

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

78657

HALIÇ'İN FİZİKSEL OŞİNOGRAFİSİ

78657

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet Edip MÜFTÜOĞLU

Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı

Danışman
Prof. Dr. Halil İbrahim SUR

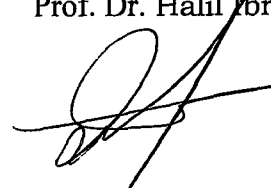
AĞUSTOS, 2002

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

Ahmet Edip MÜFTÜOĞLU tarafından hazırlanmış ve sunulmuş bu tez FİZİKSEL OŞİNOGRAFI VE DENİZ BİYOLOJİSİ Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak kabul edilmiştir.

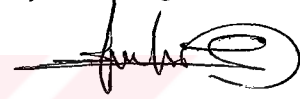
Tez Danışmanı

Prof. Dr. Halil İbrahim SUR



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Erdoğan OKUŞ



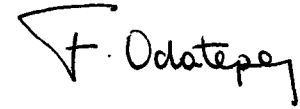
Jüri Üyesi

Doç. Dr. Bedri ALPAR



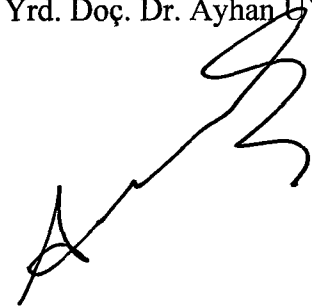
Jüri Üyesi

Doç Dr. Fatih M. ADATEPE



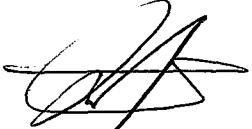
Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Ayhan HYSAL



Ana Bilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Halil İbrahim SUR



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. M. Celal BARLA



İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖNSÖZ	I
ÖZET	II
ABSTRACT.....	III
TABLO LİSTESİ.....	IV
ŞEKİL LİSTESİ.....	V
KISALTMA LİSTESİ	VI
I-GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	1
II. MATERYAL VE METOD	5
2.1. Akustik Doppler Akıntı Ölçme Sistemi (ADCP)	7
2.2. SBE25 Sealogger CTD Sistemi.....	8
III. BULGULAR.....	10
3.1. Atmosferik Koşullar	10
3.2. Tuzluluk ve Sıcaklık Değişimleri	14
3.3. Haliç'te Enine Akıntı Kesitleri	33
3.4. Haliç'in Su Bütçesi	51
IV.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	53
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ	58

ÖNSÖZ

Bu çalışma İSKİ tarafından desteklenen, Haliç'te devam eden Su Kalitesi İzleme Projesi çalışmalarına ait veriler ve ilave olarak ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) cihazı ile yapılan akıntı ölçümlerinin değerlendirmesini içermektedir. Uzun dönemli bazı fiziksel parametrelerin ölçümleriyle birlikte akıntı verilerinin de kullanılması, Haliç'in fiziksel oşinografisi hakkında daha sağlıklı ve detaylı sonuçlara ulaşmamızı sağlamıştır.

Tecrübe, bilgi ve tavsiyelerinden istifade ettiğim kıymetli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Halil İbrahim Sur'a, yardımlarını esirgemeyen Dr. Hüsne Altıok'a ve bana çalışmam boyunca destek olan babam Prof. Dr. R. Ferruh Müftüoğlu'na teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

Bu çalışmada Haliç'in girişi Saray Burnu (SB) ile sığ bölgeleri, yani Adalar Sonu (AS) arasında kalan bölgede Ocak 2001-Haziran 2002 arasında yapılmış (Sur ve diğ., 2001b. -e) aylık çalışmalardan toplanmış tuzluluk, sıcaklık ve akıntı verileri değerlendirilerek aylık değişiklikler incelenmiş, tabakalaşma ve akıntılara bakılarak Haliç'in oşinografisi hakkında detaylı bilgi edinilmiştir.

Haliç girişinde 18-20 psu tuzlulukla başlayan üst tabaka kalınlığı rüzgar durumuna göre 15-25 m derinlikler arasında değişim göstermektedir. Üst ve alt tabakalar arasında kalan ara geçiş tabakasının kalınlığı rüzgar etkisiyle 5-15 m arasında değişmektedir. Alt tabaka tuzluluk değeri 38 psu'ya ulaşmaktadır. Alibey ve Kağıthane Derelerinin senelik toplam debilerinin eski yıllardaki günlük toplam debiye eşit oluşu ve girdilerin ıslah çalışmalarıyla hayli azalması Haliç'e giren tatlı su miktarını oldukça düşürmüştür. Dolayısıyla Haliç üst tabaka tuzluluk değeri, çok yağış alan aylar dışında Karadeniz suyunun karakteristiğini taşımaktadır.

Üst tabaka sıcaklığı mevsimsel olarak değişim gösterirken alt tabaka sıcaklığı yıl boyunca neredeyse sabit kalmaktadır.

Haliç'in oldukça dinamik bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Genel olarak üst ve alt katmanlardan içeri giren suyun daha yüksek bir debiyle ikisinin arasından Boğaz'a doğru çıktığı tesbit edilmiştir. Farklı akıntı durumları da gözlenmiştir. Ayrıca yüzeyde ve dipte, zaman zaman ince bir tabaka halinde ve zıt yönlü akıntılar gözlenmiştir. Haliç ağzından Camialtı'na kadar olan kısımda belirgin bir su sirkülasyonu tesbit edilmiştir.

ABSTRACT

In this study monthly changes are observed by evaluating salinity, temperature and current data collected from periodic studies made in the region from Saray Burnu (SB), the entrance of the Golden Horn, to Adalar Sonu (AS), the innermost part of the estuary, between January 2001 and July 2002. Detailed information was obtained about the oceanography of the Golden Horn by examining stratification and currents in the region.

At the entrance of the Golden Horn the thickness of the upper layer water having 18-20 psu salinity was ranged between 15-25 meters under the influence of the wind in general. The thickness of the transition (intermediate) layer was changed mostly by wind effect in the range of 5-25 meters. The salinity value of the lower layer reached up to 38 psu. The total annual flow rate of Alibey and Kağıthane rivers was equal to the daily flow rate of the old years, also the discharges were highly decreased in the rehabilitation period, and these caused the amount of fresh water mixing in the Golden Horn to be decreased considerably. Consequently, upper layer salinity level of the Golden Horn has the same characteristics with the Black Sea water.

While temperature of the upper layer changed seasonally, the lower layer temperature remained nearly the same during the entire year.

It is observed that the Golden Horn has a quite dynamic structure. In general, the water entering the estuary from the upper and lower stratus leaves it between both layers with a higher rate of flow. Different current structures are also examined. In addition, there observed a thin current layer flowing in the opposite direction on the surface and at the bottom. The region from the estuary mouth up to Camialtı has a dynamic structure, and the circulation is seemed to be sufficient in this part of the Golden Horn.

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.	Haliç'te çalışılan istasyonların koordinat ve derinlikleri.....	5
Tablo 2.	Sefer tarihleri	5
Tablo 3.	Haliç'e giren ve Haliç'ten çıkan su debileri ve ortalamaları	52



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.	Haliç'in uydu görüntüsü	4
Şekil 2.	Harita üzerinde Haliç.....	4
Şekil 3.	İstasyonların harita üzerindeki konumları	6
Şekil 4.	Yağış olan aylardaki günlük yağış dağılımları	11
Şekil 5.	Günlük rüzgar yönü ve şiddeti dağılımları	12
Şekil 6.	Aylık sıcaklık ve tuzluluk profilleri.....	18
Şekil 7.	Aylık tuzluluk ve sıcaklık kesitleri	24
Şekil 8.	Akıntı hatları.....	36



KISALTMA LİSTESİ

- AS** : Adalar Sonrası
AA : Adalar Arası
ES : Eyüp - Sötlüce
HK : Halic Köprüsü
VS : Valide Sultan (Eski Köprü)
CA : Camialtı Tersanesi
KP : Kasımpaşa
UK : Unkapanı
PP : Perşembe Pazarı
GK : Galata Köprüsü
SB : Sarayburnu
ADCP : Akustik Dopler Akıntı Ölçer (Accustic Doppler Current Profiller)
CTD : İletkenlik-Sıcaklık-Derinlik (Conductivity-Temperature-Depth)
PSU : Tuzluluk birimi (Practical Salinity Unit)

I-GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Deniz ve çevre kirliliğinin giderilmesi için gerekli bilgilerin sağlanması ihtiyacı kadar Haliç'in, tatlı suyla deniz suyunun yan yana, iç içe ve karışmış olmasından doğan, karmaşık hidrodinamik ve oşinografik yapısının anlaşılması arzusu araştırmacıların ilgisini Haliç'e yöneltmiştir. Bu çalışmada da Haliç'teki su tabakalaşması aylık olarak belirlenecek ve akıntı verileriyle su sirkülasyonu hakkında değerlendirmeler yapılacaktır. Çalışma, bölgedeki uzun süreli ölçüm ve analizlerin genel bir değerlendirmesi niteliğini taşımaktadır.

Denizlerin, nehir ağızları boyunca karaya doğru yaptıkları derin, geniş ve uzun girintiler olan haliçler, karasal, biyolojik ve antropojenik maddelerin, hidrolojik şartların baskın gelmesiyle hapis oldukları, tatlı ve tuzlu su çevrelerinin geçiş bölgeleridir (Ergin ve diğ., 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.

Türkiye'de haliçlere en güzel örnek yabancıların Altın Boynuz (The Golden Horn) dedikleri koydur. 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 (Şekil 1, 2). Haliç, Kağıthane ve Alibey derelerinin birleşen ağızlarının deniz istilasına maruz kalmasıyla teşekkül etmiştir. Yaklaşık 7.5km uzunluğundadır ve 2.600.000m² alana sahiptir (Ergin ve

diğ., 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.

Haliç ve çevresi eski çağlardan beri, her dönemde coğrafi cazibesinden dolayı yerleşim maksadıyla kullanılagelmiştir. Çevresindeki nüfusun artması, zamanla evsel ve endüstriyel atıklar ile kirlenmesine sebep olurken, sirkülasyon halindeki su Haliç suyunun yenilenmesine yetmemeye başlamıştır. Katı ev atıkları, Alibey ve Kağıthane Derelerinden gelen sürüntü maddeleri çökerek Haliç'in iç kısımlarının dolmasına sebep olmuş, üzerindeki dubalı köprüler su sirkülasyonunun zayıflamasında rol oynamıştır. Böylece Haliç adeta büyük bir fosseptik çukuru halini almış ve bu durum uzun süre devam etmiştir. Ayrıca bu eski dönemde; yüzey tuzluluğu üst tabaka tuzluluğundan yaklaşık 2 psu kadar düşüktür, güneş ışığının hemen altındaki suya nüfuz edemeyişinden yüzey suyu sıcaklığı hemen altındaki sudan fazladır (Özsoy ve diğ., 1988). Son yıllarda yürütülen ıslah çalışmaları Haliç'i tekrar hayata döndürmeye başlamıştır.

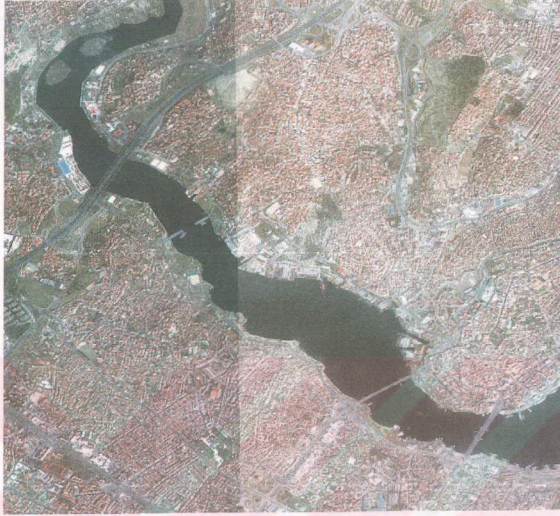
Haliç'in jeolojik evrimi İstanbul Boğazı'nunkine benzer. Her ikisinin de jeolojik yapısını açılmış eski vadiler denetler, Pleistosen'de veya Holosen'de gömülerek bir deniz bağlantısı oluşturduğu ileri sürülmektedir. Gömülmeyi izleyen dönemde yüzeysel ve denizel erozyonlar ve çökme ile birbirini izleyen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

Akıntı sisteminin İstanbul boğazının ve atmosferik şartların etkisi altında, genelde üç tabakalı bir sistem olduğu bilinmektedir. Üst tabakayı Boğaz üst akıntısını oluşturan Karadeniz (18-21 psu tuzluluk değeriyle) kökenli su oluşturmaktadır, Boğaz alt akıntısını oluşturan daha yoğun Akdeniz orijinli su (36.5-37.5 psu tuzluluk değeriyle) alt tabaka suyu olarak Haliç'e girer (Ergin ve diğ., 1990). Bu iki tabaka ortada karışarak ara tabakayı oluşturur ve Boğaz'a doğru Haliç'i terk eder. Alibey ve Kağıthane derelerinden gelen tatlı su Haliç'in yüzeyinden Boğaza kadar ulaşır. Eski dubalı Galata Köprüsünün olduğu yıllarda bu

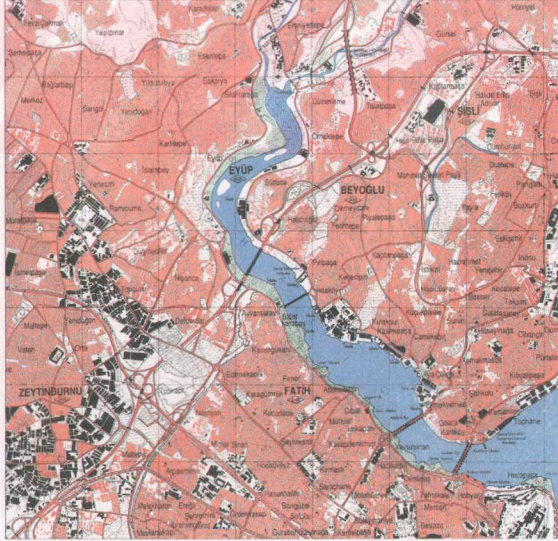
yüzey suyunun Boğaz'a doğru ilerledikçe üst tabaka suyu ile karıştığı dikkat çekmektedir. Tabaka kalınlıkları mevsimsel olarak değişmektedir.

Yüzeydeki 2-3 metrelik tabakanın üst tabaka suyu ile aynı kökenli olmasına rağmen hemen altındaki suyla aynı özellikleri taşımadığı önceki çalışmalarda belirlenmiştir. En belirgin farklılık yüzeydeki çözünmüş oksijen miktarının düşük olmasıdır (Sur ve diğ., 2001).





Şekil 1. Halic'in uydu görüntüsü



Şekil 2. Harita üzerinde Halic

II. MATERYAL VE METOD

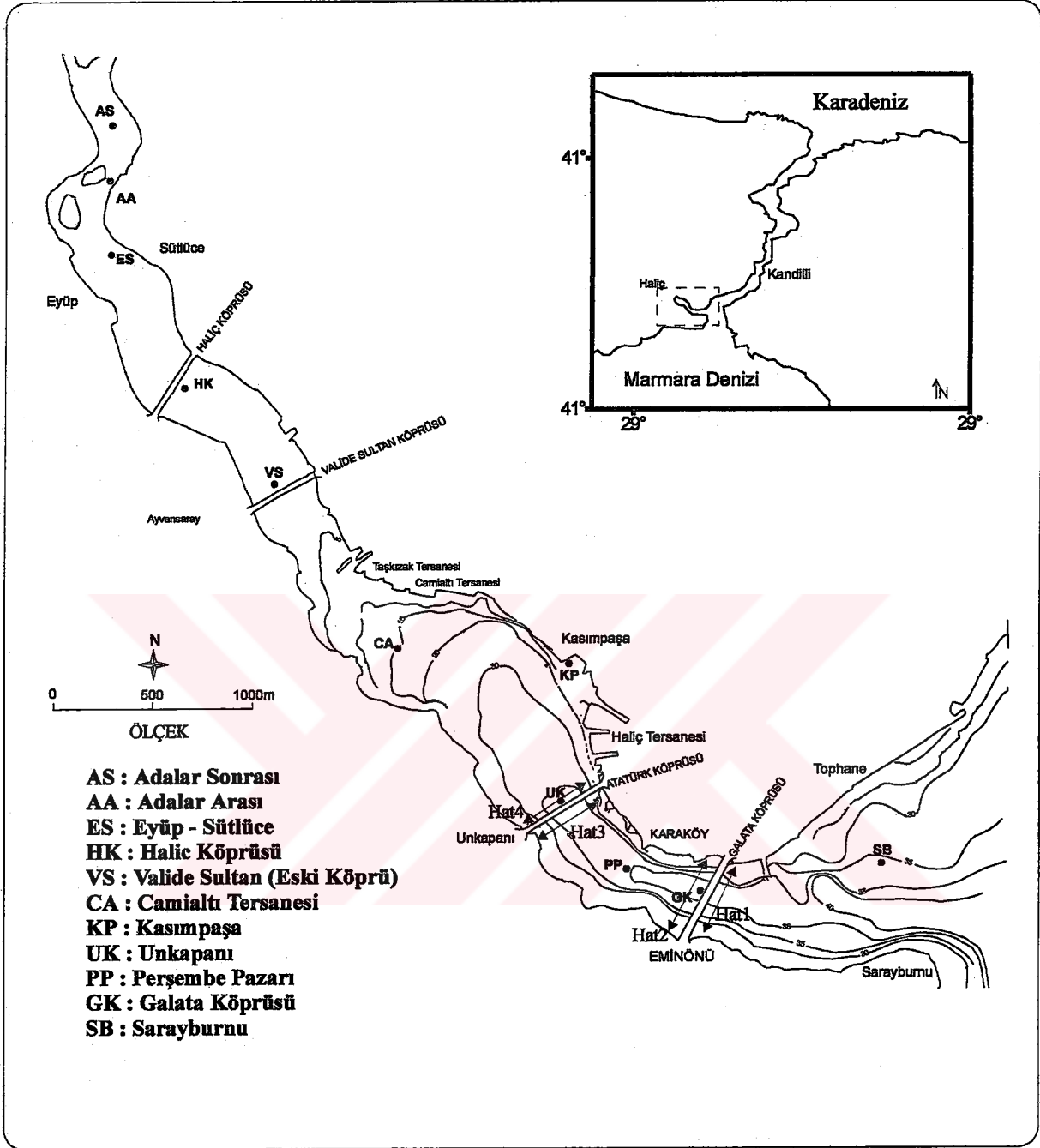
Çalışma Ocak 2001-Haziran 2002 arası dönemi kapsamaktadır. Arar I teknesiyle yapılan aylık seferlerde, Tablo 1 de koordinat ve derinlikleri verilmiş olan istasyonlarda elde edilmiş veriler işlenip değerlendirilmiştir. Sefer tarihleri Tablo 2 de verilmiştir. Haliç'te on bir ayrı istasyonda ölçümler yapılmış, ayrıca Galata ve Unkapanı Köprülerinin her iki yanından akıntı hattı çekilmiştir (enine dikey kesitler boyunca akıntı ölçümleri) (Şekil 3). Çalışmada kullanılan cihazların teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Haliç'te çalışılan istasyonların koordinat ve derinlikleri

