiştir (Balkıs v.d., 2006). Atmosfer basıncı ve rüzgara bağlı olarak bu süre azalıp çoğalabilir. Tazelenmenin bu denli az olduğu bölgede, yatay sirkülasyonu engelleyen Valide Sultan Köprüsü'nü tamamen kaldırmak bölgeyi biraz rahatlatacaktır.

İzmit Körfezi her ne kadar jeolojik oluşumu bakımından haliçlerden farklı olsa da, ince uzun yapısı ve iki tabakalı bir yapıya sahip olmasından ötürü haliçlerin oşinografik yapılarına benzerlik gösterir (Algan v.d., 1999). Tabakalaşma yer ve zamana göre küçük değişimler gösterse de, üst ve alt sular oldukça homojen bir yapıdadır. 10-15 metre kalınlığındaki Karadeniz kökenli üst tabakanın hemen altında 30m derinliğine kadar inen ara geçiş tabakasını takiben 38psu civarında bir tuzluluk değerine sahip Akdeniz kökenli sudan oluşmuş alt tabaka suyu başlamaktadır. Zaman zaman, özellikle dar bölge olan Dil Burnu civarında alt tabakada körfez içine doğru, üst tabakada da dış körfeze doğru oldukça kuvvetli gözüken akıntının üst tabakayı temizleyici etkisi vardır. İzmit Körfezi'nde yaz ve kış sirkülasyonlarının farklılık gösterdiğini Sur (1988) doktora tezinde oluşturduğu modelle ortaya koymuştu. Modele göre kışın üst tabakayı su terk ederken, alt tabakadan içeriye su girişi gözükmektedir. Sur (1988) batı rüzgarlarının yüzeyde İzmit Körfezi'nin içine doğru alt tabakada ise dışarıya doğru oluşan akımı tahrik ettiği ortaya koymuştu. Benzer bir durumu Sümer (1983) çalışmasında vurgu yaparak batı rüzgarlarının körfezde ara yüzey zonunun yer değişmesine sebep olduğuna ve bunun neticesinde yoğun miktarda su alış verişinin oluştuğuna deyinmiştir. Yazın bunun tam tersi durum oluşmakta ve yüzeyden su dışarı çıkarken alt tabakadan içeriye girmektedir. Şubat ve Ağustos 2000 ölçümleri bu durum gözükmektedir ve bu yaklaşımı desteklemektedir.

İzmit Körfezi'nin boğumları arasındaki su alış-verişi boğumlar arasındaki suyun tazelenmesini kontrol etmektedir. Ayrıca sığlaşan iç bölgelere doğru türbülanslı akım artarak alt ve üst tabakaların karışımını güçlendirmektedir. Derin çukurlarda, alt tabakadan soğuk ve yoğun su girişi olup çukurları doldurduğu zamanlar hariç, su hapsolmektedir. Dolayısıyla bilhassa orta derin çukurda ve iç kesimde su tazelenme zamanı oldukça uzundur. Tazelenme

süresinin uzun olduğu orta derin çukurda ve iç kesimde ötrifikasyonun yol açtığı hidrojen sülfür oluşumuna rastlanılmıştır (Balkıs, 1999).

Gemlik Körfezi de çift tabakalı yapıya sahip ve ağız kısmında 53m'lik bir eşikle Marmara Denizi'nden ayrılan, ve özellikle alt tabaka su tazelenme süresinin kısıtlı olduğu bir körfezdir.

Yüzey sirkülasyonu rüzgar durumu ve Boğaz jetiyle alakalıdır. Batı rüzgarları İzmit Körfezi'nde olduğu gibi bu körfezde de yüzey tabakasını içeri sürüklemektedir. Boğaz jetinin Mudanya'da hissedildiği zamanlarda, içeri giren yüzey suyunda artış olup Körfez içinde siklonik döngü oluşmaktadır. Alt tabaka üst tabakaya göre daha durağan bir yapıdadır. Düşey karışımın yoğun olduğu Mart 2006'da 40m derinliğinde daha dinamik bir yapı gözlemlenmiştir. Bu durum Gemlik Körfezi'nde düşey karışım olduğu zamanlarda alt tabakanın daha hızlı yenilendiğine işaret etmektedir.

Bandırma Körfezi kuzeybatı yönüne açık bir körfezdir. Dolayısıyla kuzeybatı rüzgarları bu körfezde oldukça etkilidir ve yüzey suyunun körfez içine girip, alt tabakanın da körfezi terk etmesini tetikler. Ağız kısmında bulunan eşik ve Mola adaları sirkülasyonu kısıtlar. Yapılan dört seferin üçünde Mola adalarının güneyinden körfezi terk eden üst tabaka akıntısı gözükmemektedir. Bu durum adaların kuzeyinden içeri giren akıntının siklonik bir döngü yaparak güneyden çıktığını çağrıştırmaktadır. Dört seferde de çift tabakalı yapı görülmektedir. Mart ayında İzmit Körfezi'nde görülen düşey karışımın etkisi bu bölgede daha az görülmektedir.

Erdek Körfezi, Çanakkale Boğazı alt akıntısına maruz bir körfez olduğundan oldukça dinamiktir. Oksijence zengin su girdisi mevcuttur. Çanakkale alt akıntısı ikiye ayrılarak, bir kolu Erdek Körfez'ine girmektedir. Körfeze giren su miktarını, alt akıntı debisi ve sıcaklığa bağlı alt akıntı suyu yoğunluğu belirlemektedir. Sonbahar aylarında sıcaklığı yüksek daha az yoğun alt akıntı suyu basene girerek 50m. civarına yerleşir. İlkbahar ve kışın son aylarında Çanakkale'den giren suyun yoğunluğu maksimuma ulaşır ve Marmara Denizi'nin dip sularını oluşturur Her mevsim basene giren suyun oksijeni yüksektir (4-7ml/g)(Beşiktepe v.d., 1993;1994).

Erdek Körfezi'nde dört ölçümde de üst tabakada siklonik bir döngünün mevcudiyeti göze çarpmaktadır. Karabiga önlerinden körfezi terk eden akıntı görülmektedir. Alt tabakada ise

sürekli su girişi mevcuttur. Bu durum Erdek Körfezi'ni diğer körfezlere göre daha dinamik kıлып bu körfezin tazelenme zamanı daha düşüktür.

Sonuç olarak tüm Marmara Denizi haliç ve körfezlerinde çift tabakalı yapı mevcuttur. Sığ kesimlerde iki tabaka arası su alış verişi artmaktadır. Derin çukurlarda ve iç kesimlerde su tazelenme zamanı yüksektir ve hidrojen sülfür oluşumu gözlenmektedir. Özellikle İzmit ve Gemlik körfezlerinde, Haliç oşinografisiyle benzerlikler görülmektedir.

Haliç'in dış kesiminde iki tabakalı yapı mevcuttur. Ancak akıntı bakımından oldukça karmaşık bir sistem vardır. Sığ kesimde, özellikle VS istasyonundan sonra yatay ve düşey sirkülasyonlar oldukça kısıtlıdır. Bu bölgede besin elementi ve organik malzeme girdilerinin de fazla olmasıyla, 10 gün civarında hapsolan suda çoğu zaman hidrojen sülfür üretimi gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- ALGAN, O., ALTIOK, H. ve YÜCE, H. (1999). Seasonal variation of suspended particulate matter in two-layered İzmit Bay, Turkey. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 49: 235-250.
- ALTIOK, H., YÜCE, H., ALPAR, B. (2000): Seasonal variation of the cold intermediate water in the Southwestern Black Sea and its interaction with the Sea of Marmara during the period of 1996-1998. *Mediterranean Marine Science*, 1/2 31-40.
- ARTÜZ, İ. ve BAYKUT, F. (1986): Marmara Denizi'nin hidrografisi ve su kirlenmesi açısından bilimsel etüdü, İstanbul Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayınları.
- ARTÜZ, M. İ. ve KORKMAZ, K. (1976): Haliç'te Su Kirlenmesinin Bu Güncü Durumu, İ.B.Ü. Haliç Sorunları ve Çözüm Yolları Ulusal Sempozyumu Tebliği, s.75
- ARTÜZ, M. İ. ve KORKMAZ, K. (1977): Gemlik Körfezi'nin Kirlenme Durumunun Etüdü, Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü, İstanbul
- ASTON S.R. and CHESTER R. (1976): Estuarine Sedimentary Processes. In: *Estuarine Chemistry*, Burton J.D. and Liss P.S. (Eds), Academic Press, London, pp. 37-52.
- AVŞAR, N., AKSU, A., DİNÇER, F. (2006): Erdek Körfezi (GB Marmara Denizi) bentik foraminifer toplulukları, *Yerbilimleri*, 27 (3), 125-141
- BALKIS, N. (2003). The effect of Marmara (İzmit) Earthquake on the chemical oceanography on İzmit Bay, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*. Vol.46, pp 865-878.
- BALKIS N., MÜFTÜOĞLU E., AKSU A. (2006): The chemical oceanography of the Golden Horn Estuary (Marmara Sea, Turkey), Consequences of Improvement Projects. IWA Dipcon 2006, 10th International Specialised Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management. September 18-22, 2006 Istanbul, TURKEY, Books of Abstracts, p.56.
- BEŞİKTEPE, Ş., ÖZSOY, E., ÜNLÜATA, Ü. (1993): Filling of the Sea of Marmara by the Dardanelles lower layer flow. *Deep-Sea Research*, 40, 1815-1838.
- BEŞİKTEPE, Ş.T., SUR, H.I., ÖZSOY, E., LATIF, M.A., OĞUZ, T. VE ÜNLÜATA, Ü. (1994): The circulation and hydrography of the Marmara Sea. *Prog. Oceanog.* 34, (4), 285-333.
- BÜYÜKAY, M. (1989): The Surface and Internal Oscillations in the Bosphorus, Related to Meteorological Forces, MSc Thesis, Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, 169 pp.