	<i>Enlem(°)</i>	<i>Boylam(°)</i>	<i>~Derinlik(m)</i>
Sarayburnu	28.9849	41.0236	34
Galata Köp.	28.9742	41.0220	38
Perşembe Paz.	28.9686	41.0225	38
Unkapanı Köp.	28.9648	41.0245	34
Camialtı	28.9665	41.0323	13
Kasımpaşa	28.9562	41.0301	4
ValideSultan Köp.	28.9487	41.0404	4
Haliç Köp.	28.9435	41.0447	4
Eyüp-Sütlüce	28.9402	41.0487	5
Adalar Önü	28.9406	41.0530	5
Adalar Sonu	28.9444	41.0561	4

Tablo 2. Sefer tarihleri

Sefer Adı	Sefer Tarihi
Ocak 2001	23/01/01
Şubat 2001	27/02/01
Mart 2001	28/03/01
Mayıs 2001	23/05/01
Haziran 2001	20/06/01
Temmuz 2001	10/07/01
Ağustos 2001	14/08/01
Eylül 2001	25/09/01
Ekim 2001	23/10/01
Kasım 2001	28/11/01
Aralık 2001	26/12/01
Ocak 2002	22/01/02
Şubat 2002	05/03/02
Mart 2002	26/03/02
Nisan 2002	24/04/02
Mayıs 2002	28/05/02
Haziran 2002	25/06/02



Şekil 3. İstasyonların harita üzerindeki konumları (Sur ve diğ., 2001'den alınmıştır.)

2.1. Akustik Doppler Akıntı Ölçme Sistemi (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 cihazının özellikleri ile ölçüm ve veri işleyişi hakkında bilgi verilecektir.

ADCP 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. Yaklaşık yanımızdan geçen bir trenin düdüğü 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 geçerlidir.

Alışagelmiş akıntıölçerlerden farklı olarak ADCP, üç-boyutta hızı tespit edebilmek için akıntı profillerini 4 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 hızı 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 yatay, Doğu-Batı bileşenini ölçerken diğer çift Kuzey-Güney bileşenini ölçer. Her iki çift ses demeti aynı zamanda düşey hız bileşenlerini de ölçmektedir (Workhorse Technical Manual, 1998). Bu iki hesaplanmış düşey 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. Gemi hızı dip-izi (bottom-track) metodu ile veya DGPS verisinin işlenmesiyle hesaplanır ve ölçülen akıntı hızından çıkartılarak gerçek akıntı hızı bulunur.

Bu çalışmada kullanılan ADCP, RD Instruments tarafından imal edilen “Workhorse” isimindeki cihazdır. Çalışma frekansı 300kHz dir. Kendi hafızasına bilgi depolama özelliği mevcuttur (Workhorse Technical Manual, 1998).

Bir diz üstü bilgisayarına yüklenmiş “transect” programı 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. İlave programlar vasıtasıyla hatalı veriler ayıklanır, çalışılan kesitlerin morfolojisi belirlenir ve ölçülen ham veriler uygun hale getirilir.

Tabaklaşmayı daha net görebilmek için ve sığ istasyonlarda da veri alabilmek için, bu çalışmada 100cm lik hücre boyutu seçilmiştir. Standart sapmayı düşük tutmak için daha küçük hücre boyutu seçilmemiştir. Hat çalışmalarında yirmi metrelik dilimlerde ortalama alınmıştır.

Bu çalışmada Haliç’te tespit edilen 10 ayrı istasyonda ölçüm yapılmıştır. Ayrıca dört köprütün her iki yamacında yaklaşık 20m lik mesafede yapılan akıntı hatları, köprülerin sisteme etkisi ve su bütçesi hakkında yorum yapabilmemize imkan sağlamıştır.

2.2. SBE25 Sealogger CTD Sistemi

Bu çalışmada SBE25 Sealogger CTD sistemi kullanılmıştır. SBE25 üzerinde basınç, sıcaklık ve iletkenliği ölçen üç adet sensör 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. Saniyede sekiz ölçüm yapar. Gövde içinde bulunan NiCd pil ve hafıza kartı sayesinde anlık veriyi kaydeder. Daha sonra kaydedilen veriler bilgisayara aktarılırlarak gerekli hesaplamalar yapıp analizlerde kullanılır.



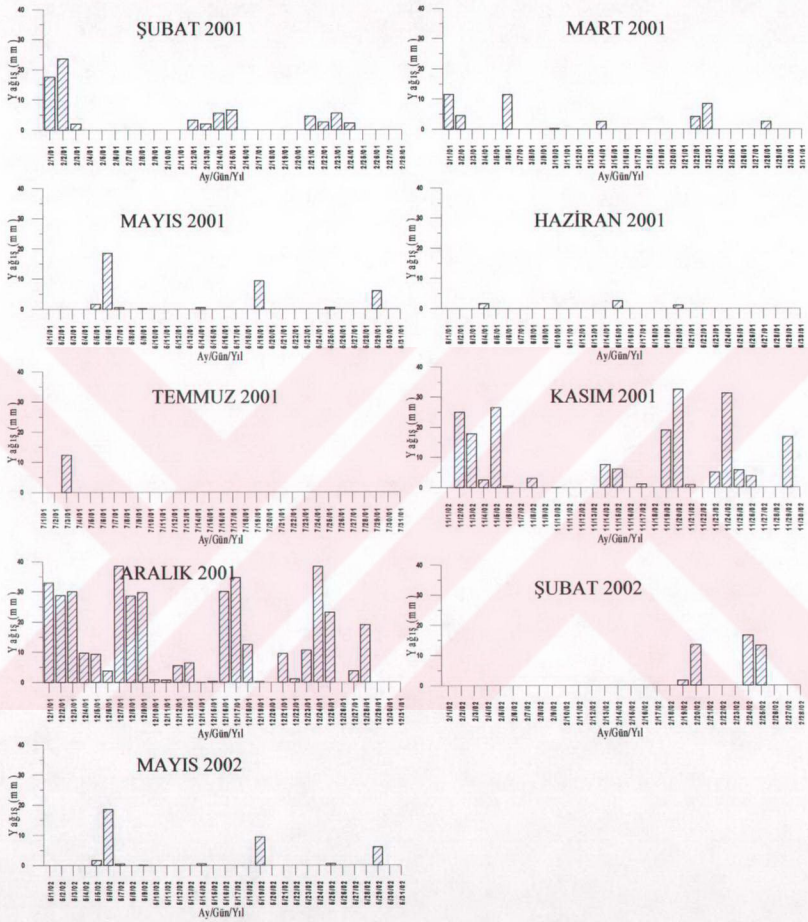
III. BULGULAR

3.1. Atmosferik Koşullar

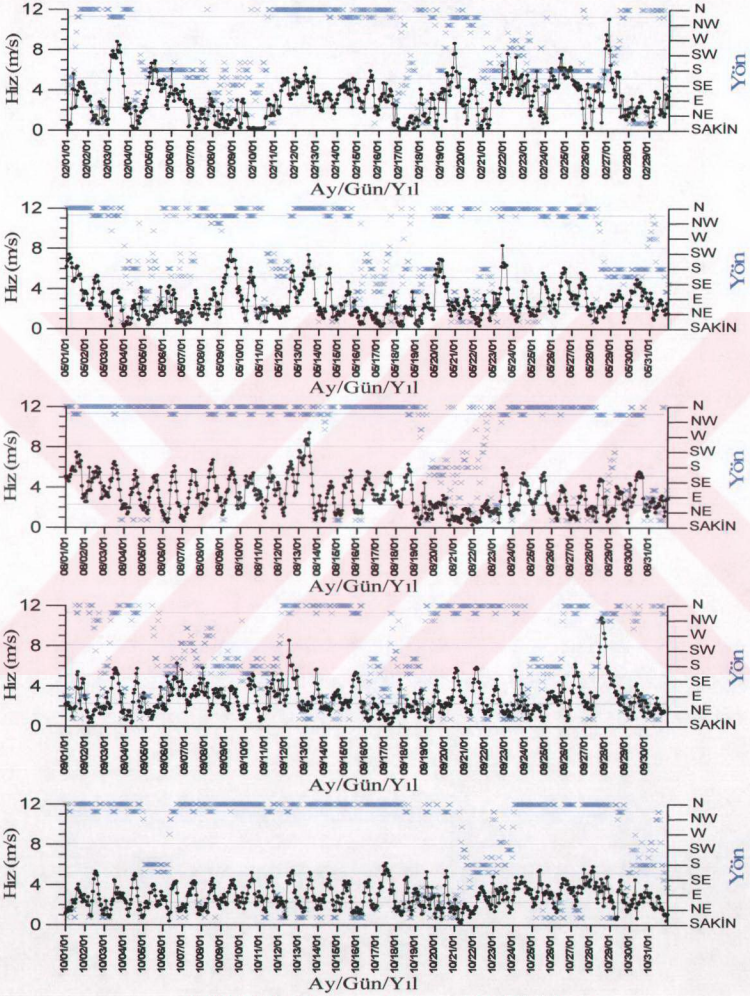
Ocak 2001-Haziran 2002 tarihleri arası yağış ve rüzgar verileri Kandilli meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir. Şekil 4 ve Şekil 5 de detaylı bir şekilde grafiksel olarak gösterilmiştir.

2001 senesinde Haziran ve Temmuz ayların kurak geçerken Kasım ve Aralık aylarında oldukça bol miktarda ve sürekli yağış olmuştur. 2002 senesinin ilk 6 ayında önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

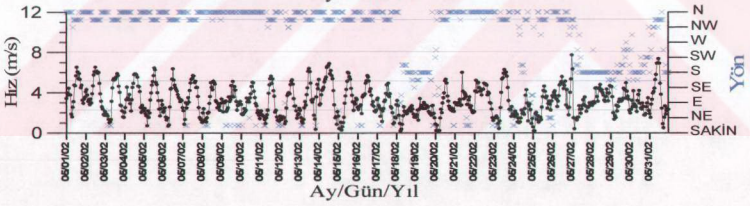
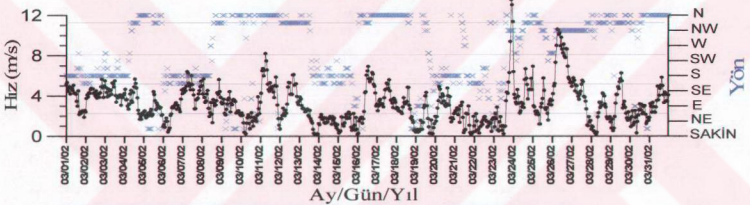
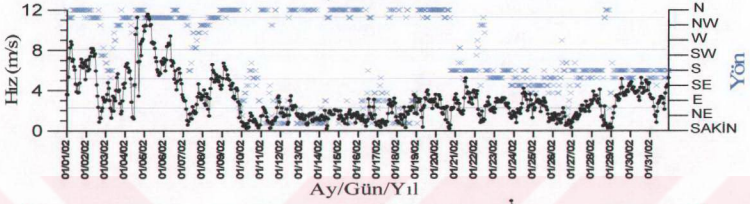
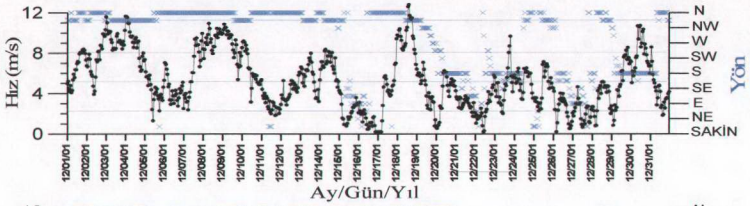
İstanbul genel olarak kuzeyli ve güneyli rüzgarların etkisi altındadır. Doğulu ve batılı rüzgarların esme sıklığı Şekil 5'te de görüldüğü gibi oldukça düşüktür. Yaz ayları genellikle kuzeyli rüzgarların etkisi altındayken, güneyli rüzgarların etkisi Kış aylarında artmaktadır (Sur ve diğ., 2001a). Bu verilere, aşağıdaki bölümlerde oşinografi verilerinin değerlendirilmesi sırasında gerektiğinde tekrar başvurulmuştur.



Şekil 4. Yağış olan aylardaki günlük yağış dağılımları



Şekil 5. Günlük rüzgar yönü ve şiddeti dağılımları



Şekil 5. Devam.

3.2. Tuzluluk ve Sıcaklık Değişimleri

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 ayrı değerlendirilecektir.

Genel olarak Haliç'in Camialtı'na kadar olan bölümünde, 30m den derin istasyonlarda, üst tabakanın 15-25m ye kadar indiği göze çarpmaktadır (Şekil 6).

2001 senesinde, Ocak ayında tuzluluk ve sıcaklık açısından üst suyun oldukça homojen bir yapıyla Unkaparı'na kadar olan bölümde ~24 metre derinliğe indiği görülmektedir. 19-20psu tuzluluğa sahip üst tabaka suyundan sonra ~5 metre kalınlığında bir ara tabaka mevcuttur, bu tabakanın hemen altında ~38psu tuzluluk değerine sahip alt tabaka görülmektedir (Şekil 6.).

Şubat ayında sefer öncesi esen güneyli rüzgarların (Şekil 5) etkisiyle Haliç'in üst tabakasının etkili bir dikey karışıma uğradığı profillerden açıkça görülmektedir. Etkin dikey karışım sıcaklık ve tuzluluk kesitlerinde de göze çarpmaktadır (Şekil 7). Alt tabakada ise tuzluluk değeri 38 psu dur. Şubat ayında hava sıcaklığının düşmesiyle su sıcaklığı biraz daha düşmüştür (Şekil 6).

Mayıs ve Haziran aylarında da üst su oldukça homojen olup ~15 metreye kadar inmiştir. Bu homojenlik sıcaklık ve tuzluluk kesitlerinde de açıkça görülmektedir (Şekil 7). 18-19psu luk üst tabakanın ardından ~12m kalınlığında bir ara tabaka mevcuttur. Mayıs ayında alt ve ara tabaka suyu Unkaparı'nda daha fazla karışmıştır. Bunun sebebi sefer haftasındaki etkili güneyli rüzgarların (Şekil 5) oluşturduğu dikey karışımdır. Haziran ayında, alt tabaka suyu 38psu tuzluluğa sahiptir (Şekil 6).

Mayıs ve Haziran ayındaki 20-25m deki soğuk su tabakası Marmara Denizi kökenli olup atmosfer ısınmasından henüz etkilenmemiştir (Şekil 7).

Temmuz ve Ağustos ayında üst tabaka suyunun sıcaklığı hava sıcaklığının yükselmesiyle artarken, Eylül ayında ise hava sıcaklığının düşmesiyle soğuma göstermiştir. Temmuz ve Ağustos aylarında 20m derinliğe kadar inen 18-19 psu tuzluluğa sahip oldukça homojen üst tabakanın hemen altında 10m kalınlığında geçiş tabakası mevcuttur. Temmuz, Ağustos ve Eylül ayında alt tabaka suyu 38 psu tuzluluk değerine kadar çıkmıştır. Eylül ayında sefer öncesi ve sefer esnasında esen rüzgarlar (Şekil 5) dikey karışıma sebep olup ara tabaka kalınlığını arttırmıştır (Şekil 6). ~5 metre derinlikten başlayan dikey karışım sıcaklık ve tuzluluk kesitlerinde de belirgindir (Şekil 7.).

Ekim ayında üst tabaka suyu biraz daha soğuyarak 19⁰C olmuştur. Kasım ayında atmosferik soğuma etkisiyle 13⁰C ye kadar düşen üst tabaka suyu sıcaklığı Aralık ayında 7⁰C ye kadar düşmüştür (Şekil 6.).

Kasım ayında neredeyse homojen bir üst tabaka yapısı mevcuttur. Sıcaklık ve tuzluluk kesitlerinde bunu Camialtına kadar görmek mümkün (Şekil 7).~19 psu tuzluluk içeren üst tabaka 22 metreye kadar iner ve kalınlığı 7-8 metre olan ara tabakadan sonra Başlayan alt tabaka tuzluluğu 38psu dur.

Aralık ayında görülen aşırı yoğun yağış (Şekil 4) etkisiyle bütün Haliç'i kaplayacak şekilde yüzeyde az tuzlu bir tabaka oluşmuştur (Şekil 6). Ekim ve Aralık aylarında seferden evvel ve sefer süresince esen güneyli rüzgarların (Şekil 5) etkisiyle alt ve üst tabaka suları arasında dikey karışım olmuştur (Şekil 6.).

İç kısımlarda ise genelde homojen yapıda su mevcuttur. Genelde yağışın olduğu aylarda (Şekil 5) Eyüp-Sütlüceden sonraki kısımlarda tuzluluk düşmüştür. 2001 Şubat, Mart ve Mayıs aylarında bunu görmek mümkündür. Aralık 2001 de ise aşırı yağışın etkisiyle iç bölgelerde neredeyse tamamen tatlı su vardır (Şekil 6, 7).

İç bölgedeki sıcaklık değişimi ise atmosferik ısınma/soğuma ile ilişkilidir.

Ocak 2002'de yüzey suyu sıcaklığı mevsimsel sıcaklık düşüşü nedeniyle 5,5°C ye kadar düşmüştür. 5 Mart'ta yapılan ölçümlerde yüzey suyunun ısınmış olduğu gözlenmektedir (Şekil 6).

Ocak ayında sefer gününden bir evvelki gün başlayan ve sefer gününü de kapsayan güneyli rüzgarların (Şekil 5) neticesinde ara tabakada oldukça yüksek dikey karışım görülmektedir. Sıcaklık ve tuzluluk kesitlerindeki basamaklı yapı dikey karışımı ayrıca göstermektedir (Şekil 7). 19-20 psu tuzluluğa sahip üst tabaka 8 metreye kadar inmektedir. Ara tabaka kalınlığı ~21 metredir. Hemen altında 37 psu tuzluluktaki alt tabaka başlamıştır (Şekil 6).

5 Mart'ta yapılan sefer verilerinden elde edilen profillerde homojen bir üst tabaka görülmektedir. ~25 metre derinliğe inen bu tabakanın hemen altında ~6 metre kalınlığındaki ara tabaka başlamaktadır. Ara tabakadaki keskinlik sıcaklık ve tuzluluk kesitlerindeki eşsıcaklık ve eştuzluluk eğrilerinin sıklaşmasıyla da görülmektedir (Şekil 7). Alt tabaka tuzluluğu Perşembe Pazarı ve Unkapanı'nda 38 psu ya ulaşamamıştır (Şekil 6).

26 Mart'ta ise sefer gününden bir evvelki gün esen batılı rüzgarın (Şekil 5) etkisiyle dikey karışım olmuştur. Bu karışım çok yoğun bir karışım olmamakla beraber yüzey tuzluluğunu arttırmaya yetmiştir (Şekil 6, 7).

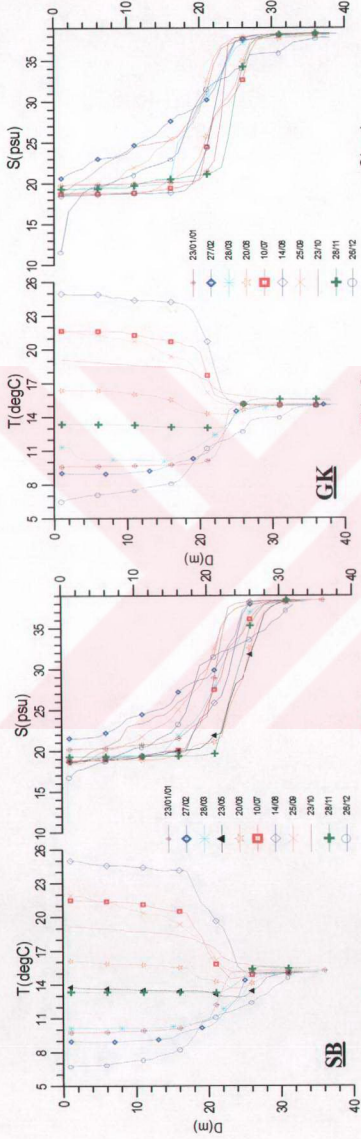
Nisan ayında 19-20 psu tuzluluktaki üst tabaka ~25 metreye kadar inmiştir. Hemen altında ~7 metrelik ara geçiş tabakası mevcuttur. Alt tabaka tuzluluğu 38 psu dur (Şekil 6). Üst tabakadaki homojenlik sıcaklık ve tuzluluk kesitlerinde de görülmektedir (Şekil 7).

Mayıs ayında 12 metreye kadar homojenlik görülmektedir. Bu metreden itibaren açıkça gözlenen dikey karışım başlamıştır (Şekil 6). Bunun sebebi sefer gününü de kapsayan iki günlük güneyli rüzgardır. Ara tabaka kalınlığı ~28 metredir. 38 psu luk alt tabaka ~30 metrenin altında kalmıştır (Şekil 6). Yağış olmamasına rağmen Haliç'teki düşük tuzluluğun sebebi Boğazdan giren Karedeniz kökenli suyun tuzluluğunun düşük olmasıdır.

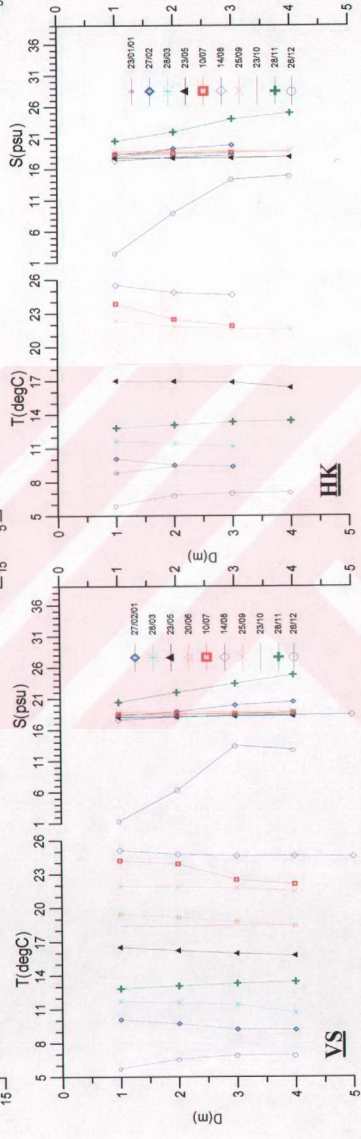
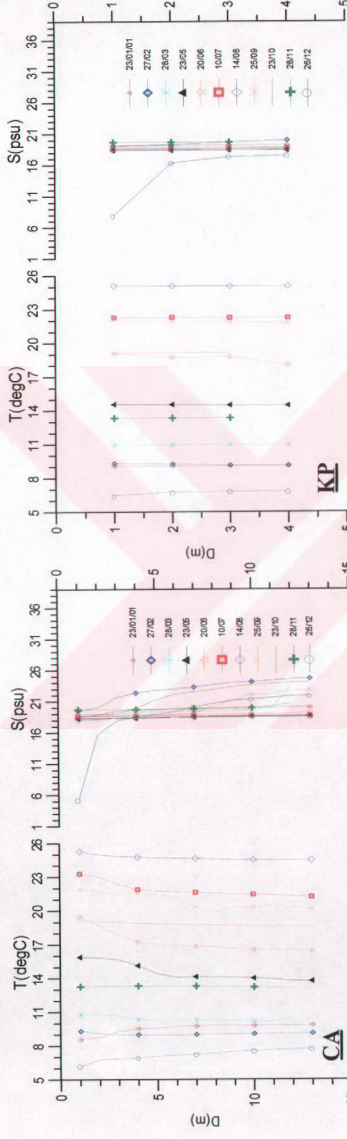
Haziran ayında da sefer haftasında yağış olmaması (Şekil 5) üst tabakadaki düşük tuzluluğun Karadeniz kökenli olduğuna işaret etmektedir. Galata köprüsünde 25 metre olan üst tabaka kalınlığı Unkapanı'n da 20 metreye yükselmiştir. Ara tabaka kalınlığı ise 8-5 metreler arasında değişmektedir. Alt tabakadaki tuzluluk değeri ~38 psu dur (Şekil 6.). Sıcaklık ise Mayıs ayında da olduğu gibi aşağılara indikçe düşmüştür (Şekil 6.).

İç bölgelerde yüzeyden dibe doğru tuzluluk bakımından homojen bir su kütlesi mevcuttur. Su sıcaklıkları ise atmosferik ısınma/soğuma ile yakından ilişkilidir.

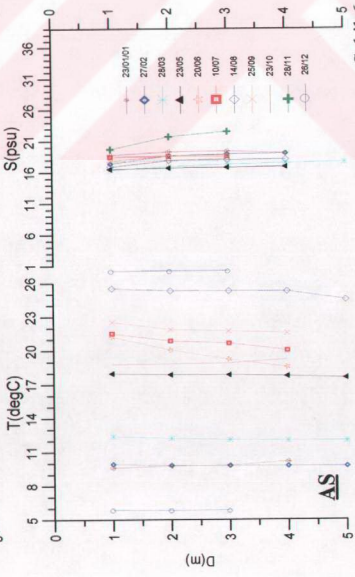
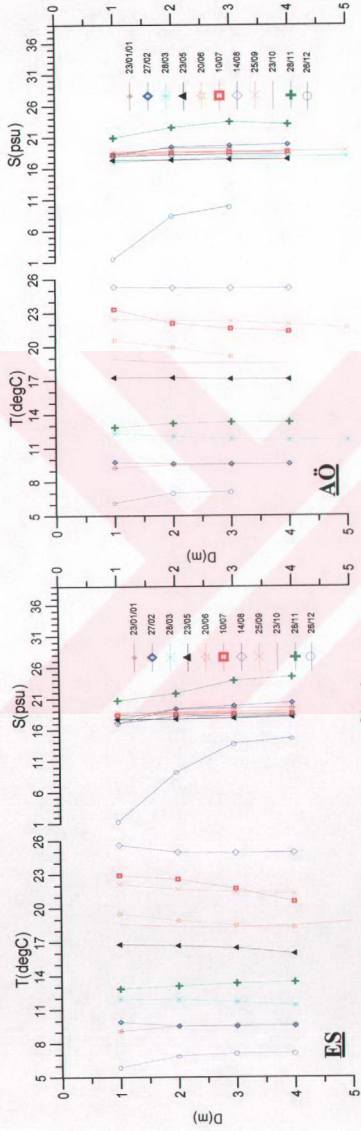
Özet olarak; ölçüm yapılan dönemde Haliç'in üst tabakasının her ay İstanbul Boğazının üst tabakasının karakteristiğini taşıdığı görülmüştür. Sarayburnu istasyonu yüzey suyundaki aylık farklılıklar içeriye girdikçe azalmıştır. Sıcaklık değişimleri mevsimsel değişimlere paralel olarak belirlenmiştir. Güneyli rüzgarlar üst tabakanın homojenliğini bozma yönünde etkilemiştir. Çok yağış alan aylarda Haliç'in yüzey suyu direk olarak etkilenecek tuzluluk değeri düşmüştür. Alt tabaka ise Marmara suyu kökenli olup tuzluluk değeri 34psu'nun altına inmemiştir. Kuzeyli rüzgarların etkisiyle tabakalar daha homojen bir yapıya sahip olmuşlardır.



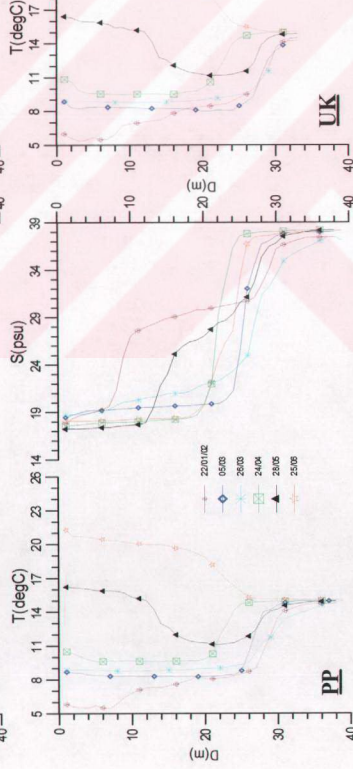
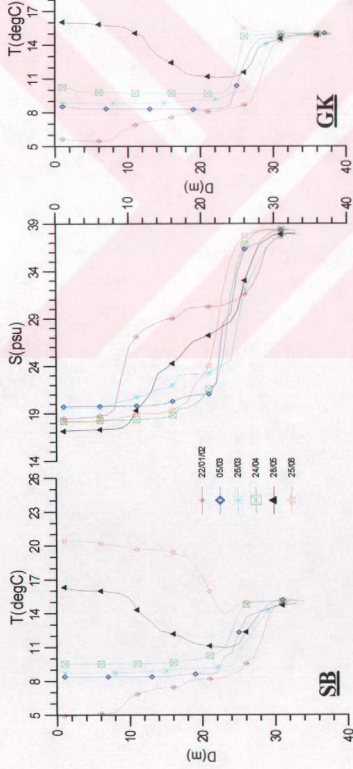
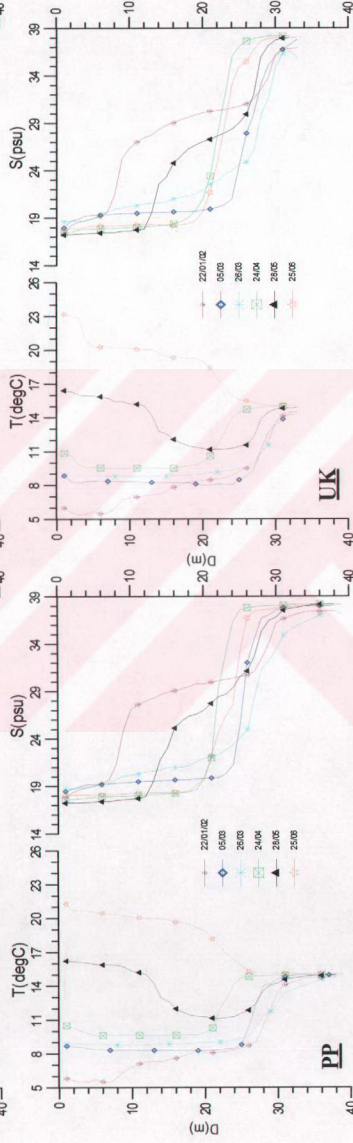
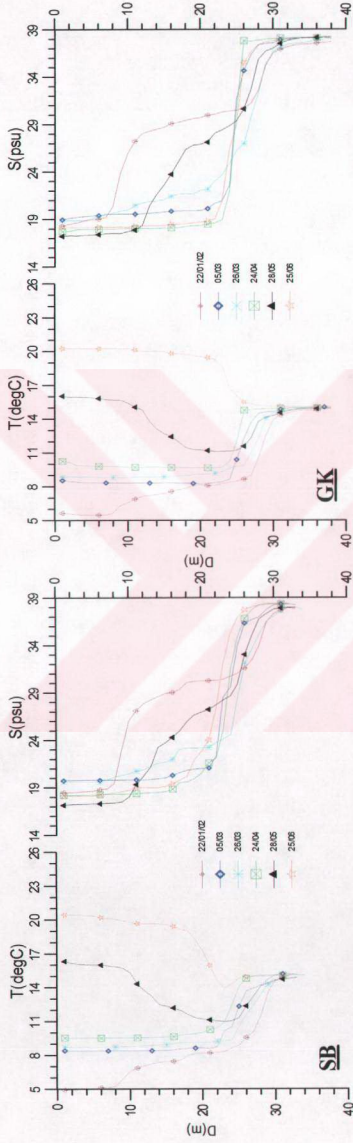
Şekil 6. Aylık sıcaklık ve tuzluluk profilleri



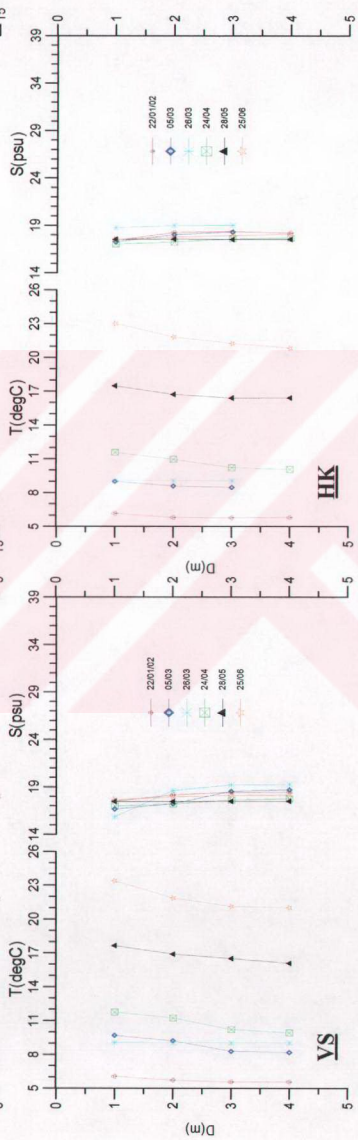
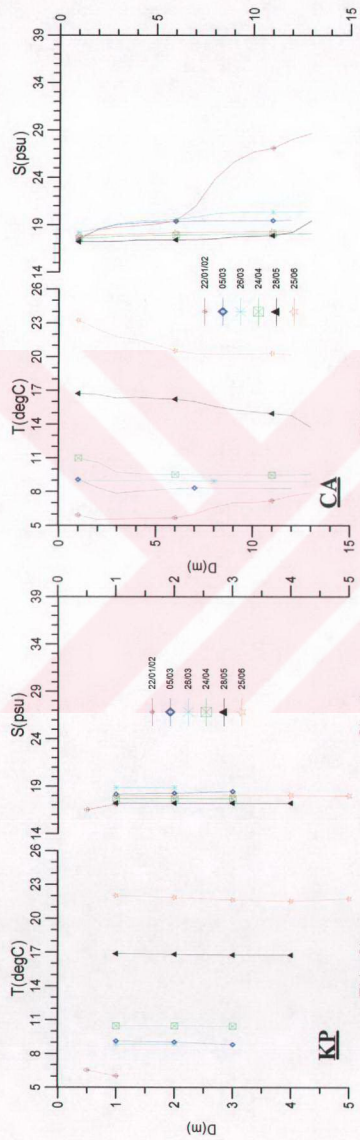
Şekil 6. Devam.