DAMOC (1971): Master Plan and Feasibility Reports for Water and Wastewater of the Istanbul Region, İstanbul

DYER K.R. (1973): Estuaries: A Physical Introduction. John Wiley & Sons Publication, London, 140pp.

ERGİN M., EDİGER V., MODUR M.N. ve OKYAR M. (1990): A Review of Modern Sedimentation in The Golden Horn Estuary (Sea of Marmara) Turkey, Bollettino di Oceanologia Teorica Ed Applicata, Vol VIII, N.2. April 1990.

ERGİN, M., KAZANCI, N., VAROL, B., İLERİ, Ö., KARADENİZLİ, L., TANER, G., IŞIK, U., KURTEL, A., ALTIOK, H., OKUŞ, E., YÜKSEK, A., UYSAL, A., AVŞAR, N., BAYHAN, E. ve TEMEL, A. (1997): Kuzeydoğu Ege Denizi'nin Gökçeada-Bozcaada-Çanakkale üçgeninde kalan kıta sahanlığındaki Geç Kuvaterner tortullarının ve deniz tabanı mikrotopoğrafyasının araştırılması, TÜBİTAK Proje No: YDABÇAG-156.

ERİNÇ, S., (1978): Changes in the physical environment in Turkey since the end of the last glacial. In: The Environmental History of the Near and Middle East since the Last Ice Age, W. C. Brice, (ed.), Academic Press, London, 87-110.

EROL, O. ve ÇETİN, O., (1995): Marmara Denizi'nin Geç Miyosen-Holosen'deki evrimi, İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi, E. Meriç (ed.), 314-341.

FAIRBRIDGE R.W. (1980): The Estuary: Its Definition and Geodynamic Cycle. In: Chemistry and Biochemistry of Estuaries, Olausson E. And Cato I. (eds), John Wiley & Sons Publ. Pp. 1-35.

GORDON, R.L. (1996): Principles of Operation: A Practical Primer. RD Instruments, San Diego.

KARPUZCU, M. (1975): Haliç'te Kirlenme Probleminin Etüdü için Uygun Bir Matematik Modelin Araştırılması, İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi.

KOR N. (1963): Haliç'in Kirlenmesi ile İlgili Durumların Etüdü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

MERİÇ E., SAKİNÇ M. VE EROSKAY O. (1988): İstanbul Boğazı ve Haliç Çökellerinin Evrim Modeli, Jeoloji Mühendisliği Bülteni, 10, 10-14, İstanbul.

MERİÇ. E., YANKO, V., AVŞAR, N., NAZİK. A. ve KORAL, H. (1995): Kuvaterner döneminde Akdeniz ile Marmara Denizi arasındaki deniz bağlantıları. İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi, E. Meriç (ed.), 285-293.

MÜFTÜOĞLU A.E. (2002): Haliç'in Fiziksel Oşinografisi, İ.Ü., Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, 59 Sayfa.

N. BALKIS, E. MÜFTÜOĞLU, A. AKSU 2006. The chemical oceanography of the Golden Horn Estuary (Marmara Sea, Turkey): Consequences of Improvement Projects. IWA Dipcon

2006. 10th International Specialised Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management. September 18-22, 2006 Istanbul, TURKEY. Books of Abstracts, p.56.

ORHON, D., EREMEKTAR, G., MERİÇ, S. (1990): Haliç'te Su Kirlenmesi Sorunu I-Temel Özellikler ve Kirlenme Profili, Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi 1,1, 15-24 .

ORHON, D., GÖNENÇ, İ.E., TÜNAY, O. VE AKKAYA, M.(1984): T.C. Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı - İzmit Körfezinde Kirlenmenin Önlemesi ve Giderilmesi Projesi, Sonuç Raporu. İTÜ İnşaat Fakültesi, Döner Sermaye Raporu, İstanbul, Haziran 1984, 374 sh.

ÖZSOY E., OĞUZ T., LATİF M.A., ÜNLÜATA Ü., SUR H.İ. VE BEŞİKTEPE Ş. (1988): Oceanography of the Turkish Straits – Second Annual Report. Submitted to: İstanbul Water and Sewage Administration. M.E.T.U., Institute of Marine Sciences, Erdemli-İçel.

ÖZTÜRK M., BAŞTÜRK A., ÖZTÜRK İ., KINACI C., TOPACIK D., SEVİMLİ M.F. (1998): Haliç Islah Projesi Uygulama Çalışmaları. Büyükşehirde Atıksu Yönetimi ve Deniz Kirlenmesi Kontrolü Sempozyumu, İ. Öztürk, H.Z. Sarıkaya ve E. Okuş (eds.), 18-20 Kasım 1998, İstanbul.

ŞENGÖR, A. M. C. ve YILMAZ, Y. (1981): Thethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, 181-241.

STANLEY, D. J. VE BLANPIED, C. (1980): Late Quaternary water exchange between the eastern Mediterranean and the Black Sea, Nature, 285, 537-541.

SÜMER M., (1983): İzmit Körfezinde Su Hareketleri, İ.T.Ü-İnşaat Mühendisliği Yayınları

SUR H. İ., OKUŞ E., GÜVEN K.C., KIRATLI N., YÜKSEK A., UYSAL A., ÜNLÜ S., ALTIÖK H., TAŞ S., ASLAN A., YILMAZ N., MÜFTÜOĞLU A. E., ÇETİNTÜRK K. (2002):Su Kalitesi İzleme Çalışması, Yıllık Rapor (2001). Destekleyen kuruluş: İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

SUR H. İ., OKUŞ E., GÜVEN K.C., YÜKSEK A., ALTIÖK H., KIRATLI N., ÜNLÜ S., TAŞ S., ASLAN-YILMAZ A., YILMAZ N., ÖVEZ S., MÜFTÜOĞLU A. E., KARHAN Ü., DEMİREL N., CUMALI S. (2005):Su Kalitesi İzleme Çalışması, 3. Gelişme Raporu (2004). Destekleyen kuruluş: İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

SUR H.İ (1988): Numerical Modelling Studies of Two-Layer Flows in the Dardanelles and the Bay of İzmit, Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, 245 sayfa

SUR H.İ., OKUŞ E., ALTIÖK H. VE MÜFTÜOĞLU A.E. (2001): Haliç'in Fiziksel Oşinografisi ve Islah Çalışmalarının Etkileri, Haliç 2001 Sempozyumu, İSKİ, s.131-144.

TUNOĞLU, C., (1999): Recent Ostracoda association in the Sea of Marmara, Yerbilimleri, 21, 63-89.

Workhorse Technical Manual, RD Instruments (January 1998).

YÜCE R. (1975): Haliç ve Kirlenme, Haliç Sempozyumu Tutanakları, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, 10-11 Aralık, İstanbul.