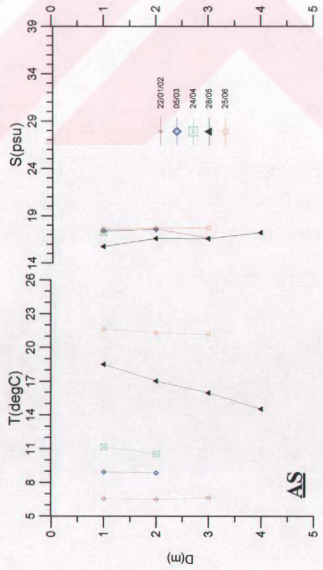
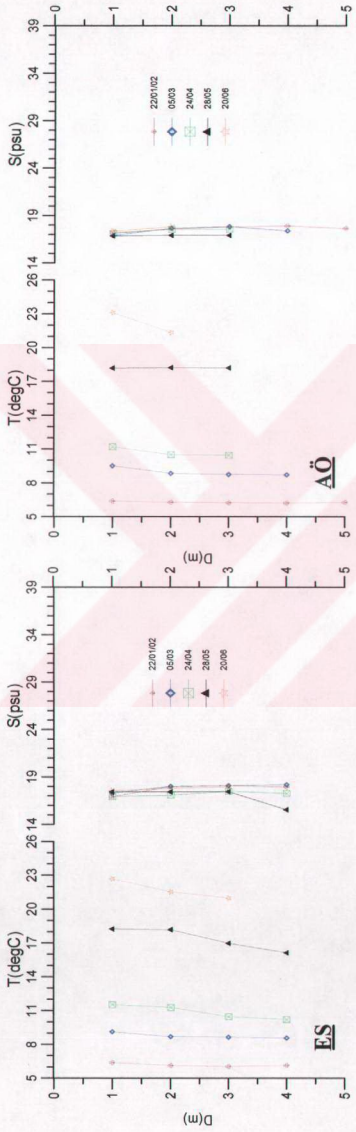
Şekil 6. Devam.



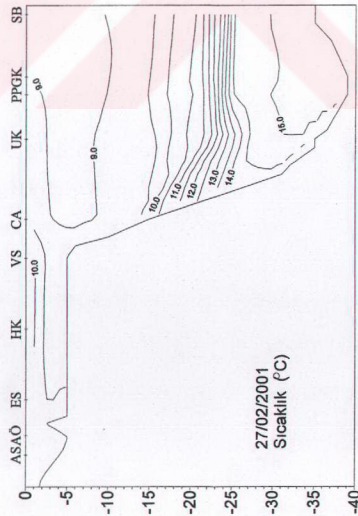
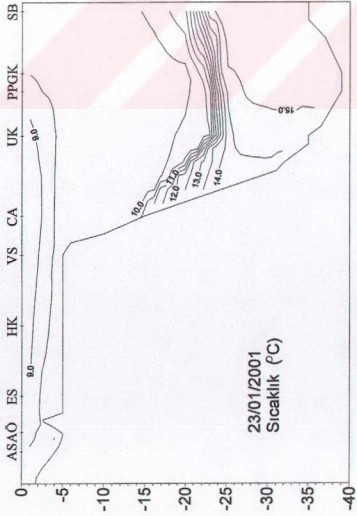
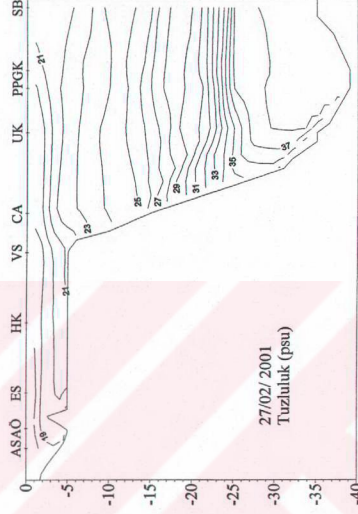
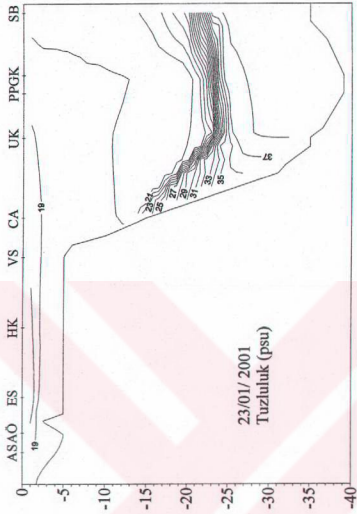
Şekil 6. Devam.



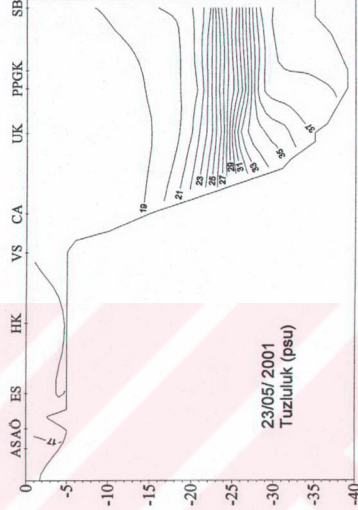
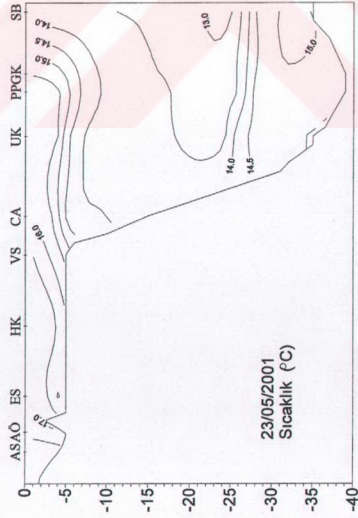
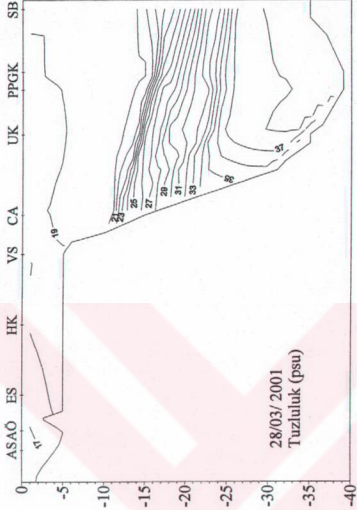
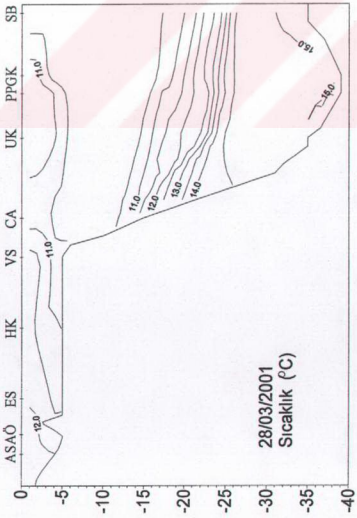
Şekil 6. Devam.



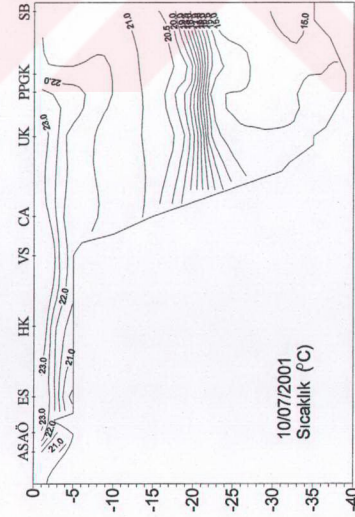
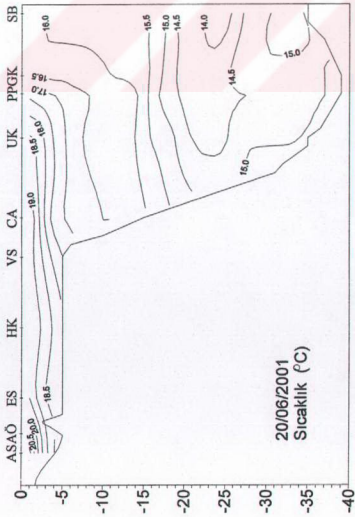
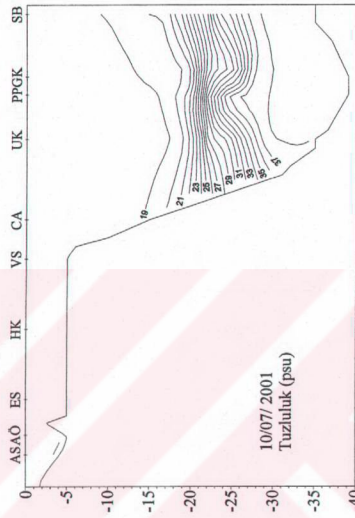
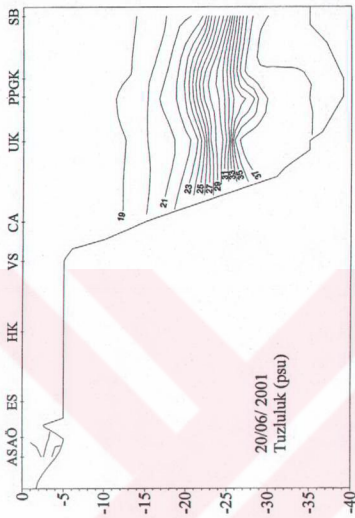
Şekil 6. Devam



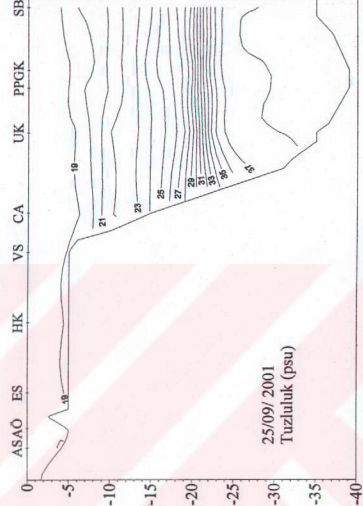
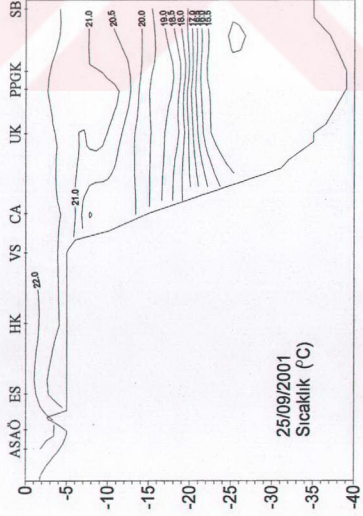
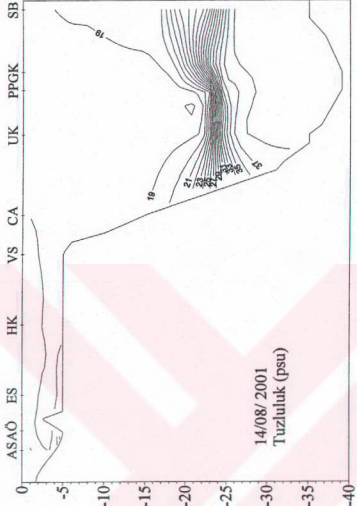
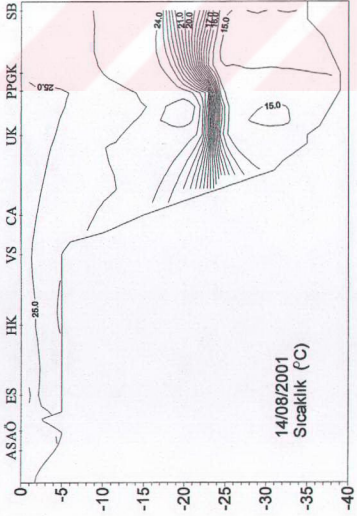
Şekil 7. Aylık tuzluluk ve sıcaklık kesitleri



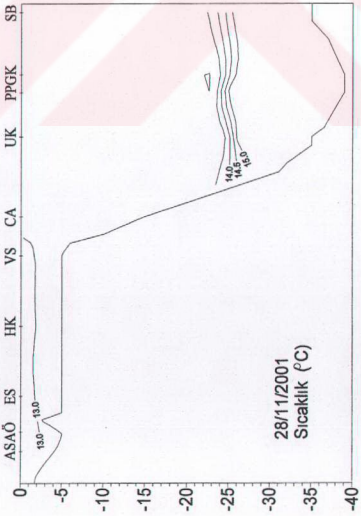
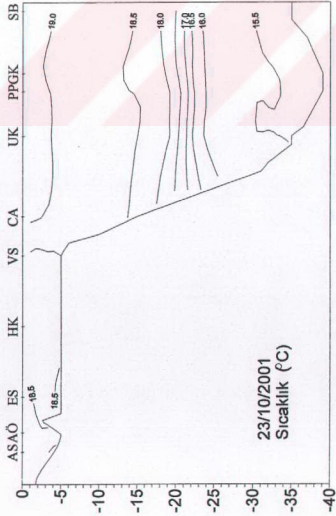
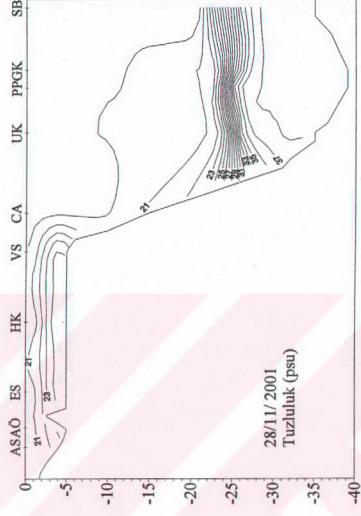
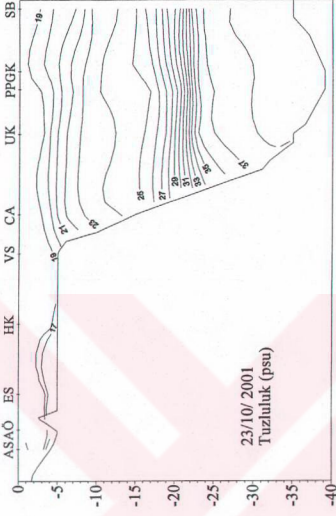
Şekil 7. Devam



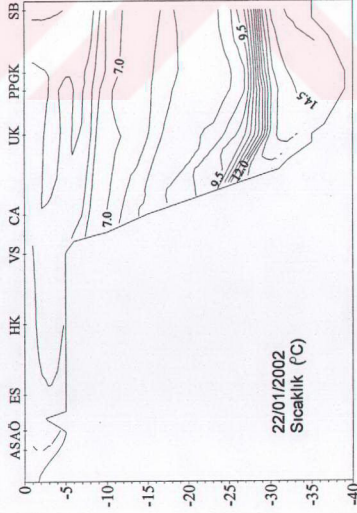
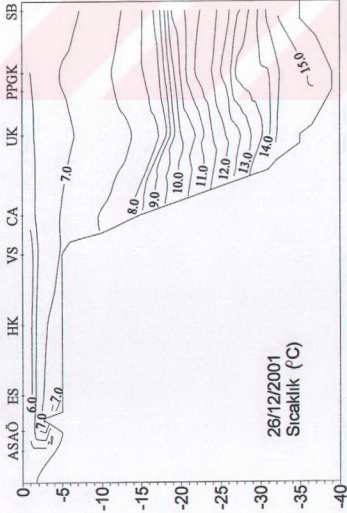
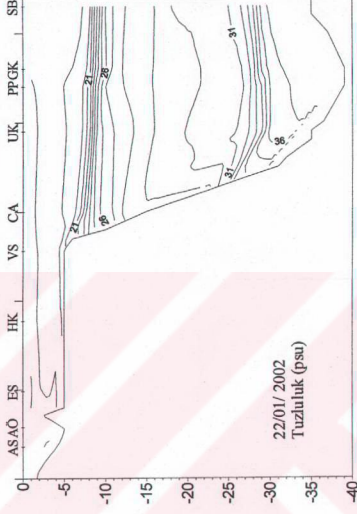
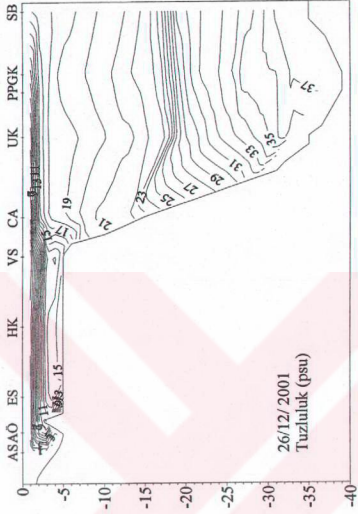
Şekil 7. Devam.



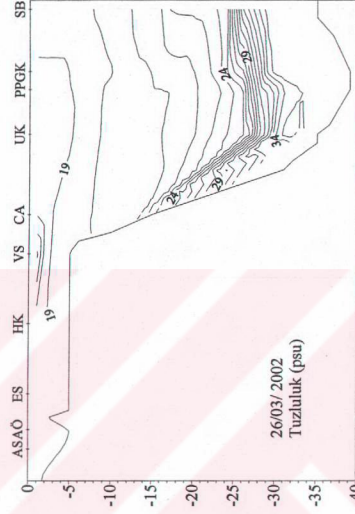
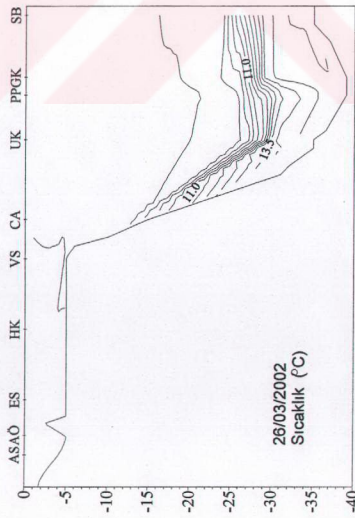
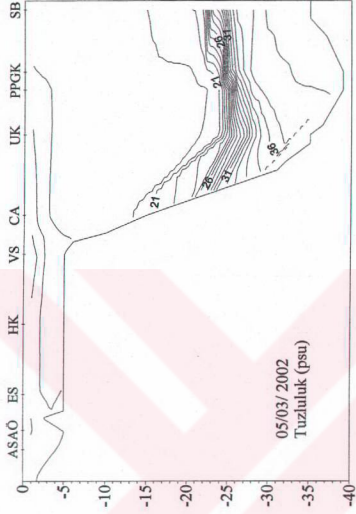
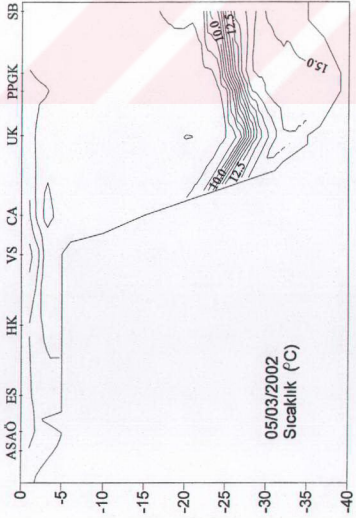
Şekil 7. Devam



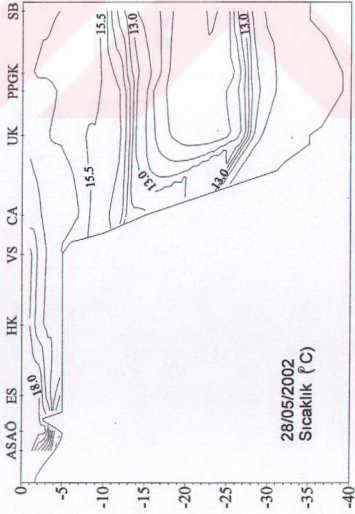
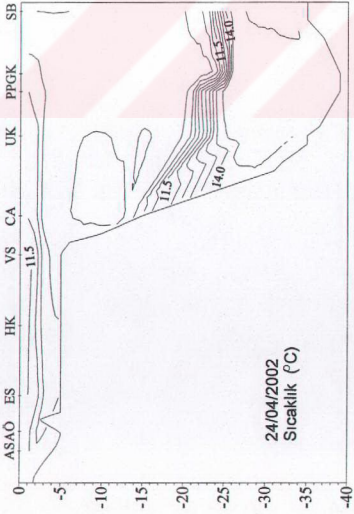
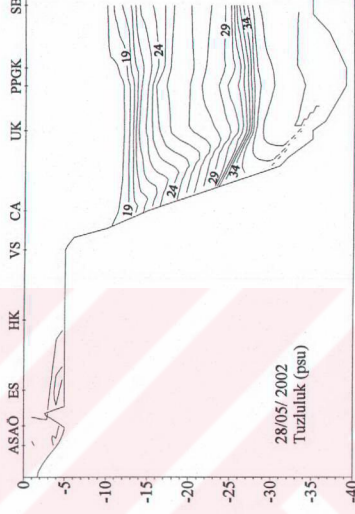
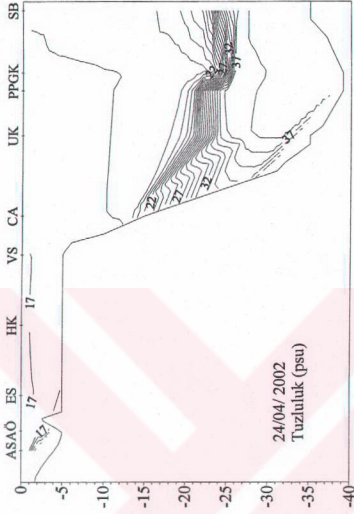
Şekil 7. Devam.



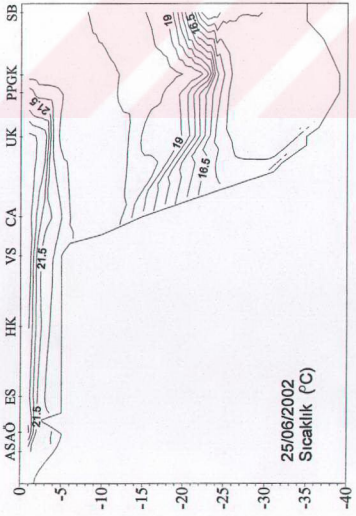
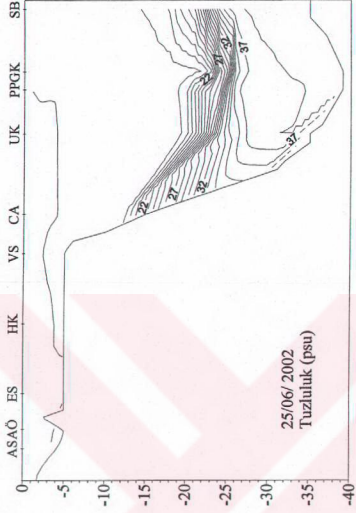
Şekil 7. Devam.



Şekil 7. Devam.



Şekil 7. Devam.



Şekil 7. Devam.

3.3. Haliç'te Enine Akıntı Kesitleri

Mart 2001'de Galata Köprüsünün dış tarafından çekilen hatta (Hat 1) üst 20 metrelik tabakadan Boğaza doğru bir akıntı görülmektedir. Alt akıntı ise Haliç'in tabanının ortasında toplanmış vaziyette ve içeri doğrudur. Alt akıntı dar bir bölgede daha şiddetlidir (Şekil 8). Üst akıntı ~19 psu tuzluluktaki üst tabaka ve ara tabakanın ~30 psu luk kısmıyla örtüşmektedir (Şekil 6, 8). Ara tabakanın alt kısmı alt akıntıyla birlikte içeri doğru akmaktadır. Galata Köprüsünün iç tarafından çekilen Hat 2'de de benzer yapı görülmekle beraber, alt akıntı hacmi genişlemiştir. Unkapanı Köprüsünün her iki yanındaki Hat 3 ve Hat 4'lerde ise akıntı ayrımı netleşerek 15 metreye kadar yükselmiştir.

Mayıs ayında üst akıntı Mart ayındaki gibi ~20 metreye kadar iner ve dışarı doğrudur. Hemen altında debisi yüksek içeri doğru bir akıntı vardır. Hat 1 ve Hat 2 de benzer durum söz konusu olup 30 metreden sonra Boğaza doğru ayrı bir akıntı gözlenmektedir. Hat 3 ve Hat 4'te ise içeriye doğru olan akıntı iyice kalınlaşıp neredeyse yüzeye kadar çıkmıştır (Şekil 8).

Haziran ayında Hat 1'de üst tabakaya denk gelen kısmın içeriye girdiği görülmektedir. Hat 2'de ise ~27 metreden sonra tekrar içeri doğru bir akıntı görülmüştür. Hat 3'ün tamamında düzgün kayıt alınamamış, Hat 4'te ise alt akıntılarının şiddetleri Galata kesitlerindeki göre azalmıştır (Şekil 8).

Temmuz ayında Hat1'de yüzeyde oldukça ince bir tabakanın dışarıya doğru çıktığı görülmektedir. Galata Köprüsünün her iki yanında ~15-21 metreleri arasında dışarıya doğru bir akıntı mevcuttur. Bu tabakanın üstünde ve altında içeriye doğru giren akıntı görülmektedir. Unkapanı'nda ise 22 metreden itibaren dışarıya doğru bir akıntı vardır. Bunun üstünde yüzeye kadar ki kısım Boğazdan içeriye girmektedir (yüzeyde ki ince tabaka burada da görülmektedir) (Şekil 8).

Ağustos ayında Hat 1'in Eminönü yakasında üst tabakada akıntı dışarı doğru iken Hat 2'nin Karaköy yakasında içeri doğru 10 metre kalınlığında bir akıntı dikkati çekmektedir. 20 metreden sonra tekrar bir içeri akıntı mevcuttur. Unkapanı'nda ise 5 metrelik yüzey akıntısı

içeri doğruyken, altında ~18 metrelik dışarı doğru akan bir katman mevcut olup buradan sonra tekrar içeri doğru giren akıntı mevcuttur (Şekil 8).

Eylül ayında Haliç'in girişinde dışarı doğru olan ince yüzey tabakasının hemen altında Eminönü yakasına yaklaştıkça kalınlaşıp şiddetlenen içeri doğru bir akıntı mevcuttur. Bu tabakanın altında akıntı şiddeti düşüktür. Unkapanı'nda girişteki yapıya benzer bir akıntı mevcuttur. Ekim ayındaki akıntı sistemi Eylül ayinkine oldukça benzemektedir (Şekil 8).

Ekim ayında üstte 1-2 metrelik, Karaköy yakasında daha şiddetli görülen Boğaz'a doğru bir akıntı vardır. Bunun altında Eminönü yakasında oldukça belirgin fakat karşı kıyıda etkisi azalan içeriye doğru bir akıntı görülmektedir. Bunun altındaki tabakada akıntı belirsizleşmiştir.

Kasım ayında girişte içeriye doğru 12 metrelik bir akıntı mevcuttur. Bu akıntı Unkapanı'nda 7 metre kalınlığa düşmüştür ve bunu yaklaşık 10 metre kalınlığında ki dışarı doğru olan akıntı takip eder. Her iki farklı akıntı tabakasının özellikleri bir biriyle benzer olup homojendir. Bunun hemen altında alt tabakaya karşılık gelen ~22 metreden sonra gene içeriye doğru bir akıntı mevcuttur (Şekil 8).

Aralık ayı Haliç girişinde yüzeyde 5 metrelik Boğaza doğru olan bir akıntı vardır. Bu akıntı Unkapanı civarında 12 metre kalınlığındadır. Bunun hemen altında Unkapanı'nda (Hat 3) zıt akıntı hatlarının belirginleştiği ~7 metre kalınlığında içeri doğru bir akıntı mevcuttur. Onun hemen altında gene dışarı doğru, derinleştikçe hızlanan akıntı görülmektedir. Aralık ayında zıt akıntı sınırlarının keskin olmasına rağmen, dikey karışım oldukça fazladır (Şekil 6, 8.).

Ocak 2002'de yüzeyde yer yer 10 metre kalınlığa ulaşan dışarıya doğru akan bir kütle mevcut. Bunun altında dibe kadar akıntı içeriye girmektedir. Dipte ise gene dışarıya doğru zayıf bir akıntı mevcuttur (Şekil 8).

5 Mart ölçümlerinde, yüzeyde birkaç metre kalınlığındaki dışarıya doğru olan akıntı görülmektedir. Bunun altındaki akıntı Eminönü yakasında içeri doğru iken Karaköy yakasında ters yönde bir akıntı mevcuttur. İç hatlarda bu yapı belirgin değildir. Bunun altında akıntı yönü tekrar dışarıya doğru olup, dip akıntısı ise Haliç girişinde içeriye doğrudur (Şekil 8).

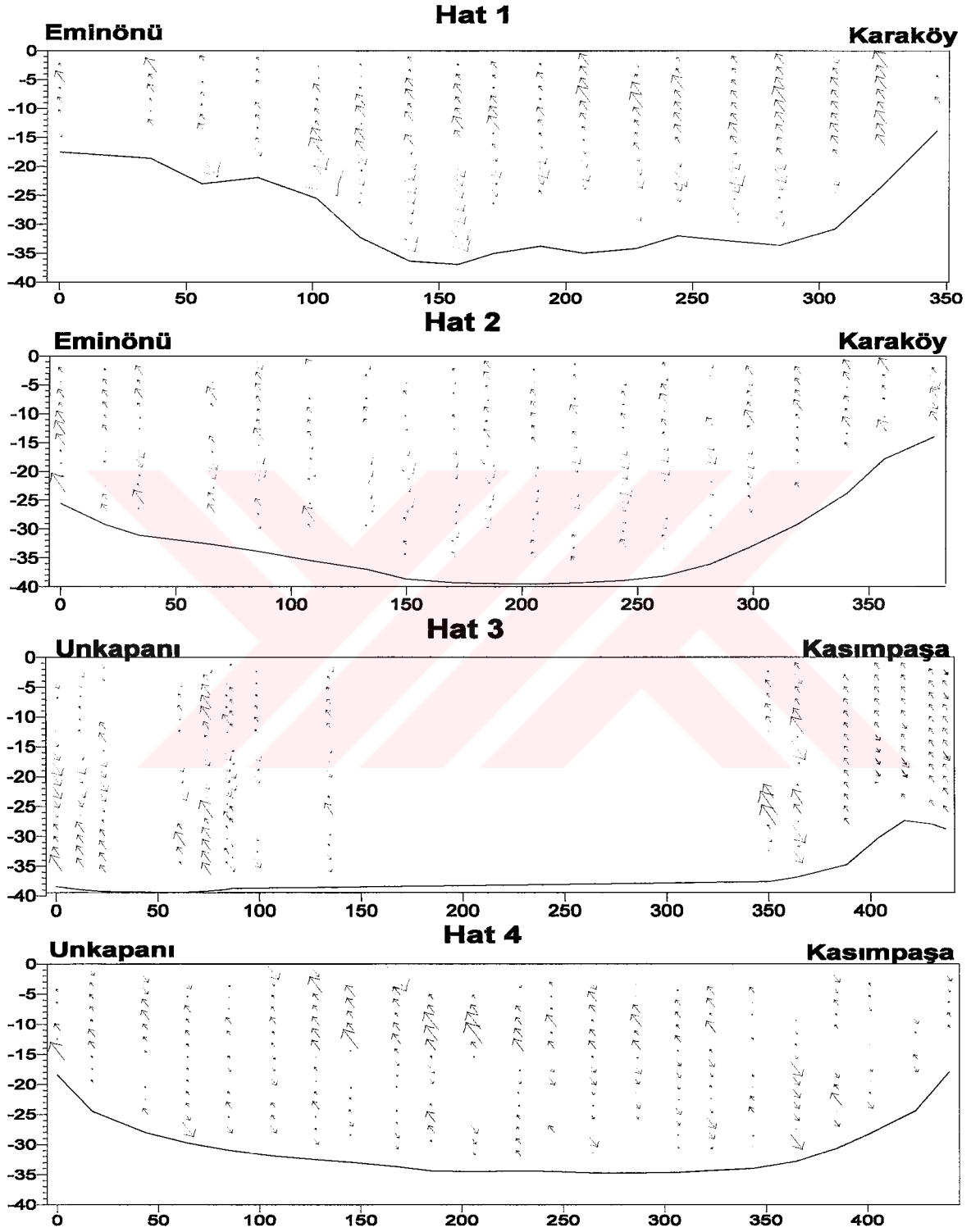
26 Mart da yapılan akıntı ölçümlerinde dört hatta akıntı profilleri örtüşmektedir. Yüzeyde Boğaz'a doğru ortalama 5 metre kalınlığıda bir akıntı görülmektedir. Buna sefer günü ve evvelki gün esen kuzeybatı bileşenli rüzgar sebep olmuştur. Üst akıntının hemen altında Boğaz'dan Haliç'e ~10 metre kalınlığında bir girdi görülmektedir. Bu girdinin altında tekrar Haliç'i terk eden su kütlesi görülmektedir. Hat 1 ve Hat 2 de görülen 2-3 metrelik içeri doğru görünen akıntı iç hatlarda belirginliğini kaybetmiştir.

Nisan ayında yüzeyden yaklaşık 25 metre derinliğe kadar Boğaz'a doğru zayıf bir akıntı mevcuttur. 25 metreden sonra şiddeti 20cm/s yi bulan içeriye doğru giren bir akıntı görülmektedir (Şekil 8).

Mayıs ayında haliç'in ~13-23 metreler arası belirgin bir tabakanın içeri doğru Karadeniz kökenli suyu taşıdığı görülmektedir (Hat 1). Karaköy sahilinde haliç dışına bir akıntı mevcuttur. Benzer profil Hat 2'de de görülmektedir. Hat 3'te ~17 metreden sonra akıntı yönü tekrar Boğaza doğrudur. Dipte ise bir iki metrelik Boğaz'dan su girişi mevcuttur (Şekil 8).

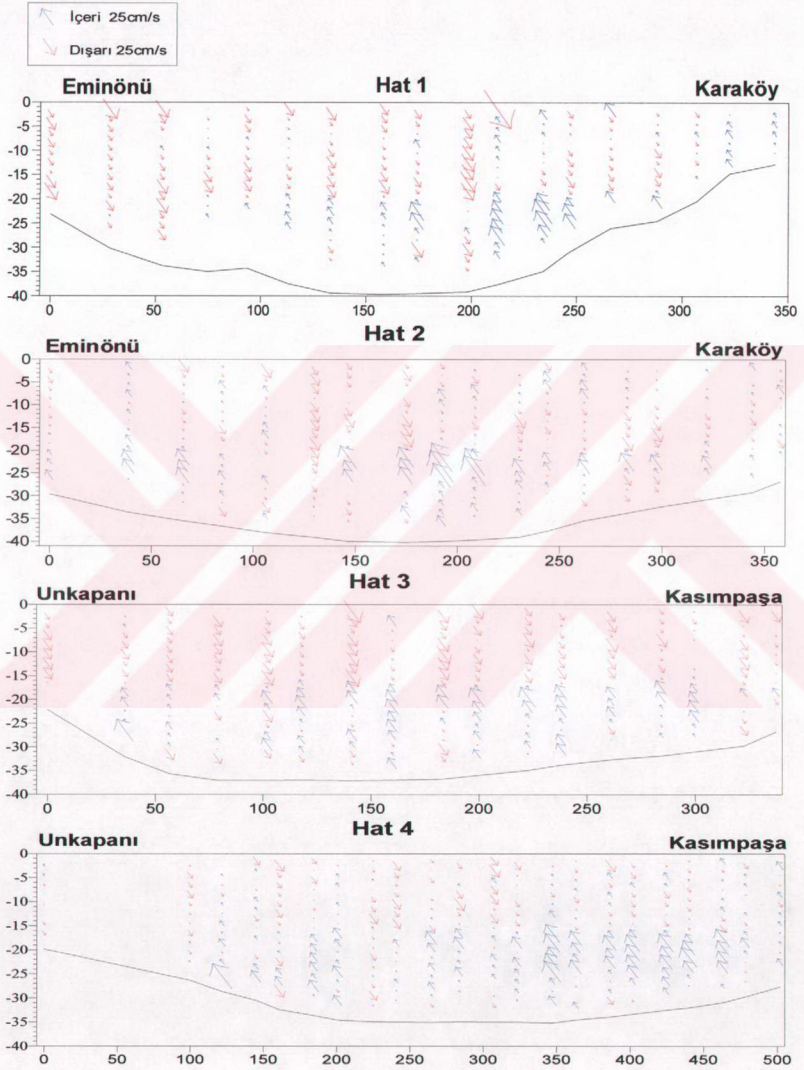
Haziran ayında Haliç girişinde, yüzeydeki belli belirsiz dışarıya doğru olan akıntının altında, her iki kıyıya doğru belirginleşen ve kalınlığı artan Boğaz'dan içeriye doğru bir akıntı mevcuttur. Bu akıntının altında yönü Boğaz'a doğru olan akıntı mevcuttur. Bunun altında gene Haliç'e doğru olan ince bir dip akıntısı görülmektedir (Şekil 8).

20/06/2001



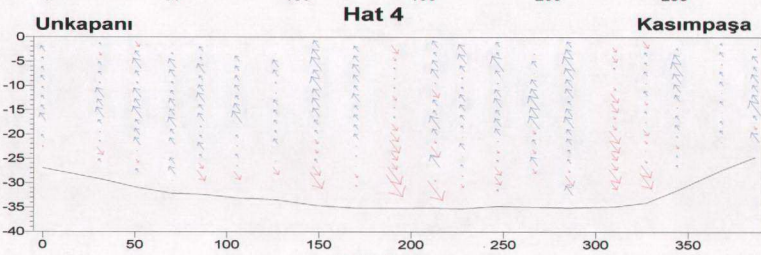
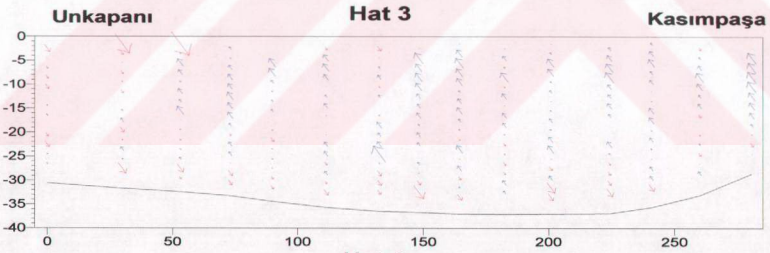
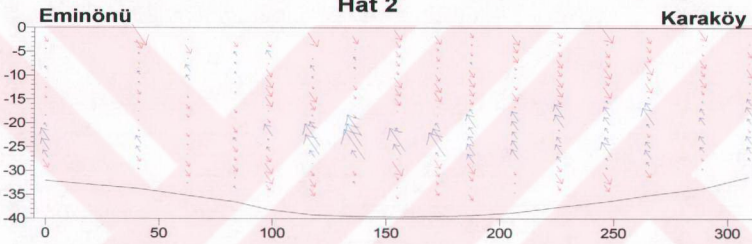
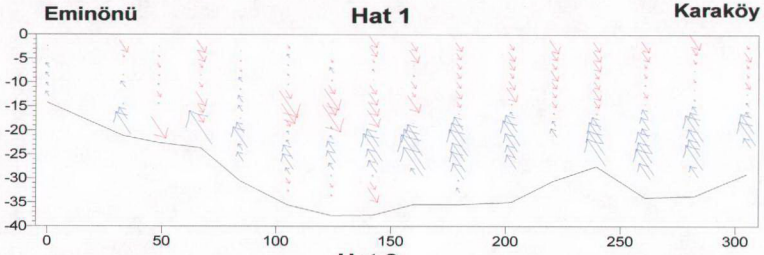
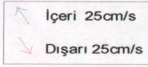
Şekil 8. Devam

28/03/2001



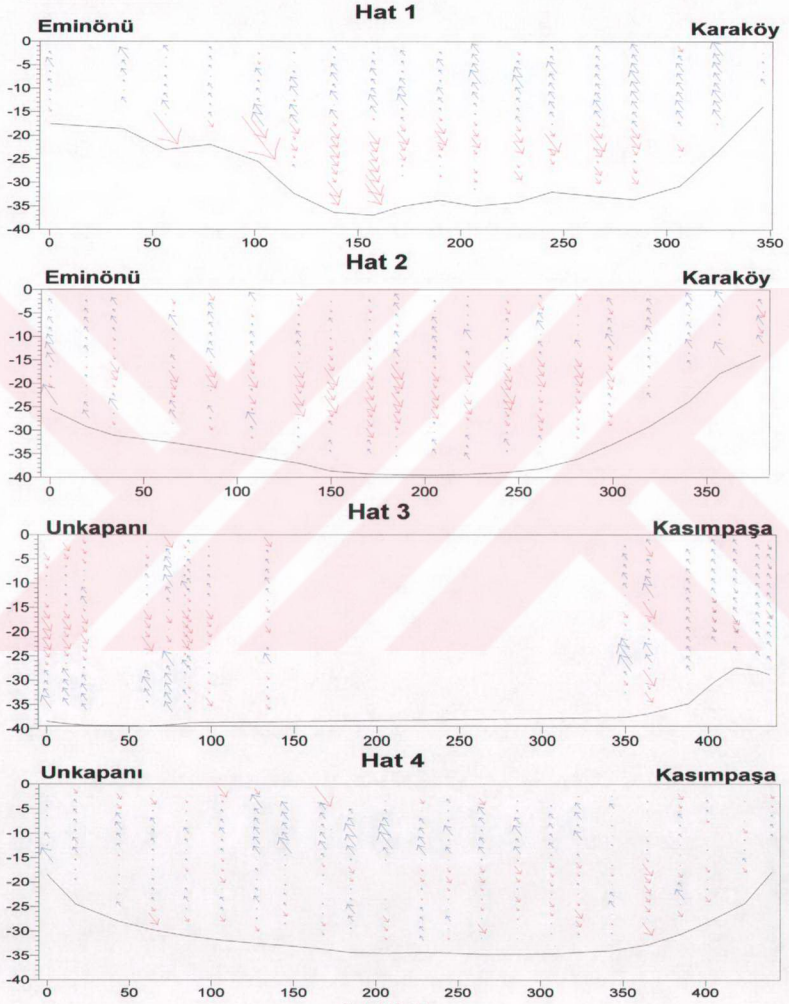
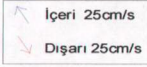
Şekil 8. Akıntı hatları

23/05/2001



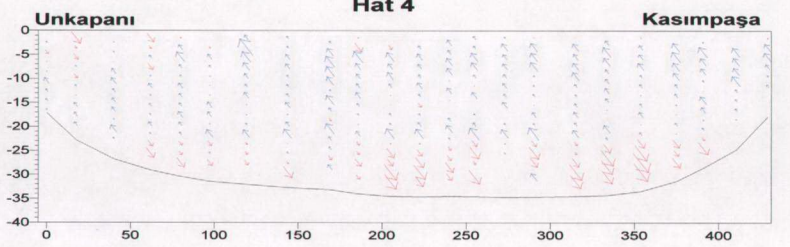
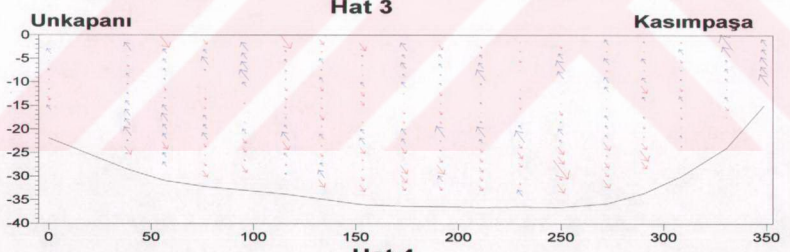
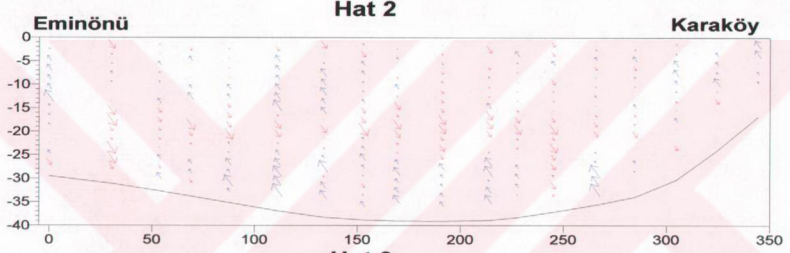
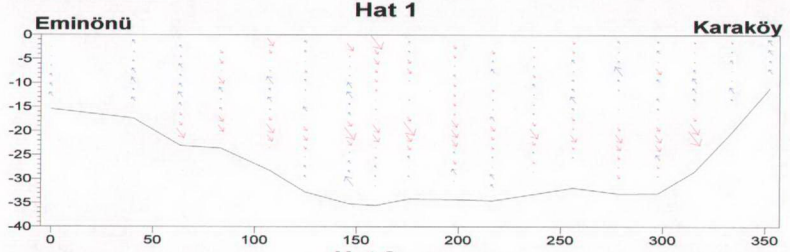
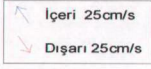
Şekil 8. Devam.

20/06/2001



Şekil 8. Devam

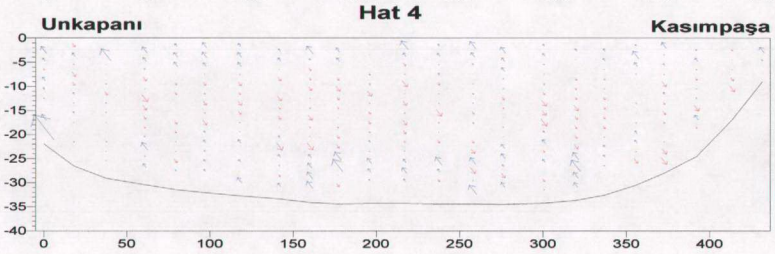
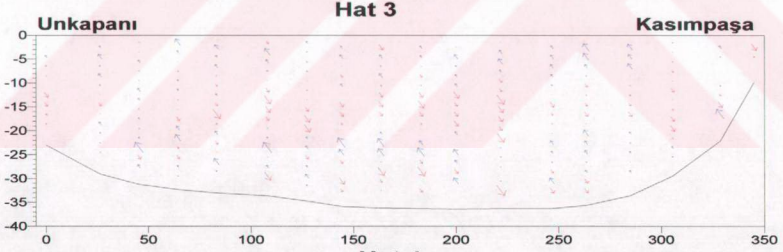
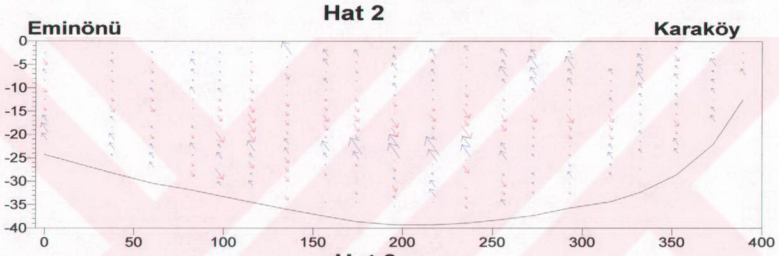
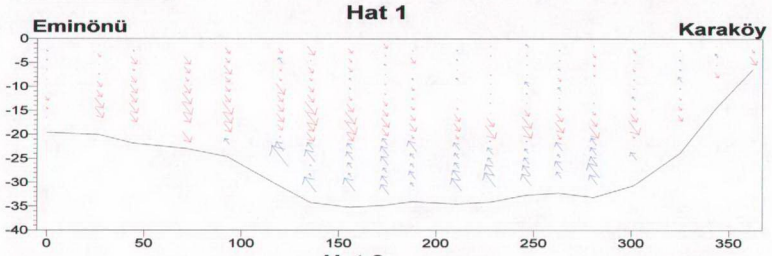
10/07/2001



Şekil 8. Devam.

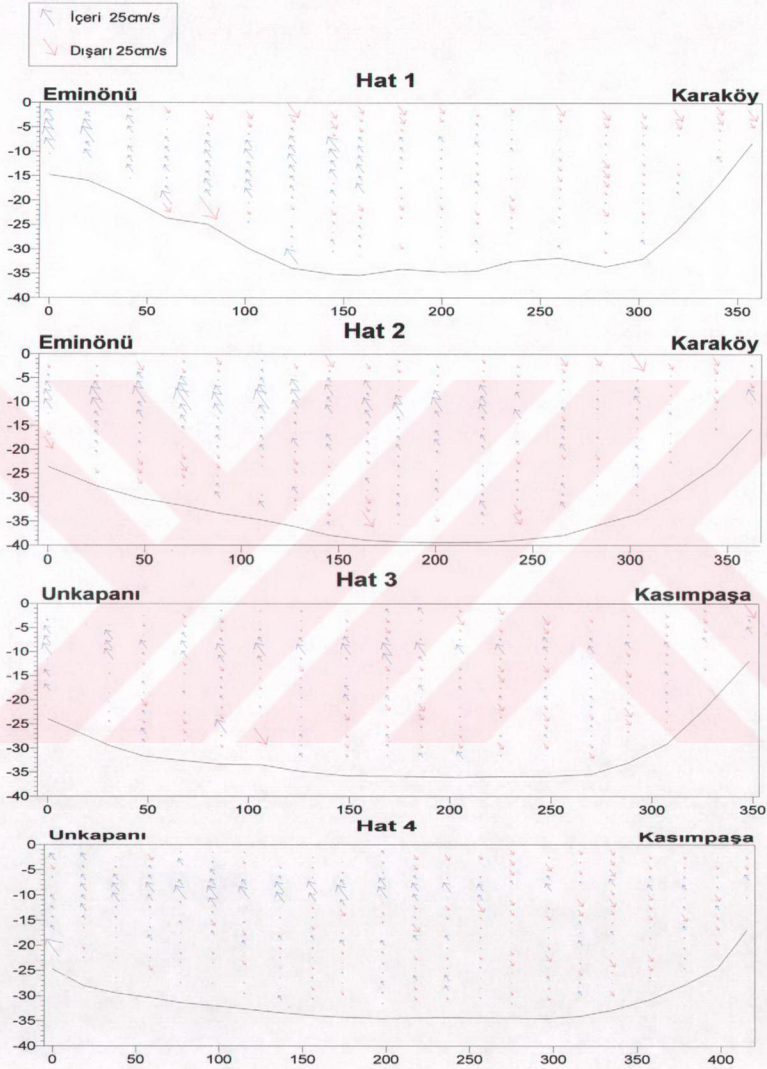
14/08/2001

↖ İçeri 25cm/s
↗ Dışarı 25cm/s



Şekil 8. Devam.

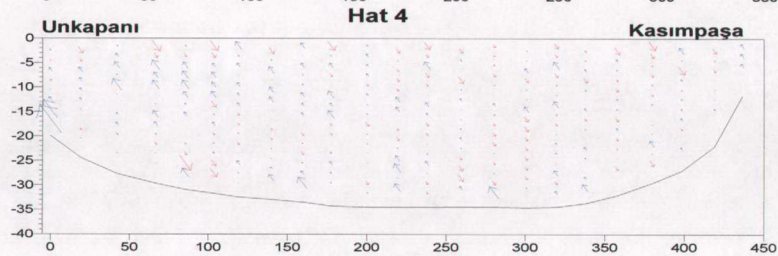
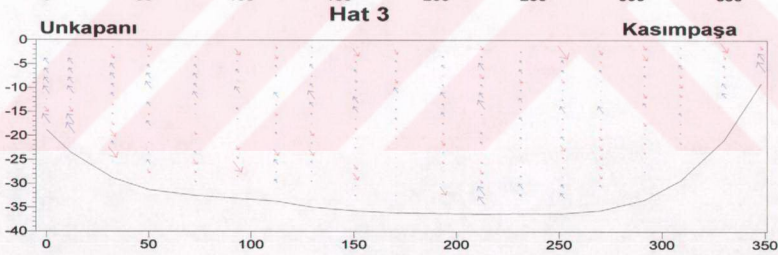
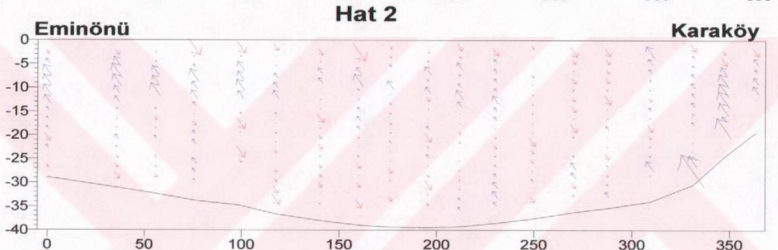
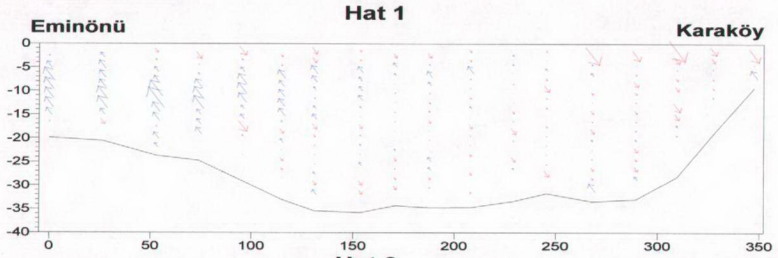
25/09/2001



Şekil 8. Devam.

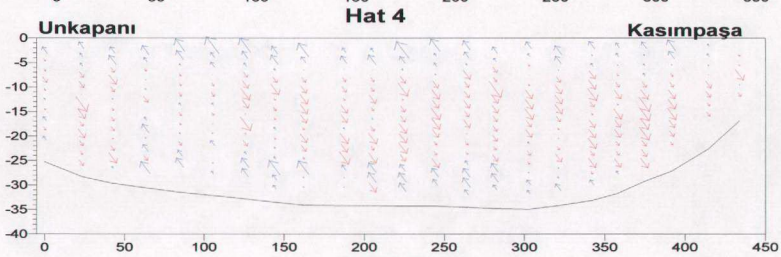
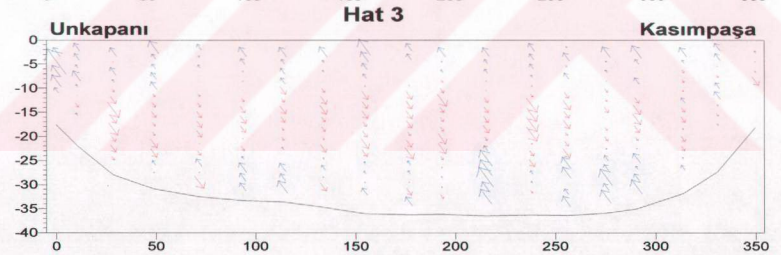
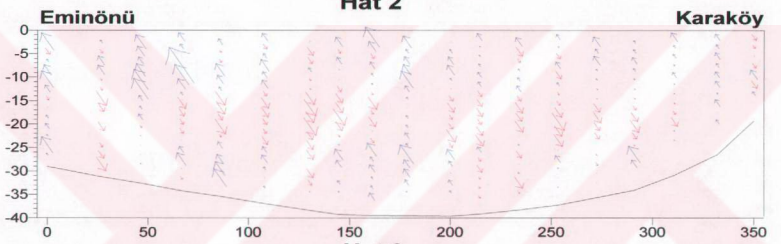
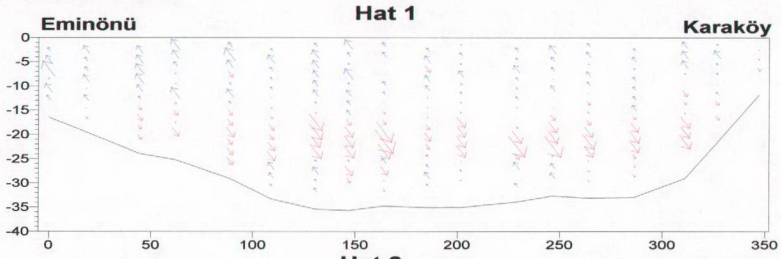
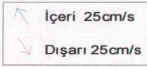
23/10/2001

↗ İçeri 25cm/s
↘ Dışarı 25cm/s



Şekil 8. Devam.

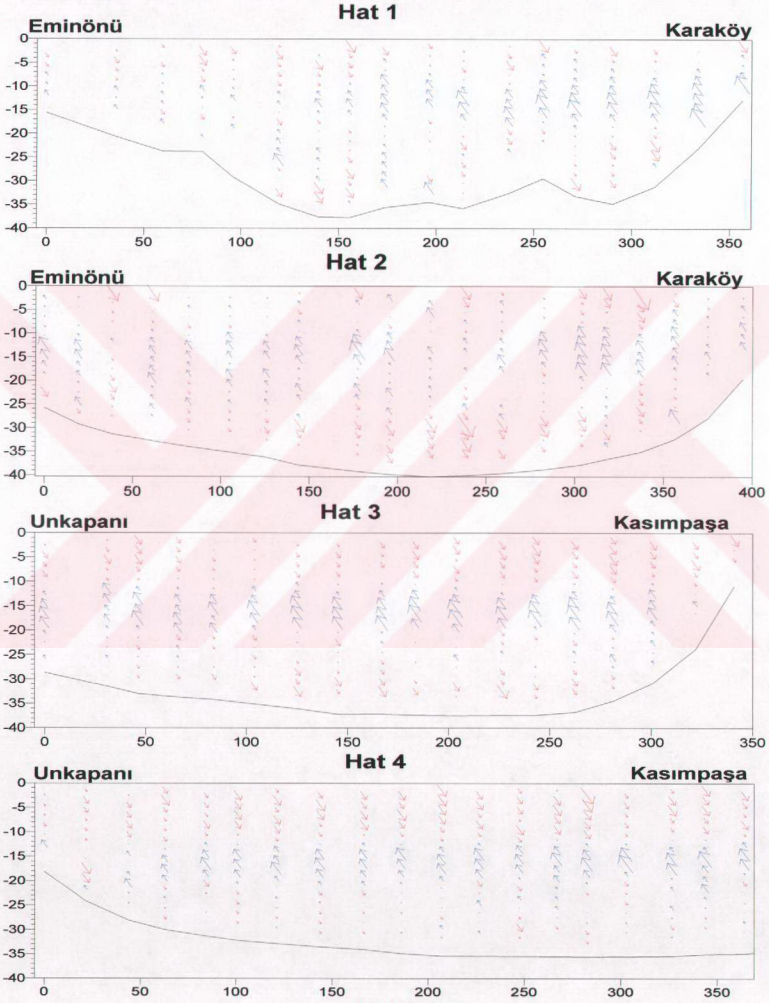
28/11/2001



Şekil 8. Devam.

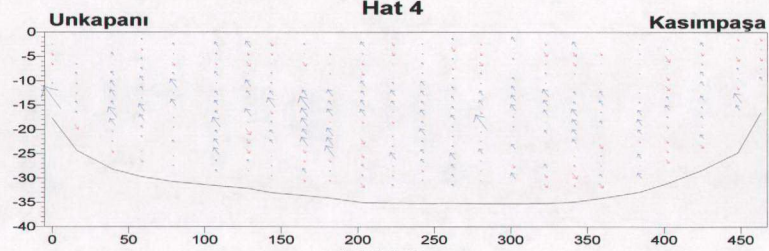
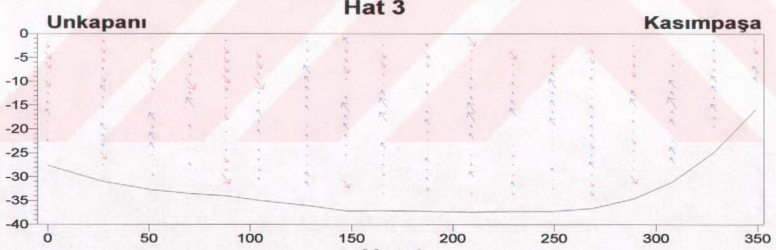
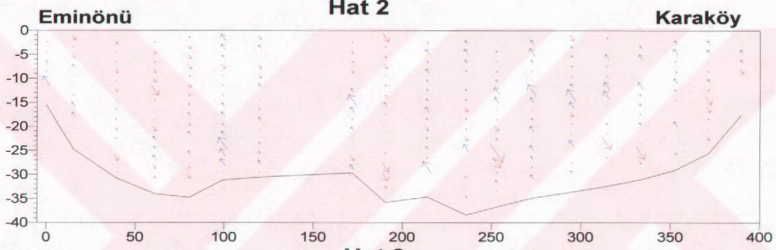
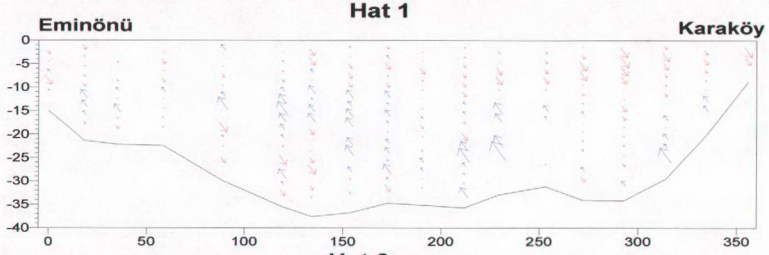
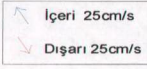
26/12/2001

İçeri 25cm/s
Dışarı 25cm/s



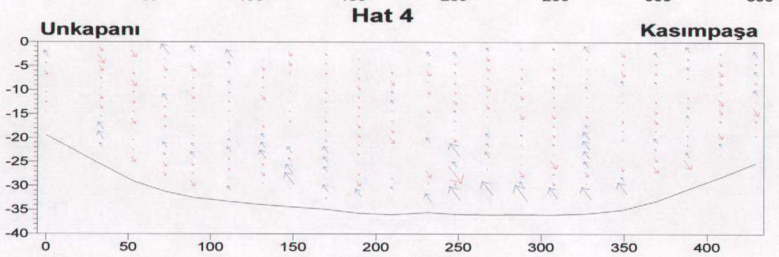
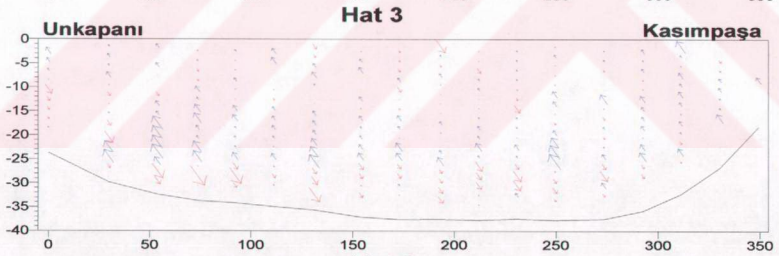
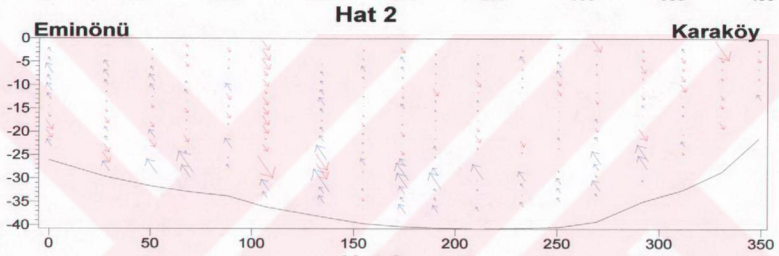
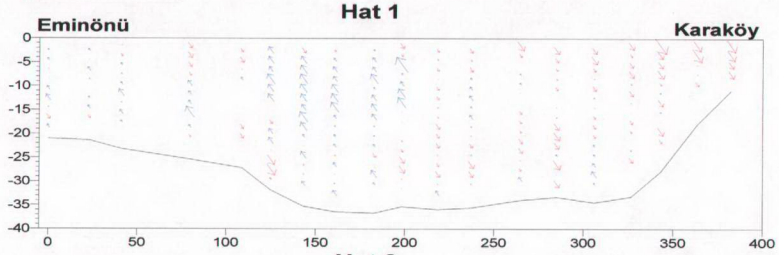
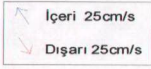
Şekil 8. Devam.

22/01/2002



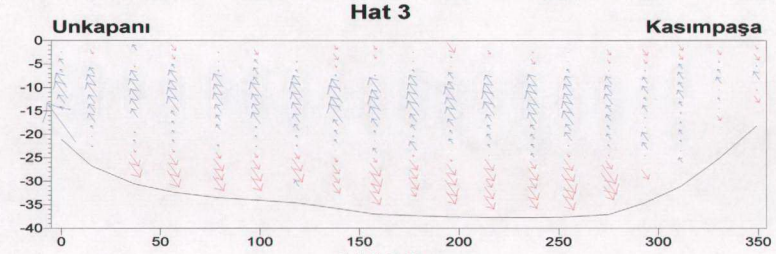
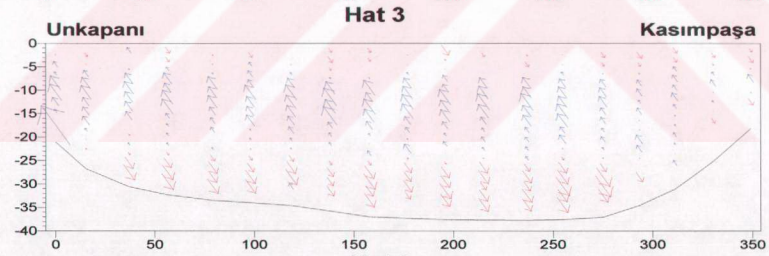
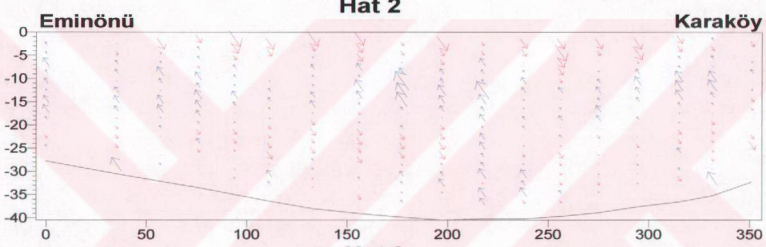
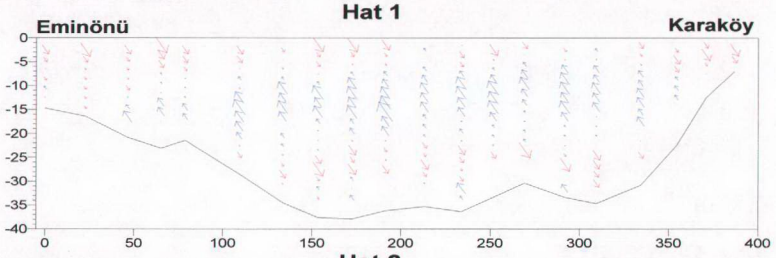
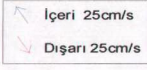
Şekil 8. Devam.

05/03/2002



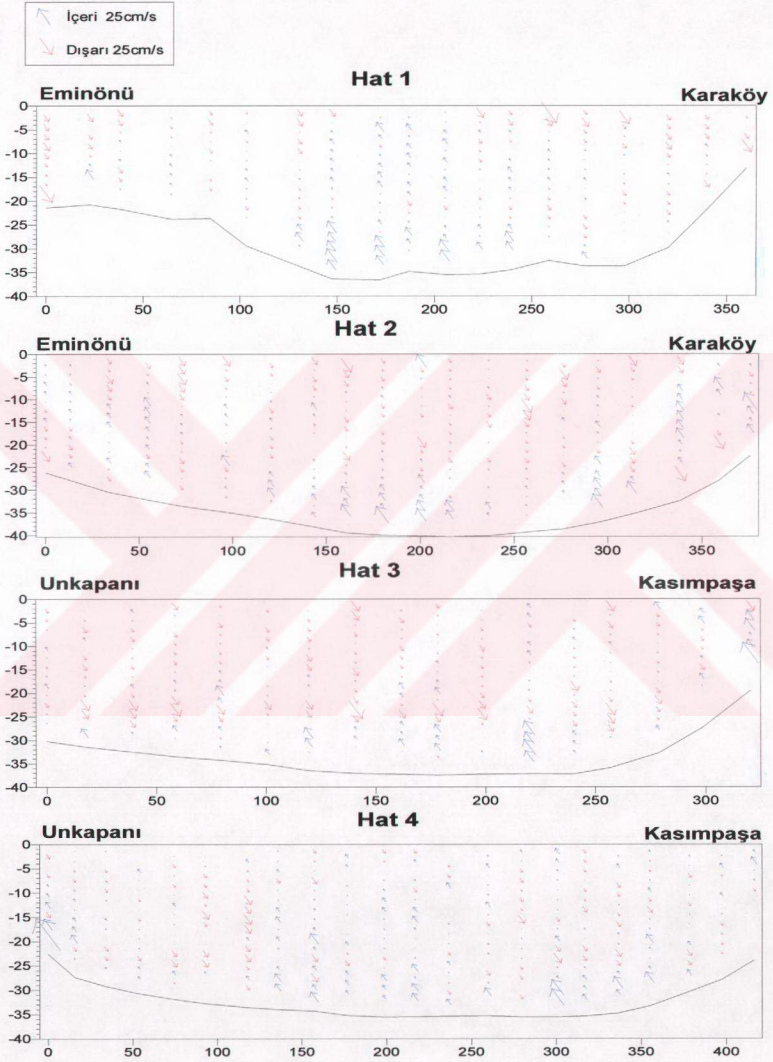
Şekil 8. Devam.