<http://googleearth.com>

<http://harita.turkcebilgi.com>

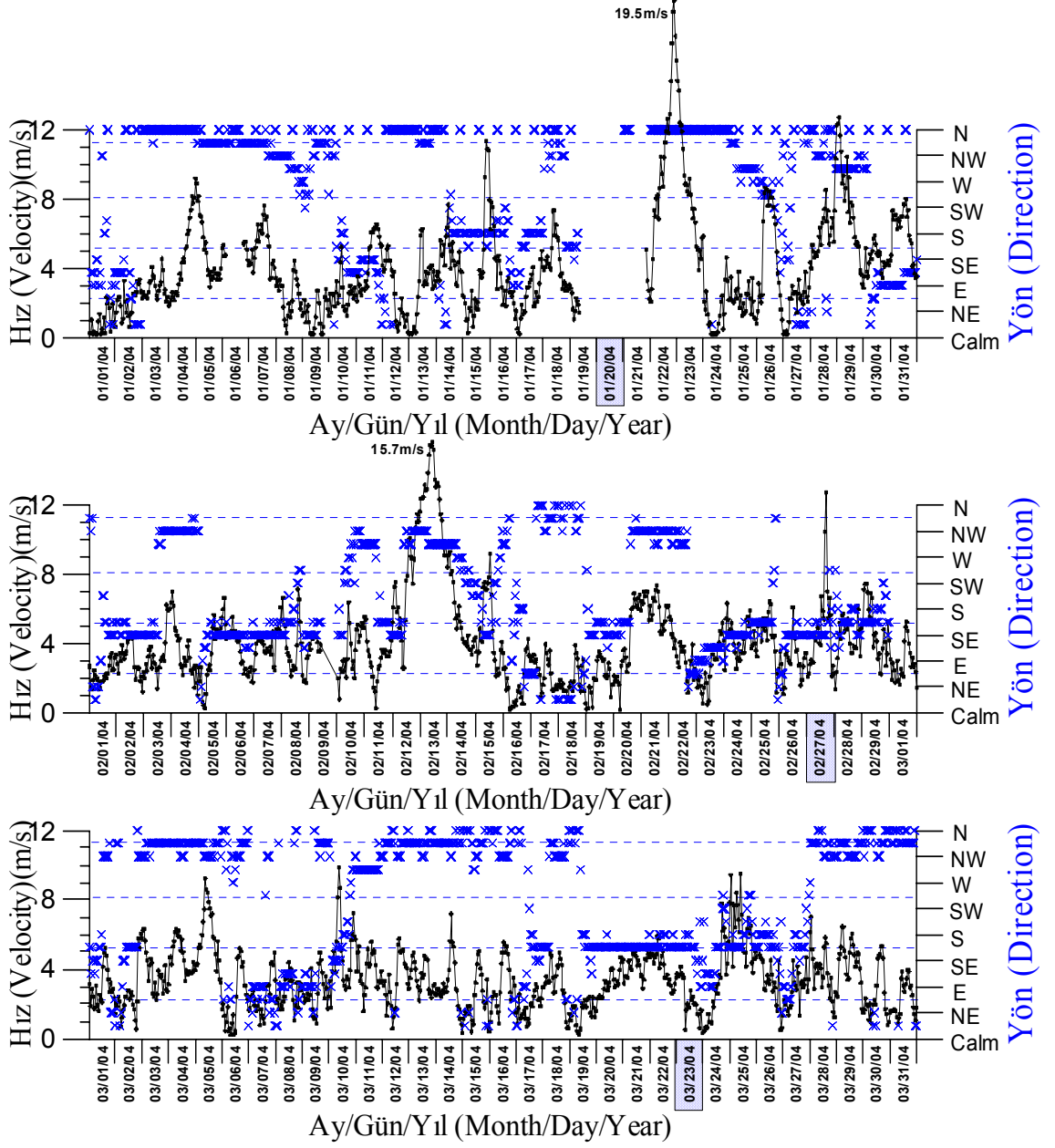
<http://maps.yahoo.com>

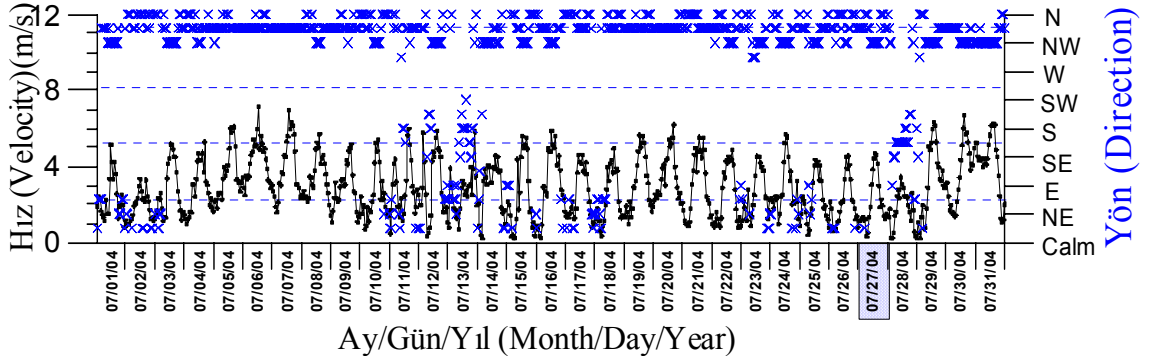
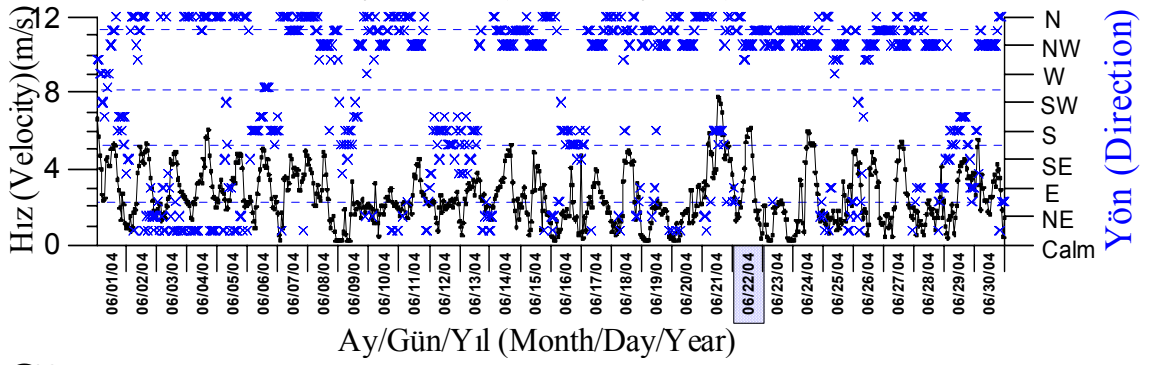
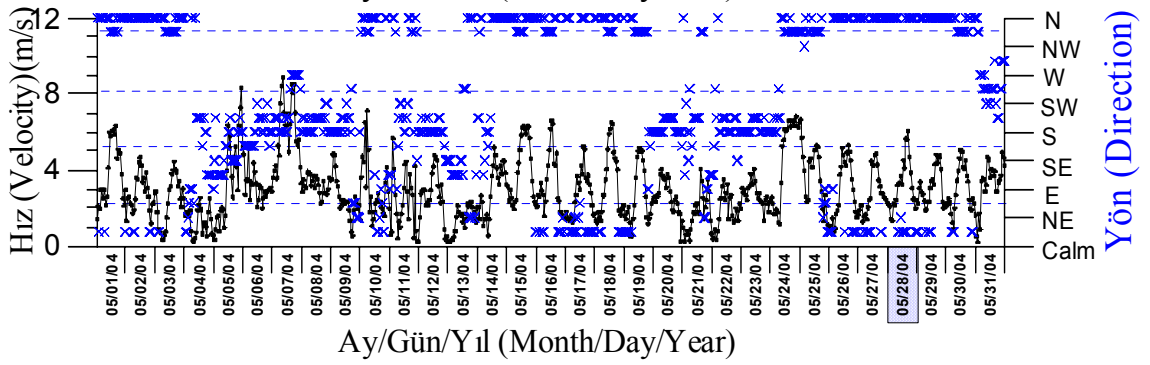
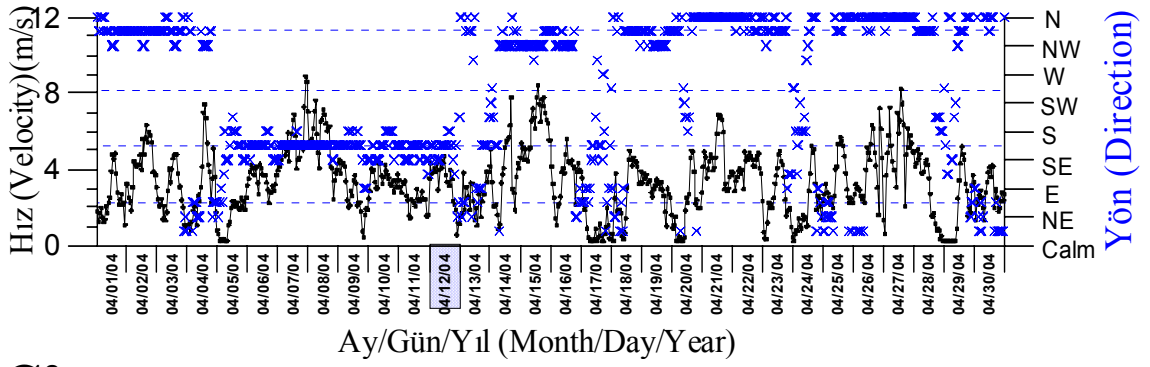
http://tr.wikipedia.org/wiki/izmit_Körfezi/

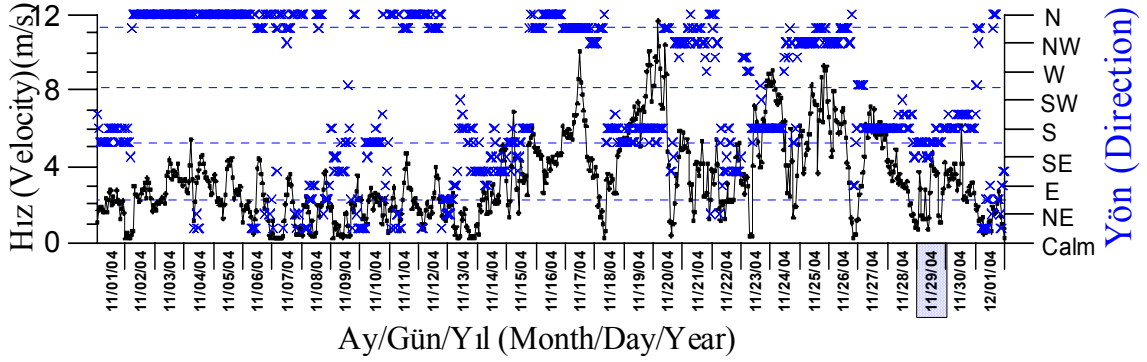
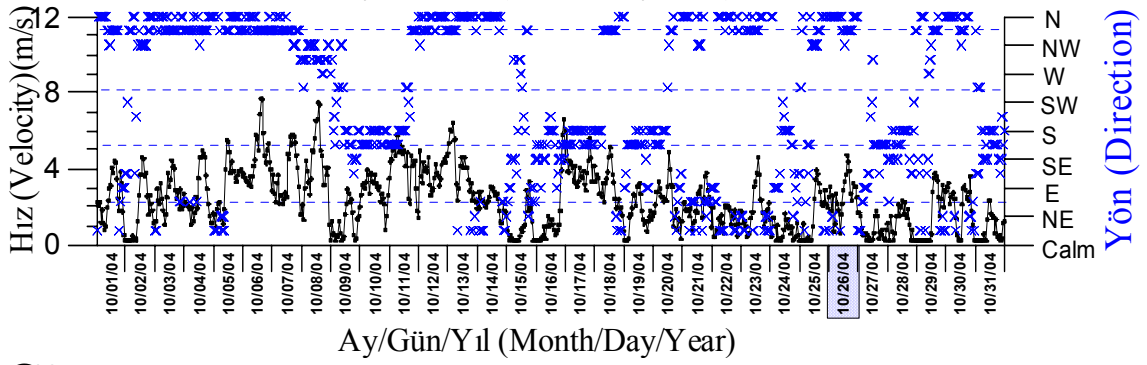
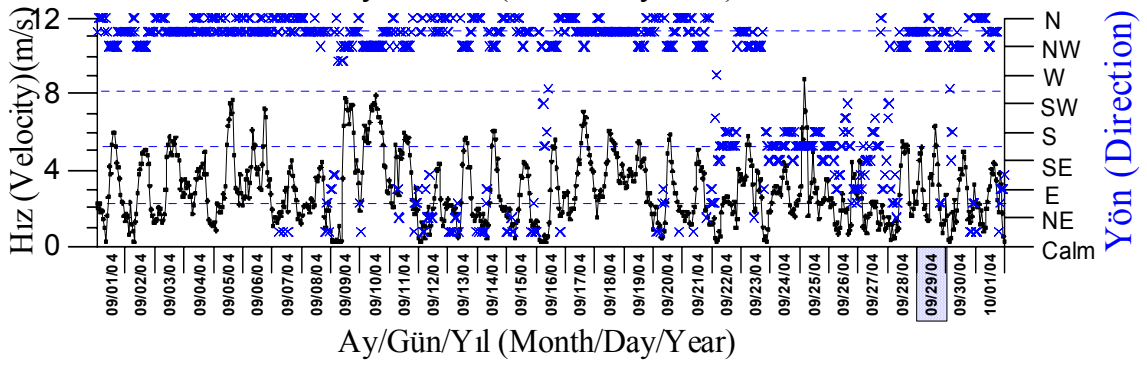
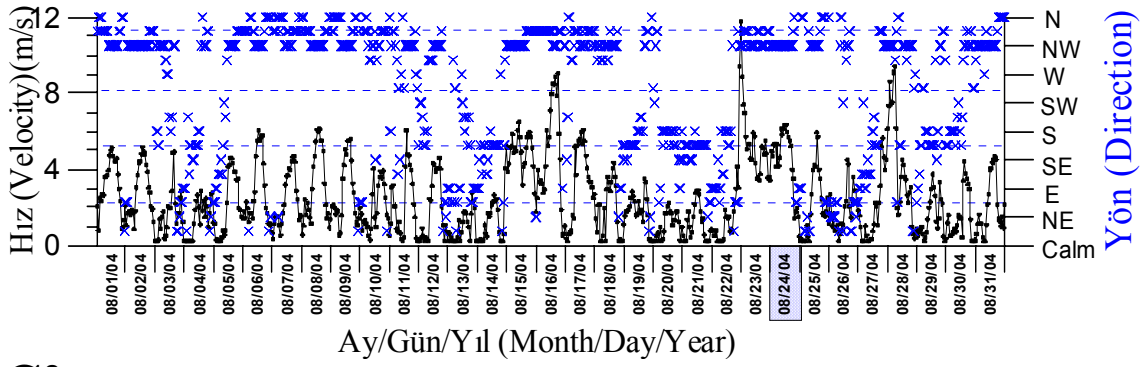
www.boyutpedia.com/default~ID~1287~aID~27491~link~bandirma_korfezi.html

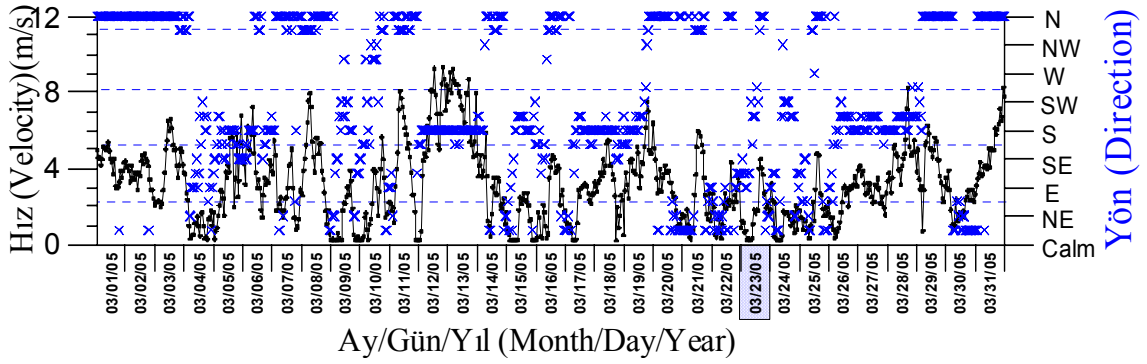
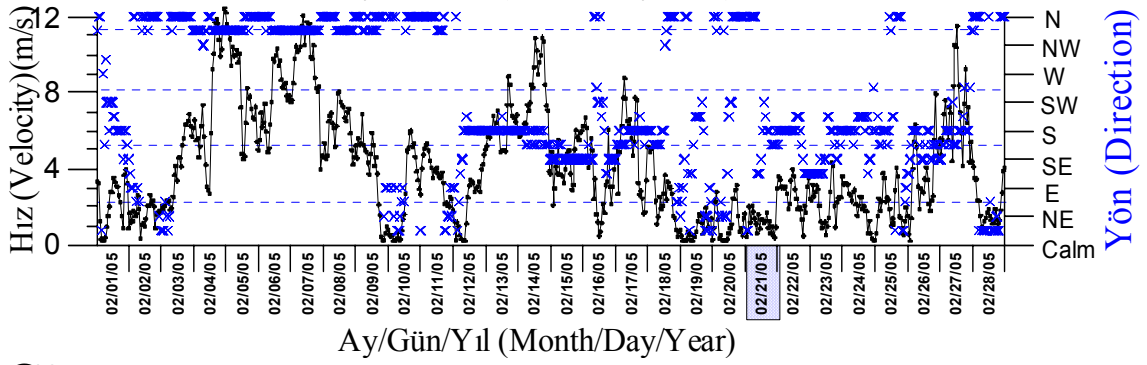
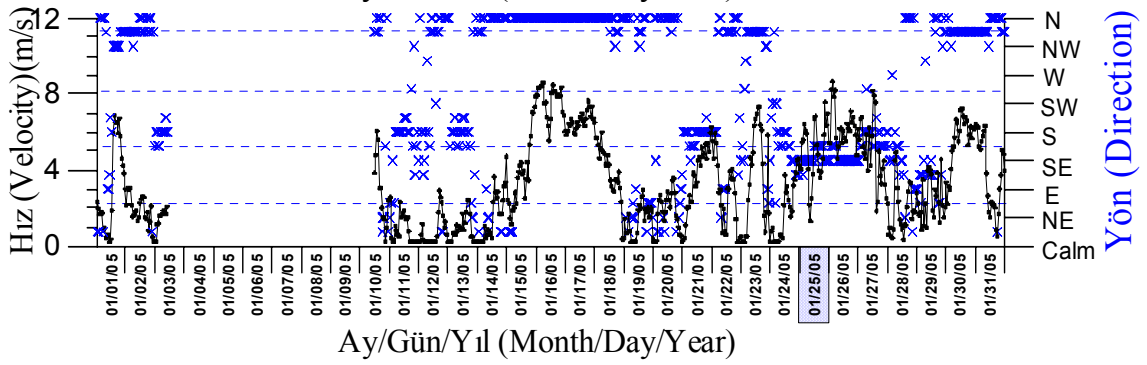
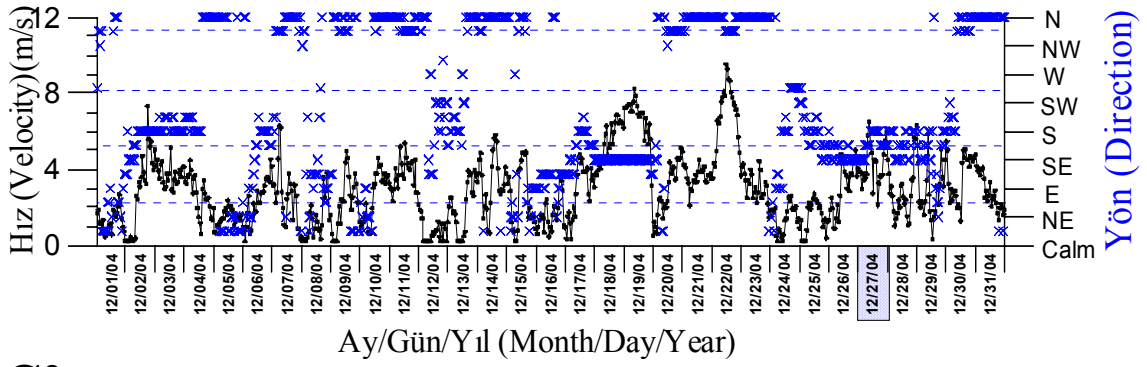
EKLER