26/03/2002



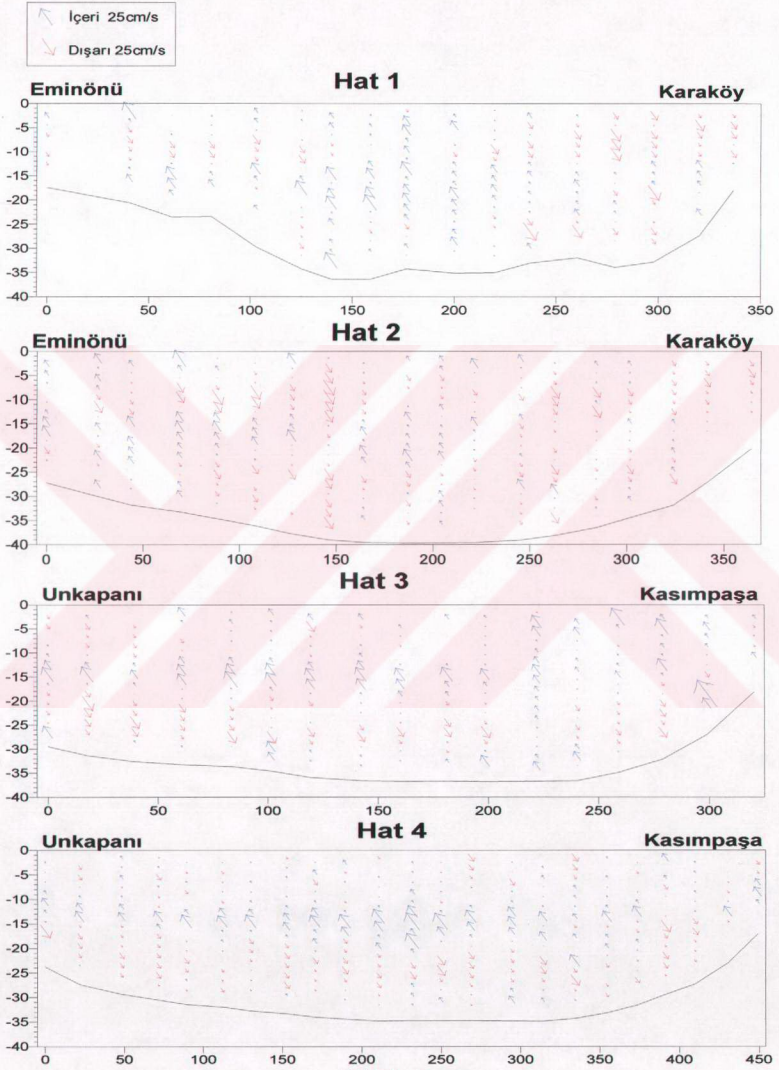
Şekil 8. Devam.

24/04/2002



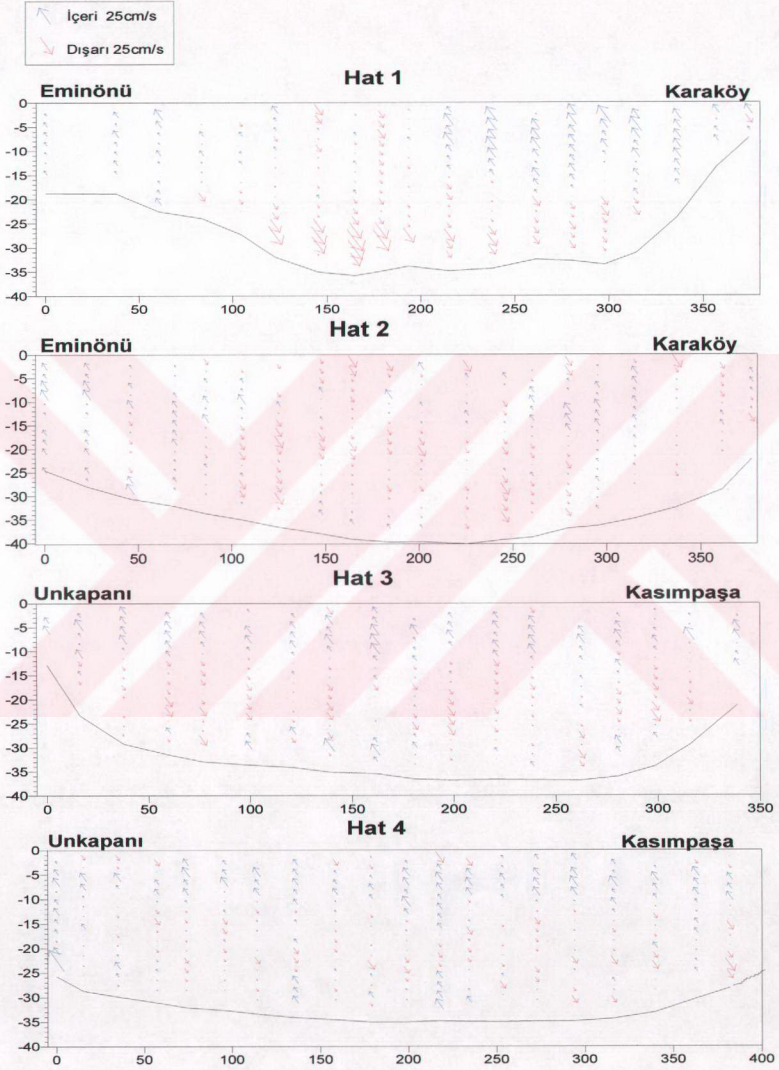
Şekil 8. Devam.

28/05/2002



Şekil 8. Devam.

25/06/2002



Şekil 8. Devam.

3.4. Haliç'in Su Bütçesi

Haliç'te yapılan on üç aylık akıntı ölçümlerinden boğazdan Haliç'e giren ve Haliç'ten çıkan toplam su miktarı hesap edilip Tablo 3'te verilmiştir.

Dört hattın on üç aylık ortalama giren su debisi $494.59\text{m}^3/\text{sn}$ ortalama çıkan su debisinin ise $417.75\text{m}^3/\text{sn}$ olduğu hesap edilmiştir. Bu iki ortalamanın farklarının giren su debisine oranı %15.5 mertebesinde olup kabul edilebilir ölçülerdedir.

Ortalama giren ve ortalama çıkan su arasındaki bu fark çeşitli sebeplerden kaynaklanmaktadır. Her ne kadar akıntı hattında ölçüm yapılırken tüm kesitin akıntı profili çıkarılmaya çalışılmış ise de çeşitli imkansızlıklardan kıyılarda bir miktar kayıp olmuştur. Ayrıca akıntı ölçerinin ilk ölçüm yaptığı derinlik 1.5m olup yüzey suyu akıntısını ölçmemektedir. Aynı durum dip derinliğinin son metresi için de geçerlidir. Bu ölçülemeyen kısımlar yakınlarındaki verilerle tamamlanmış olmasına rağmen bir miktar hatayı da beraberinde getirmektedir.

Yapılan ölçümler uzun süreli ve sürekli ölçüm olmayıp anlık ölçümlerdir; dolayısıyla belli bir süre zarfında eşitlenmesi gereken toplam giren ve çıkan su miktarlarının, atmosfer şartlarına da bağlı olarak, bu anlık ölçümlerde tam eşit çıkmamaları normaldir.

Haliç'in Galata köprüsünden itibaren sahip olduğu su hacmi, sayısallaştırılmış batimetri verileriyle yaklaşık $33.000.000\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Ortalama sirkülasyon debisi kabaca $450\text{m}^3/\text{sn}$ olarak kabul edilirse, Haliç suyunun yaklaşık 20 saat gibi kısa bir sürede yenilenebildiği görülmektedir ki bu değer oldukça ümit vericidir.

Tablo 3. Haliç'e giren ve Haliç'ten çıkan su debileri ve ortalamaları

Ay.Yıl		Hat 1	Hat 2	Hat 3	Hat 4
Mart.01	Giren(m ³ /sn)	332	621	496	779
	Çıkan(m ³ /sn)	734	460	806	485
Mayıs.01	Giren(m ³ /sn)	773	423	411	747
	Çıkan(m ³ /sn)	471	531	234	409
Haziran.01	Giren(m ³ /sn)	537	481		488
	Çıkan(m ³ /sn)	499	471		366
Tem.01	Giren(m ³ /sn)	299	421	411	675
	Çıkan(m ³ /sn)	249	309	329	443
Ağu.01	Giren(m ³ /sn)	354	453	262	374
	Çıkan(m ³ /sn)	578	297	295	296
Eyl.01	Giren(m ³ /sn)	408	501	327	437
	Çıkan(m ³ /sn)	308	295	305	294
Eki.01	Giren(m ³ /sn)	407	522	318	406
	Çıkan(m ³ /sn)	319	347	201	310
Kas.01	Giren(m ³ /sn)	401	604	592	502
	Çıkan(m ³ /sn)	460	461	403	719
Ara.01	Giren(m ³ /sn)	469	581	473	490
	Çıkan(m ³ /sn)	354	437	497	614
Oca.02	Giren(m ³ /sn)	397	351	319	543
	Çıkan(m ³ /sn)	329	285	271	180
Şub.02	Giren(m ³ /sn)	310	513	444	374
	Çıkan(m ³ /sn)	369	355	298	363
Mar.02	Giren(m ³ /sn)	580	470	754	741
	Çıkan(m ³ /sn)	409	390	581	621
Nis.02	Giren(m ³ /sn)	321	429	315	433
	Çıkan(m ³ /sn)	344	419	415	339
May.02	Giren(m ³ /sn)	421	372	520	499
	Çıkan(m ³ /sn)	318	444	286	399
Haz.02	Giren(m ³ /sn)	480	353	476	507
	Çıkan(m ³ /sn)	432	365	314	282
Toplam Giren Su Ortalaması		494,59			
Toplam Çıkan Su Ortalaması		417,75			
Fark		76,84			
Farkın Giren Suyu oranı		%15,53			

IV.TARTIŞMA VE SONUÇ

Haliç'te yapılan ilk kapsamlı çalışma Kor (1963) tarafındandır ve doktora tezi olarak sunulmuştur. Bu çalışmaya göre yüzeydeki tuzluluk 6-10 psu arasında değişmekte olup Boğaz çıkışına kadar 10 psu değeri sabitlenmekteydi. En iç kısımda ise yağmur ve derelerden kaynaklanan neredeyse tatlı bir su kütlesi vardı. Şimdiki veriler doğrultusunda yüzey tabaka tuzluluk değerinin 6-10 psu arttığı görülmektedir ki buna sebep ıslah çalışması neticesinde tatlı su girdilerin düşüş göstermesidir.

Ölçümlerimde Karadeniz orijinli suyun Haliç'in iç kısımlarına kadar üst tabakadan nüfuz ettiği görülmektedir. Valide Sultan İstasyonundan iç kesimlere doğru; tuzluluk 16-21 psu arasında değişip (çok aşırı yağış alan Aralık 2002 ayı hariç) dip derinliğine kadar ise tuzluluk neredeyse sabit kalmıştır. İstanbul Su Temini ve Kanalizasyonu Master Plan ve Fizibilite Etüdü için Eylül ve Kasım 1967 aylarında 12 istasyonda yürütülen çalışmada da 16 psu daki Karadeniz suyunun iç kesimlere kadar ilerlediği görülmektedir (DAMOC, 1971). Bazı aylarda İodosun etkisiyle Camialtı mevkiinde alt tabaka suyu üst tabaka suyuyla karışmış ve tuzluluğu arttırarak iç kesimlere kadar ulaşmıştır. Kasım 2001'de bu etki açık bir şekilde görülmektedir.

Lodos Boğaz'daki alt akıntının kalınlık ve şiddetini arttırıcı rol oynamaktadır ve dikey karışım artarak tabakaların homojenliği bozulmaktadır. Esen rüzgarın şiddetine ve esme süresine göre bu karışım tüm su kolonunu etkileyebilmektedir (Şubat 2001). Kuzey rüzgarları ise Boğaz'daki üst akıntıyı arttırarak üst tabakayı kalınlaştırıcı rol oynamaktadır (Ağustos 2001).

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

Fazla yağış olan aylarda, üst tabakada tuzluluk seviyesi düşmektedir.

Fakat bazen yağışa rağmen, Karadeniz'den gelen suyun tuzluluğuna bağlı olarak, beklenenden daha yüksek tuzluluklar görülmüştür. Bunun aksini görmek de mümkündür (Haziran 2002). Düşey karışımın yüzeye kadar etkili olduğu aylarda ise, yoğun yağış olsa bile, tuzluluğu yüksek alt suların üst suyla karışmasıyla yüzeyde tuzluluk seviyesinin beklenenin üstünde kaldığı görülmüştür (Mart 2002).

Deniz suyu baskınıyla oluşmuş haliçlerle kıyas edilirse Haliç'teki akıntı rejimi oldukça dinamiktir. Bu durum, tuzlulukları dolayısıyla yoğunlukları oldukça farklı olan Akdeniz ve Karadeniz orijinli suların aktığı İstanbul Boğazın ile bağlantısından ve atmosferik şartlardan kaynaklanmaktadır. Boğaz üst akıntısını oluşturan Karadeniz suyu ve alt akıntıyı oluşturan Akdeniz orijinli Marmara alt suyu Haliç'e girmektedir ve Haliç'e giren bu üst ve alt sular 20-30 metreler arasında karışarak Boğaz'a doğru çıkarken bazen de ortadan Haliç'e giren su üst ve alttan Haliç'i terk etmektedir.

Eskiden kirlilik nedeniyle üç tabakalı yapıda olan Haliç'te, son zamanlarda çok yağış alan aylar hariç iki tabakalı bir yapı gözlenmektedir. Galata Köprüsünün dubalı sistemden kazıklı sisteme döndürülmesi ve sonradan Balat civarına nakledilerek Haliç'i bir uçtan bir uca geçecek şekilde bütün olarak yerleştirilen Valide Sultan Köprüsü'nün orta kısmının açılması Haliç'i sirkülasyona açmış bulunmaktadır. Haliç'te akıntı, fiziksel engeller kaldırıldıktan sonra, yer yer 25-30 cm/s lik hızlara ulaşmakta ve bir günden daha kısa bir zaman diliminde de yenilenebilmektedir.

KAYNAKLAR

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.

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.

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. Publication number 951-6069-00, second ed.

KOR N. (1963): Haliç'in Kirlenmesi ile İlgili Durumların Etüdü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul. 197 s.

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

ÖZSOY E., OĞUZ T., LATİF M.A., ÜNLÜATA Ü., SUR H.İ. VE BEŞİKTEPE Ş. (1998): 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.

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

SUR H. İ., E. OKUŞ, K.C. GÜVEN, N. KIRATLI, A. YÜKSEK, A. UYSAL, S. ÜNLÜ, H. ALTIOK, S. TAŞ, A. ASLAN, N. YILMAZ, A. E. MÜFTÜOĞLU (2001b), Su Kalitesi İzleme Çalışması 1. Gelişme Raporu (Ocak, Şubat, Mart 2001), (Sunulan Kuruluş: İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü).

SUR H. İ., E. OKUŞ, K.C. GÜVEN, N. KIRATLI, A. YÜKSEK, A. UYSAL, S. ÜNLÜ, H. ALTIOK, S. TAŞ, A. ASLAN, N. YILMAZ, A. E. MÜFTÜOĞLU, K. ÇETİNTÜRK (2002a), Su Kalitesi İzleme Çalışması 2. Gelişme Raporu (Nisan, Mayıs, Haziran 2001), (Sunulan Kuruluş: İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü).

SUR H. İ., E. OKUŞ, K.C. GÜVEN, N. KIRATLI, A. YÜKSEK, A. UYSAL, S. ÜNLÜ, H. ALTIOK, S. TAŞ, A. ASLAN, N. YILMAZ, A. E. MÜFTÜOĞLU, K. ÇETİNTÜRK (2002b), Su Kalitesi İzleme Çalışması 3. Gelişme Raporu (Temmuz, Ağustos, Eylül 2001), (Sunulan Kuruluş: İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü).

SUR H. İ., E. OKUŞ, K.C. GÜVEN, N. KIRATLI, A. YÜKSEK, A. UYSAL, S. ÜNLÜ, H. ALTIOK, S. TAŞ, A. ASLAN, N. YILMAZ, A. E. MÜFTÜOĞLU, K. ÇETİNTÜRK (2002c), Su Kalitesi İzleme Çalışması 4. Gelişme Raporu (Ekim, Kasım, Aralık 2001), (Sunulan Kuruluş: İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü).

SUR H. İ., E. OKUŞ, K.C. GÜVEN, N. KIRATLI, A. YÜKSEK, A. UYSAL, S. ÜNLÜ, H. ALTIOK, S. TAŞ, A. ASLAN, N. YILMAZ, A. E. MÜFTÜOĞLU, K. ÇETİNTÜRK

(2002d), Su Kalitesi İzleme Çalışması Final Raporu (2001 senesi), (Sunulan Kuruluş: İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü).

SUR H. İ., E. OKUŞ, K.C. GÜVEN, N. KIRATLI, A. YÜKSEK, A. UYSAL, S. ÜNLÜ, H. ALTIOK, S. TAŞ, A. ASLAN, N. YILMAZ, A. E. MÜFTÜOĞLU, K. ÇETİNTÜRK (2002e), Su Kalitesi İzleme Çalışması 1. Gelişme Raporu (Ocak, Şubat, Mart 2002), (Sunulan Kuruluş: İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü).

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.



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