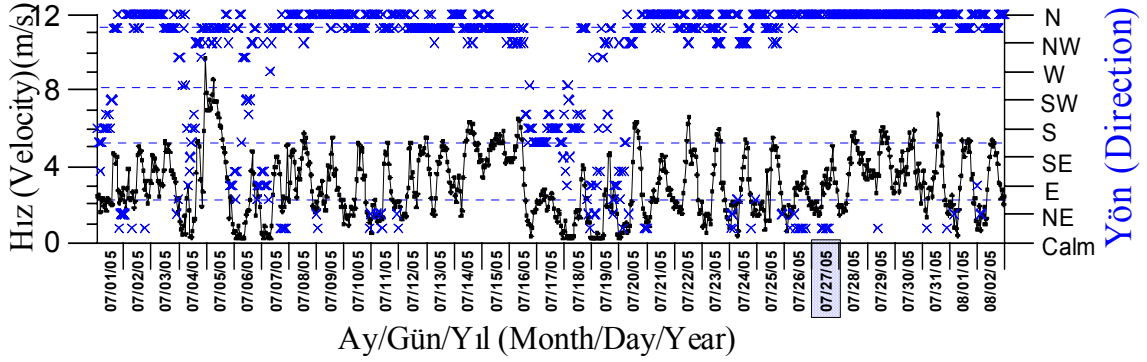
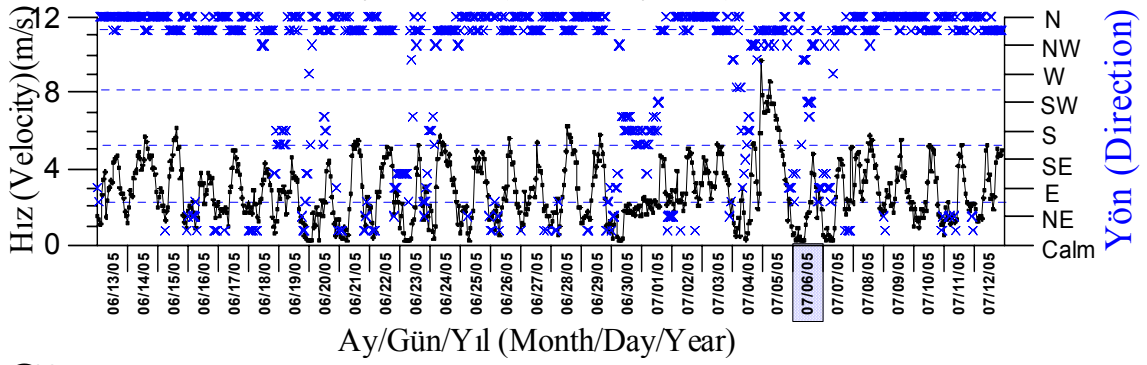
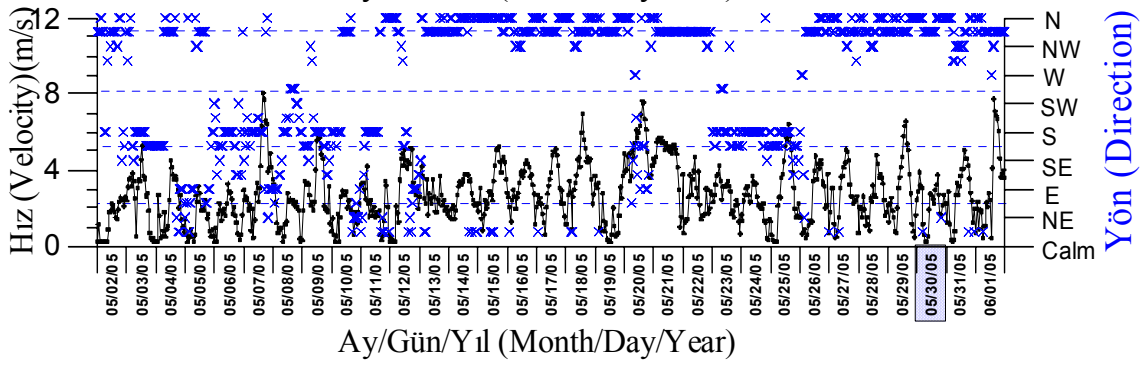
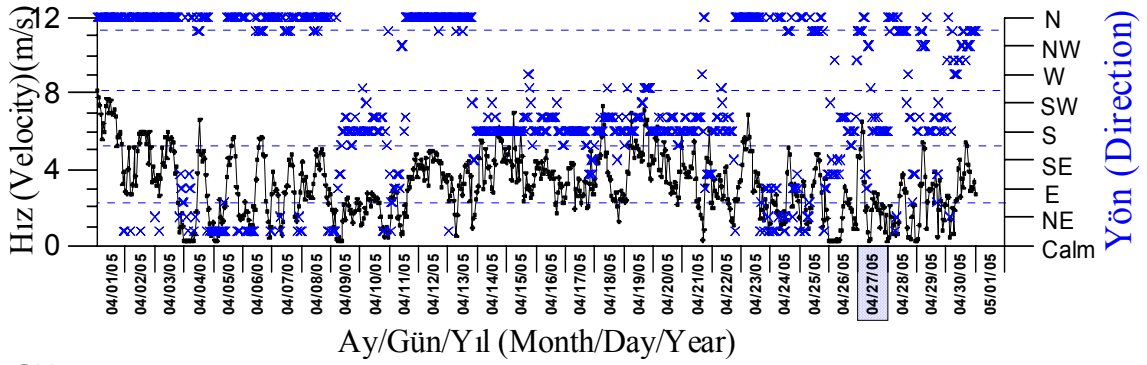
EK 1. Saatlik rüzgar hız ve yön grafikleri

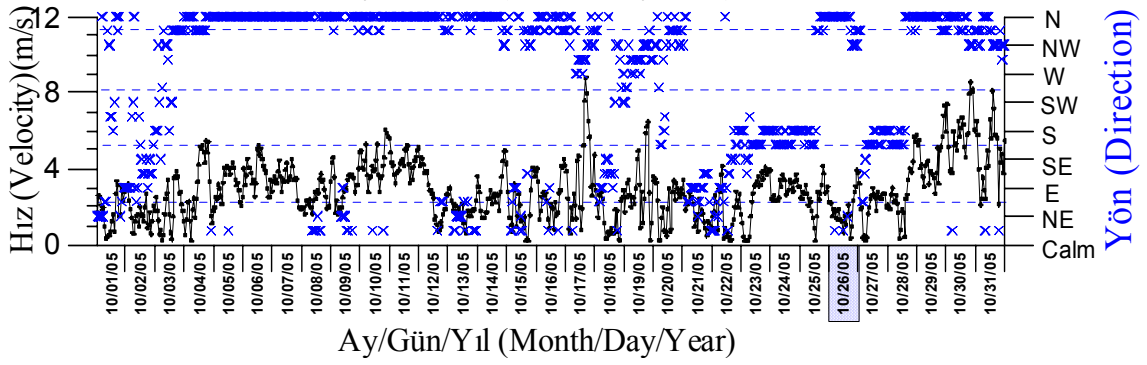
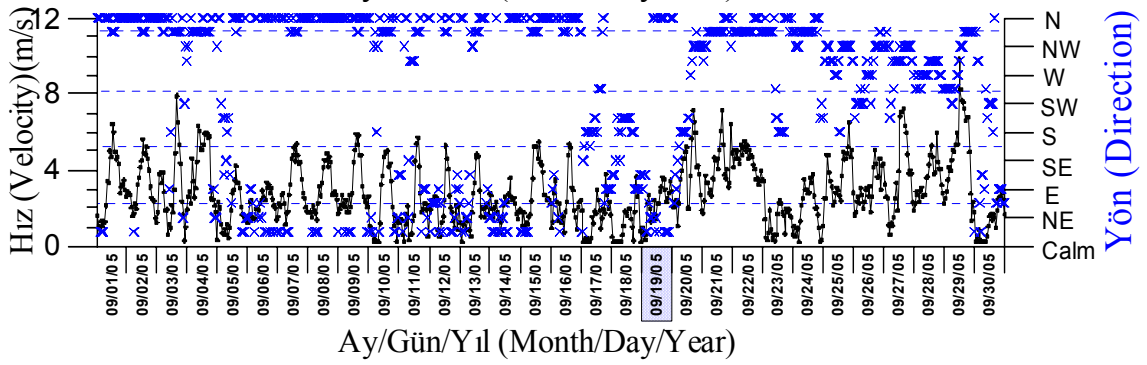
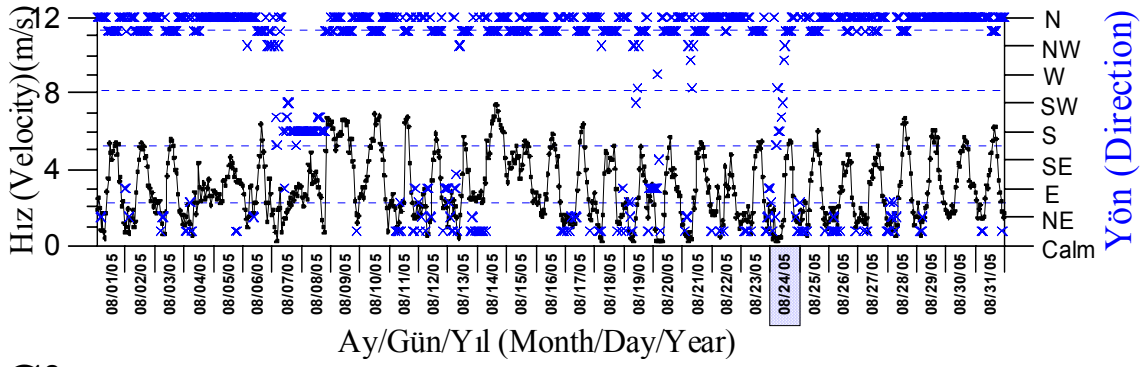


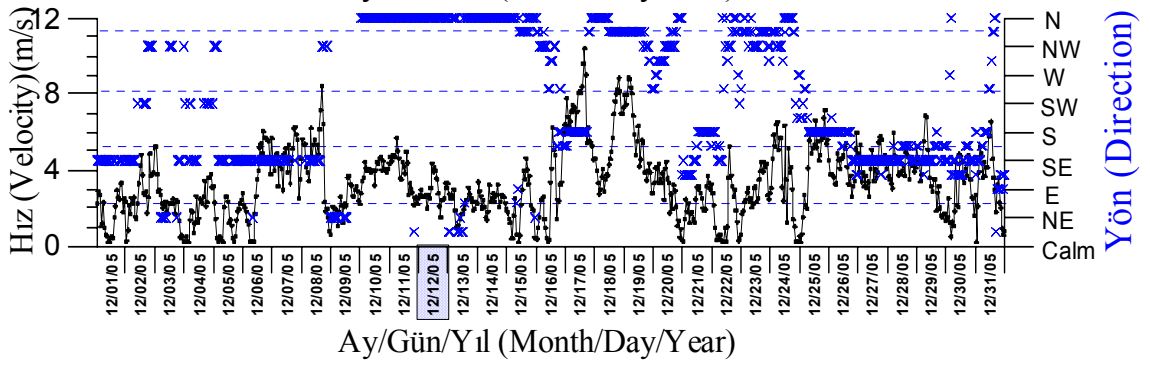
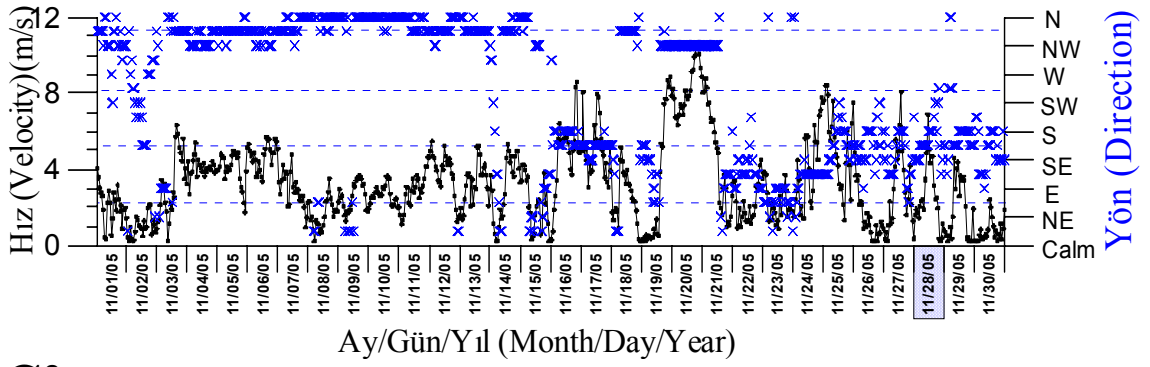




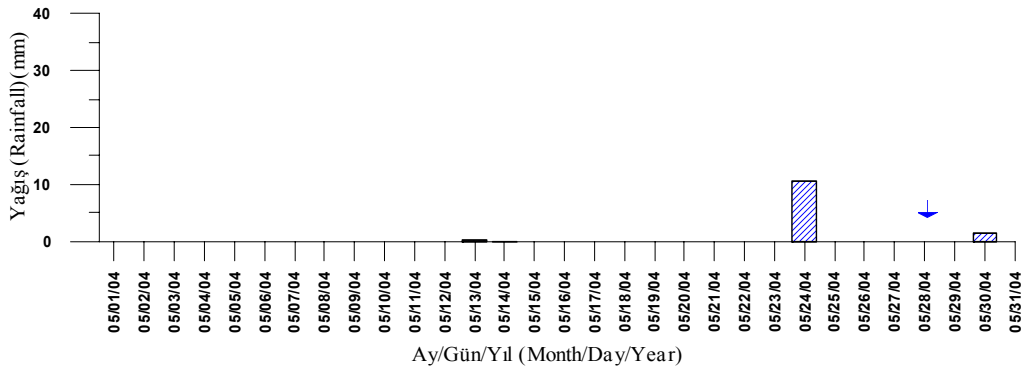
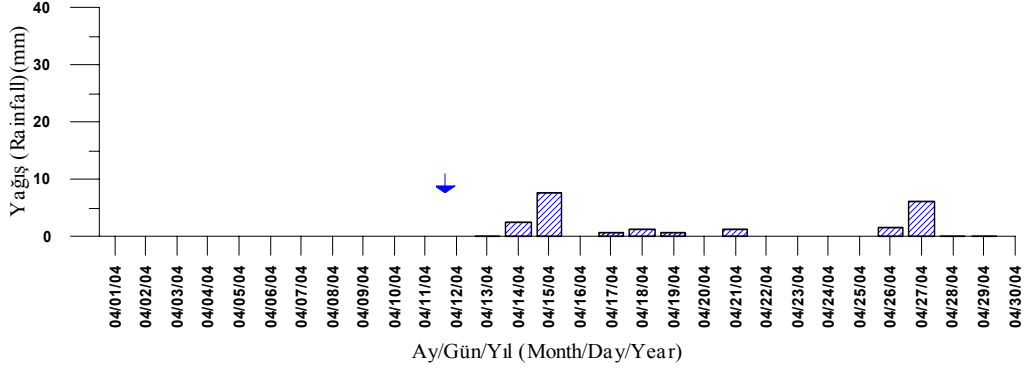
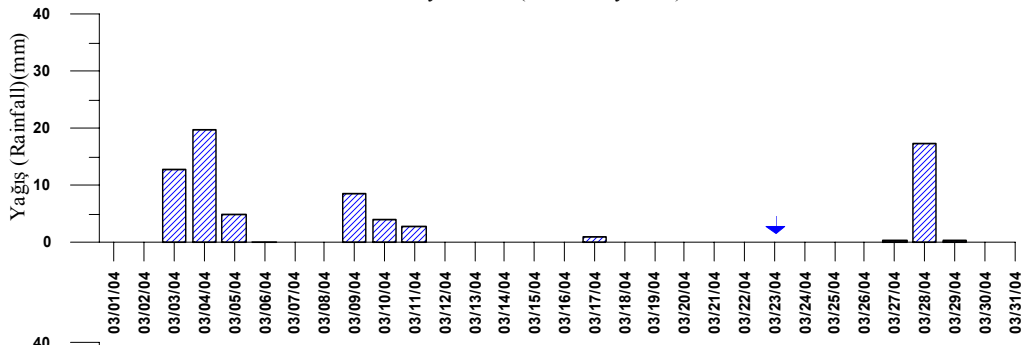
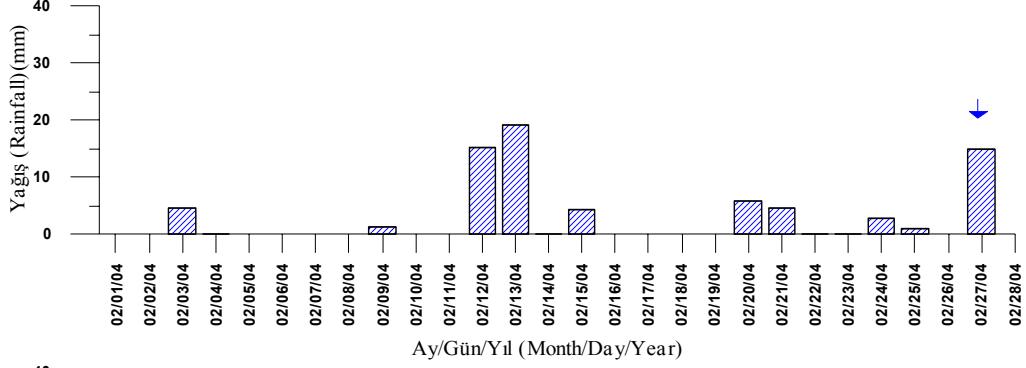


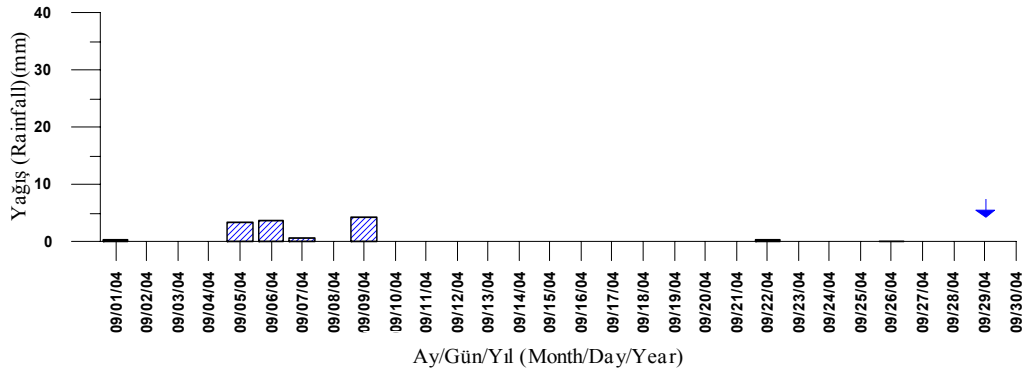
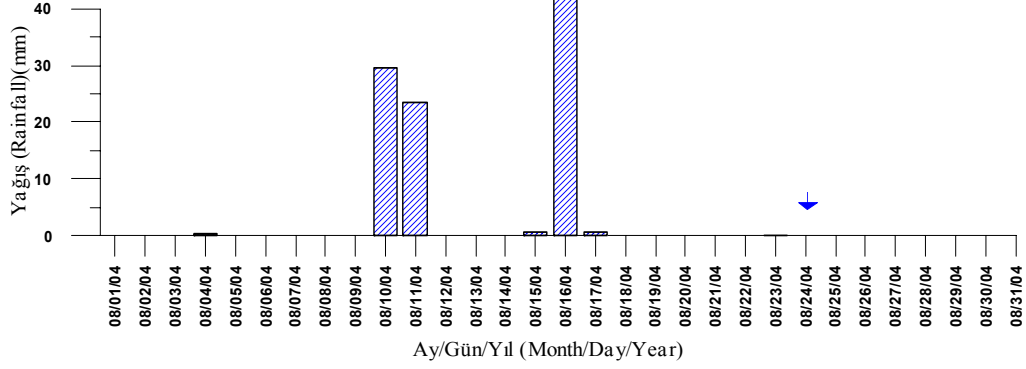
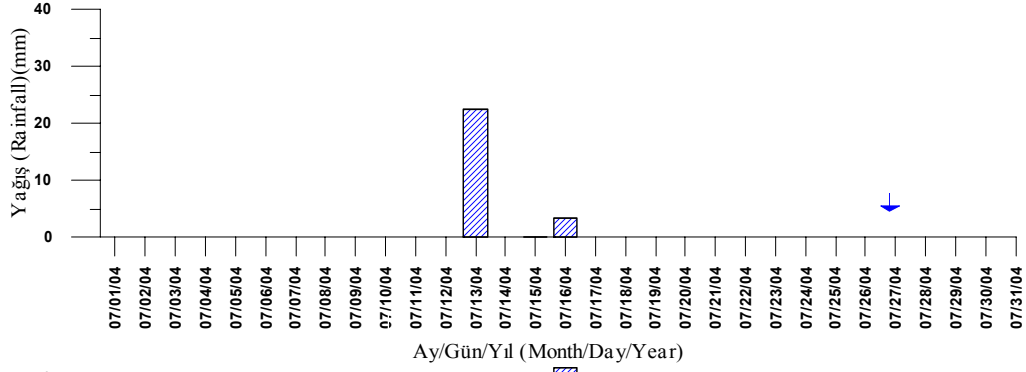
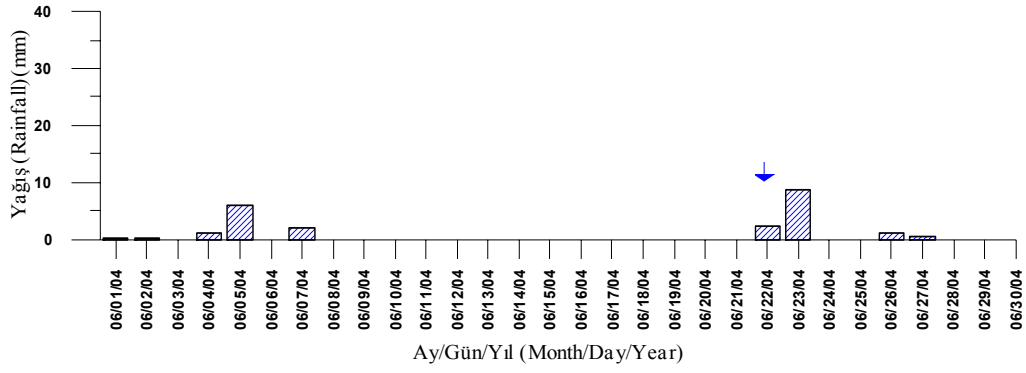


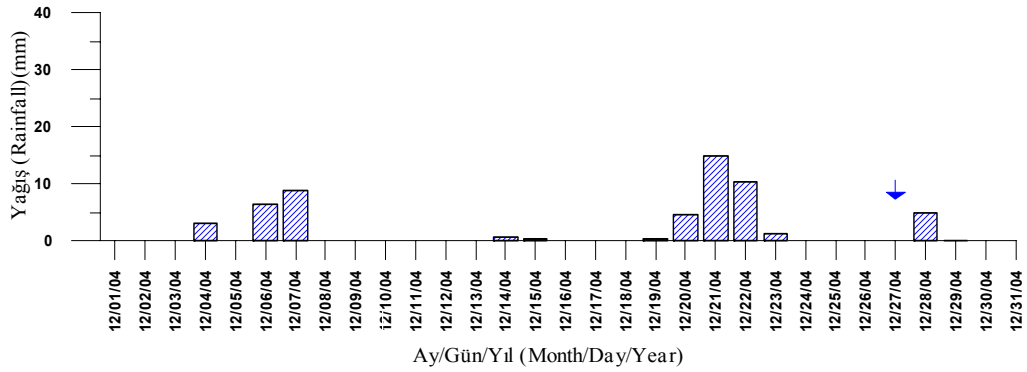
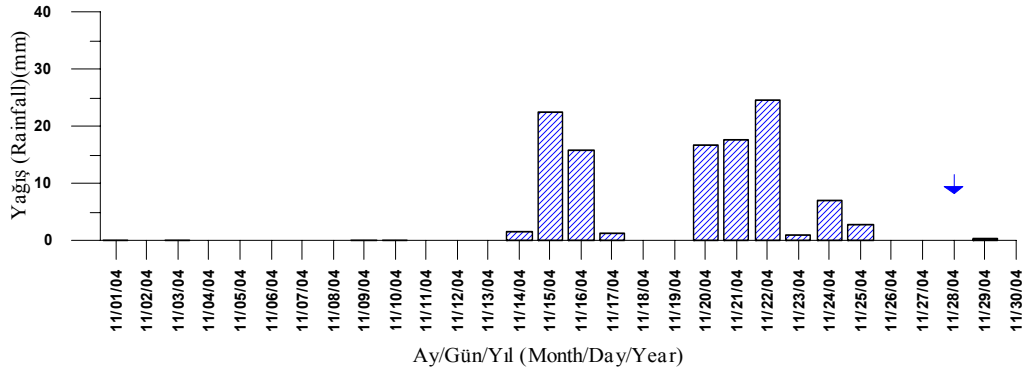
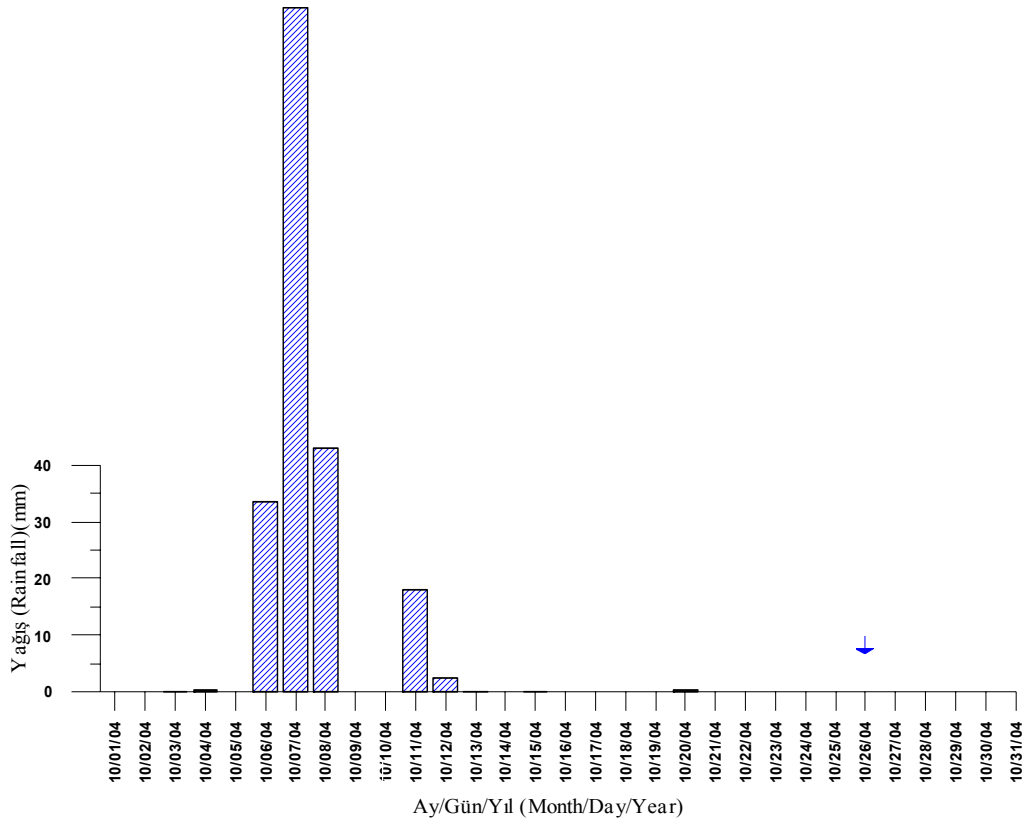


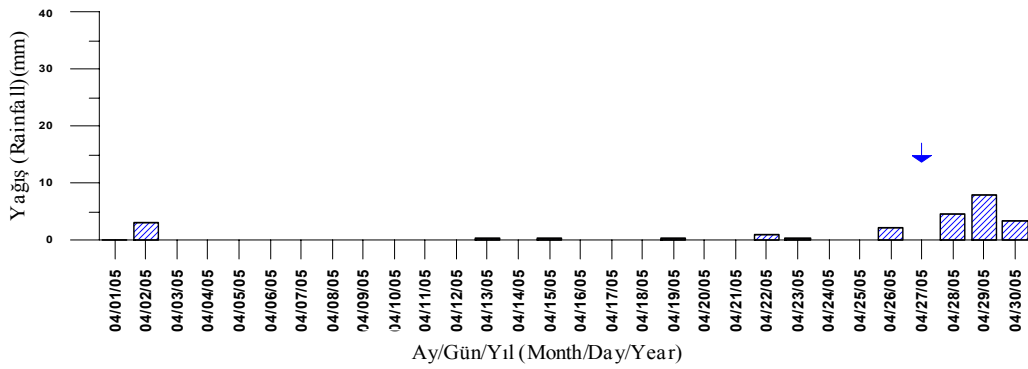
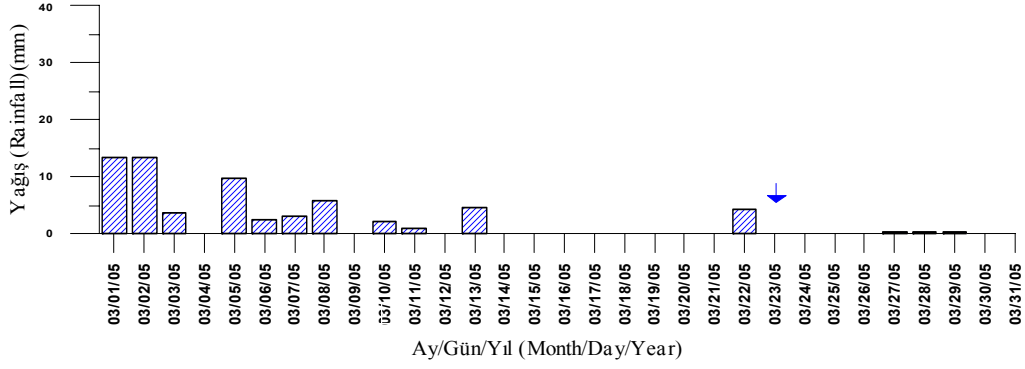
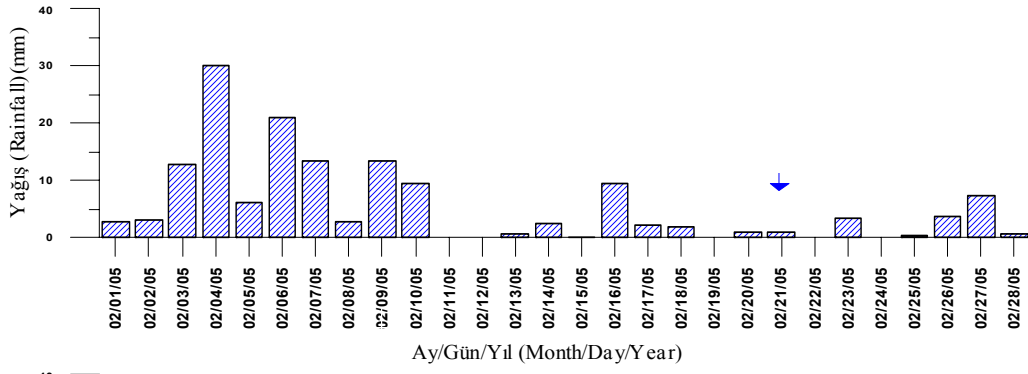
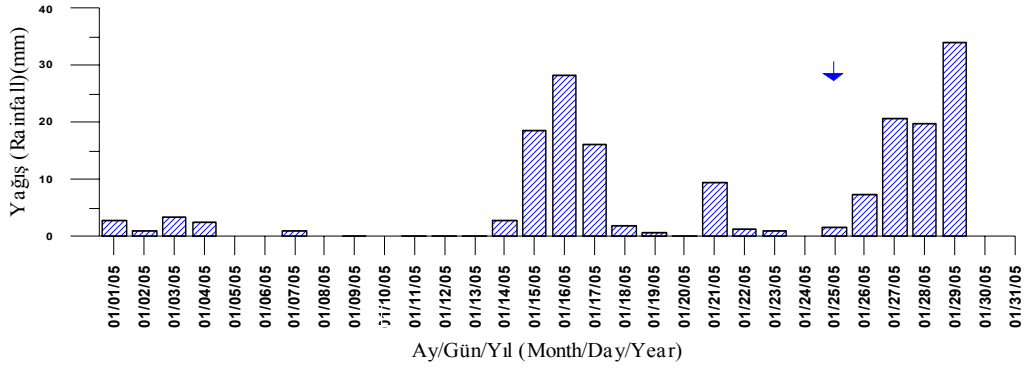


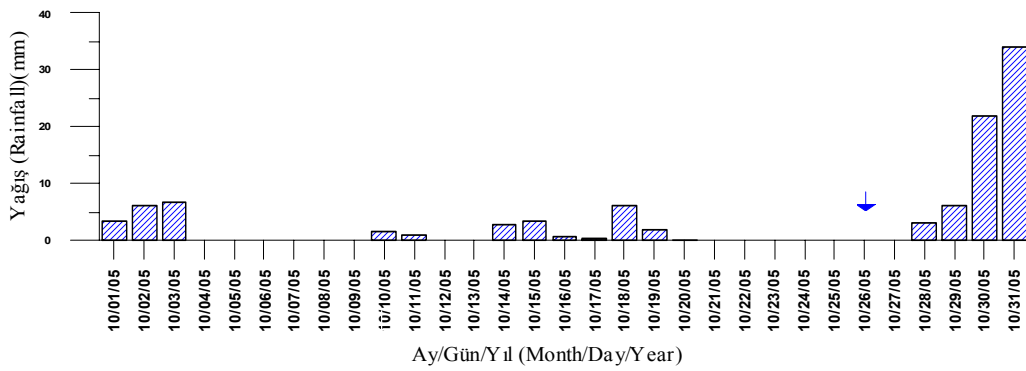
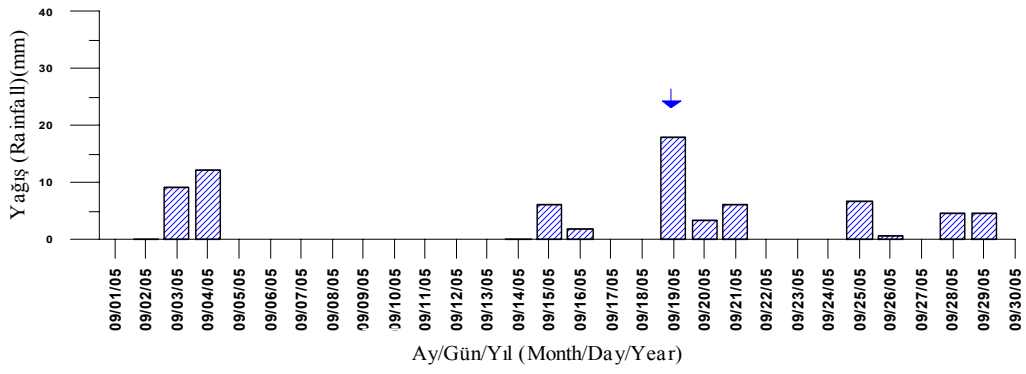
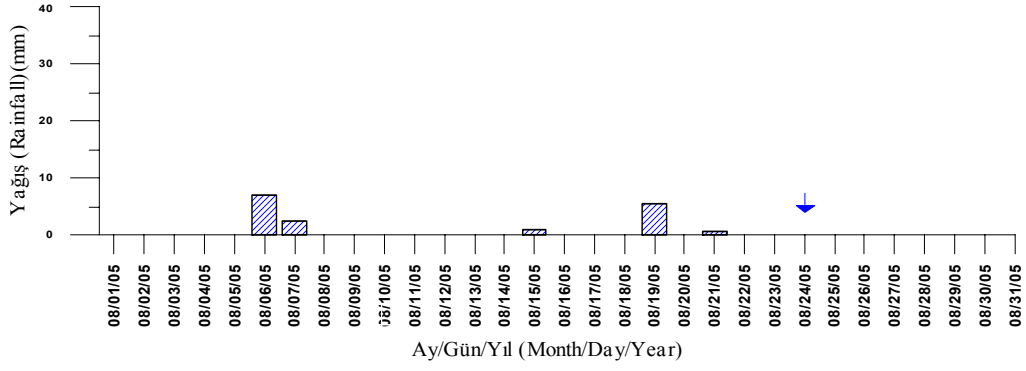
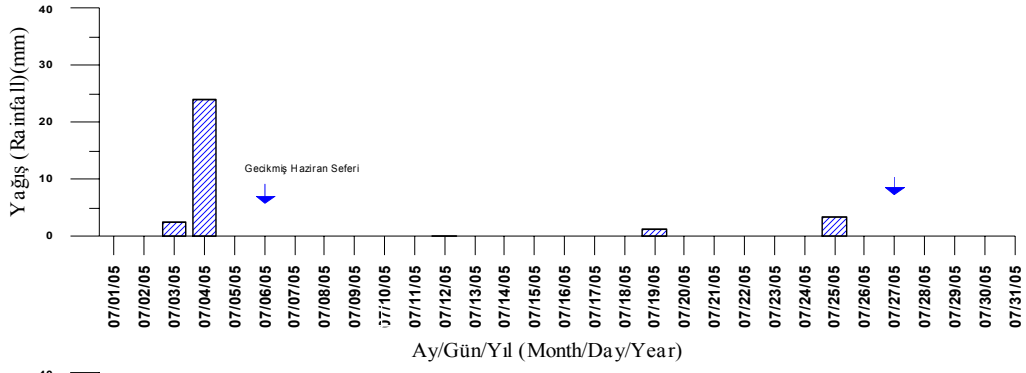
EK 2. Günlük Yağış Grafikleri

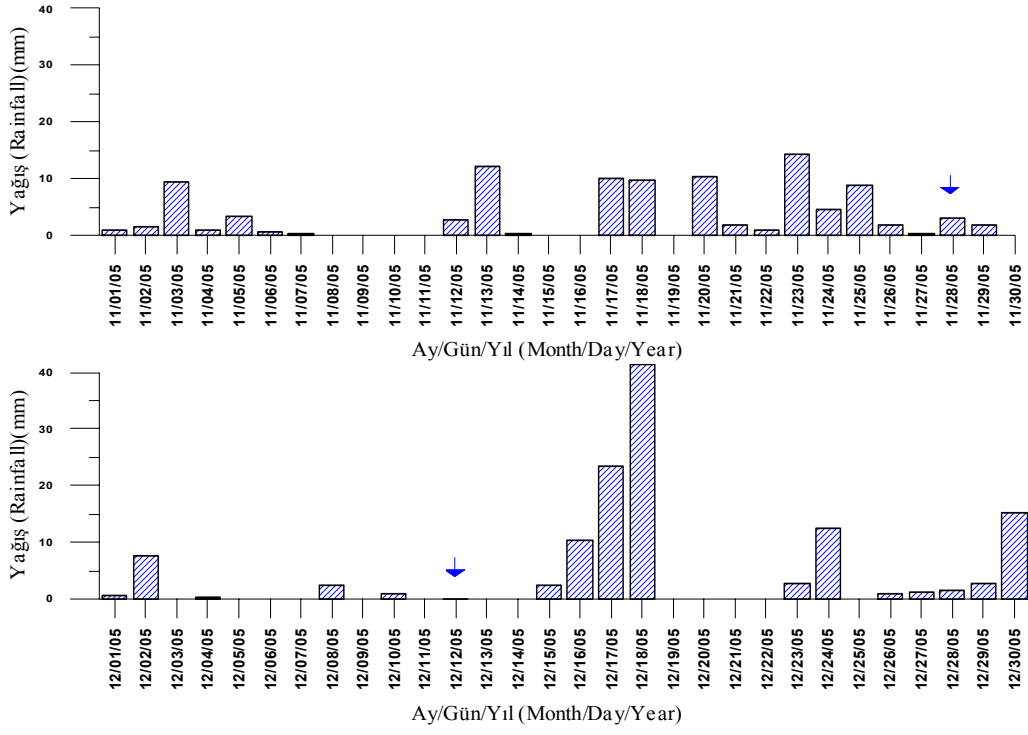












ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 15.09.1975

Doğum Yeri : Ankara

Lise : (1990-1993), İstanbul Özel Fatih Erkek Lisesi

Lisans : (1993-1999), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fizik Bölümü

Yüksek Lisans : (2000-2003), İ.Ü Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü,
Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurumlar : (2000-devam ediyor), İ.Ü Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü,
Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı