

# İSTANBULU ÇEVRELEYEN SULARIN UYDU VERİLERİ İLE ZAMANA BAĞLI SU KALİTESİ DEĞİŞİM ANALİZİ

H.Gonca Coşkun\*, Uğur Algancı

\* İTÜ, İnşaat Fakültesi, 34368 Maslak İstanbul, Türkiye - (gonca, alganci)@itu.edu.tr

**ANAHTAR KELİMELEER:** *Su Kalitesi, Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemi, Uydu Verileri, Sınıflandırma,*

## ÖZET:

İstanbul, Dünyanın en eski yerleşim merkezlerinden ve doğal güzellikleri, tarihi önemi açısından vazgeçilmez değerlerinden birisidir. Şehrin hızla artan nüfusunun su kalitesine etkisini güncel teknolojilerden biri olan Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi ile incelemek amacıyla yürütülen çalışmada, İstanbul Boğazı'nın zamana bağlı su kalitesi değişim analizi; 1992 tarihli Landsat TM, 2000 tarihli IRS-LISS, 2001 tarihli Landsat ETM uydu verileri ile gerçekleştirilmiştir. Uygun band kombinasyonunda ele alınan uydu verileri, tüm arıtma ve deşarj bilgilerini barındıran yersel veriler ve ölçmelerle bir arada ele alınarak, birçok görüntü zenginleştirme ve kontrollü sınıflandırma yöntemleri uygulaması gerçekleştirilmiştir. Kontrollü sınıflandırma sonuçlarına, İSKİ tarafından sağlanan ve tüm deşarj çıkışlarını, ön arıtma tesislerini, biyolojik arıtma tesislerini ve ilk deniz deşarjlarını gösteren vektör veri giydirilerek, sınıflandırma sonuçlarının yersel verilerle uyumu irdelenmiştir. Bu çalışmanın sınıflandırma sonuçlarında, arıtmaya tabi tutulan deşarj çıkışlarının sıralaması esas alınarak, biyolojik arıtma tesisleri, ön arıtmalar, doğrudan deniz deşarjları farklı renklerle gösterilmiştir.

## ABSTRACT:

Istanbul is one of the most important city of the world with its natural beauties and historic importance. The aim of study is to determine effects of rapid urbanization over water quality by means of Remote Sensing and Geographical Information System. In order to analyse water quality changes in Bosphorus, 1992 dated Landsat TM, 2000 dated IRS-LISS and 2001 dated Landsat ETM satellite images are used. These images, at appropriate band combination, are enhanced and classified with supervised classification method with the use of ground measurements and ground truth data including refinement and discharge information. Vector data that shows the discharge points and refinement facilities is opened with classified images according to analyse the conformity of classification results with ground truth data. In the classification results of this study, the order of refined discharges is taken into account and biological refinement facilities, pre refinement facilities and direct discharges are shown with different colors.

## 1. GİRİŞ

İstanbul, Dünyanın en eski yerleşim merkezlerinden ve doğal güzellikleri, tarihi önemi açısından vazgeçilmez değerlerinden birisidir. Şehrin coğrafi konumu ve topoğrafik yapısının engebeli, sırtların denize dik konumda olması yağmur sularının ve atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjı açısından önemli ölçüde avantaj ve aynı zamanda dezavantajlar sağladığı bilinmektedir. Bu durum arıtmanın gerekmediği en eski tarihlerde kanalizasyon hizmetlerini oldukça kolaylaştırmıştır. Son yıllardaki hızlı nüfus artışı beraberinde altyapı ihtiyacını da getirmiştir. En büyük altyapı ihtiyaçlarından biri de atıksuların toplanarak arıtıldıktan sonra uzaklaştırılmasıdır. Çevresi sularla kaplı olan İstanbul'da da diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi şehrin evsel ve sanayi atıkları kısmen arıtmaya tabi tutulmakta, kirli suların büyük bir kısmı ise İstanbul çevresindeki sulara doğrudan boşaltılmakta idi. İSKİ 1996 yılında başlayarak 2001 yılı sonuna kadar kontrol altına alınan atıksuların oranını % 80'e yükseltmiştir. İstanbul suları açık ve gizli evsel ve sanayi atıkları, gemilerin boşalttığı sintine suları, kirli dereler ve erozyon toprakları taşıyan yağış suları ile taşınan askıda katı maddelerle olumsuz etkilenebilmektedir. Bunların dışında, hidrolojik havzadaki tarım sahalarından taşınan azot ve fosfor bileşikleri bakımından zengin sulama suyu sızıntıları, gemi sökümleri, sahil doldurmaları ve katı atık

boşaltılması gibi kirlenici kaynaklar su kalitesini bozan etkenler arasında sayılabilir.

Günümüzde uydu verilerinin sağladığı olanaklarla, çevre sorunları arasında güncelliğini koruyan zamana bağlı su havzalarındaki yapılaşma ve su kalitesi değişim analizleri hızlı ve doğru olarak gerçekleştirilebilmektedir. Özetle farklı tarihlerdeki sayısal uydu verilerinin, Görüntü İşleme Sistemi'nde işlenmesi, sınıflandırılması sonucu İstanbul sularının su kalitesi ve hidrodinamik yapısı, değişiminin izlenmesi mümkün olmaktadır. Su ortamındaki hayat, ortamdaki sıcaklığın, çözünmüş oksijen konsantrasyonunun, pH değerinin, suyun renginin, askıdaki ve toplam katı madde konsantrasyonunun, alkalitenin, besi maddesi konsantrasyonlarının, metal bileşiklerinin ve diğer fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin etkisi altındadır. Bu sayılan su kalitesini belirleyici özellikler içinde çözünmüş oksijen konsantrasyonu dışındaki tüm özellikleri uzaktan algılama yöntemleri ile belirlemek mümkündür (Coşkun, 1992, Coşkun ve Örmeci, 1994).

Bu makalede "Uydu Verileri İle İstanbul Boğazı'nın Kirlilik ve Hidrodinamik Yapısı, Ömerli Barajı Su Havzası'nın ve İstanbul'un Su Havzalarının Zamana Bağlı Değişim Analizleri" isimli, İSKİ tarafından İTÜ'ne yaptırılmış olan Proje ele

\* Corresponding author. H. Gonca Coşkun.

alınarak, çalışma açıklanmaktadır. Proje alanı olarak İstanbul'u çevreleyen tüm su sular kapsamı içine alan, bölge ele alınmıştır.

Bu makalede 1992 tarihli Landsat-5 TM, 2000 tarihli IRS-LISS, 2001 tarihli Landsat-5 ETM uydu verileri ile zamana bağlı İstanbul Boğazı'ndaki su kalitesi ve hidrodinamik yapı esas alınarak çalışılmıştır. Yer doğruluklu veriler (yersel ölçme verileri) olarak adlandırılan; belirli istasyon noktalarında ölçülen kirletici hidrokimyasallar, deşarj çıkışları, iyileştirme çalışmaları olarak bilinen arıtma ve kolektörler gibi bilgiler birlikte ele alınarak Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımları ile araştırma yürütülmüştür.

## 2. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLER

Projedeki çalışma alanı olarak İstanbul Boğazı ve İstanbul'u çevreleyen tüm su sular kapsamı içine alan, coğrafi koordinatları 40° 60' ve 41° 70' kuzey enlemleri, 28° 00' ve 30° 00' doğu boylamları ile tanımlanan sularla kaplı bölge ele alınmıştır.

Çalışma alanı olarak Şekil 1.'de gösterildiği gibi İstanbul'u çevreleyen tüm sulardan oluşmuş bölge ele alınmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanını gösteren Landsat TM uydu görüntüsü.

Çalışmada Landsat-5 TM, IRS-LISS ve Landsat-7 ETM sayısal uydu verileri kullanılmıştır.

Çalışmada; 1/25 000, 1/5 000 ölçekli çalışma alanını içeren sayısal haritalar vektör olarak bilgisayar ortamında, görüntülerin düşeye çevrilebilmesi amacı ile ve 1996 tarihli hava fotoğraflarından hazırlanmış 1/5000'lik ortofotolar ise yakın tarihli uydu verilerinin kontrollü sınıflandırılmasında yer doğruluklu veri olarak ele alınmıştır. Su kalitesi belirleme çalışmalarında görüntülerin yorumlanabilmesi için görüntülerle aynı tarihli olan, İSKİ tarafından her yıl yaptırılmakta olan "Su Kalitesi İzleme Çalışması Sonuç Raporları"ndan ve çeşitli yayınlardan yararlanılmıştır.

Uzaktan algılama çalışmaları, incelenen bölgenin uygun tarihli yersel ve uydu verileri ile kombine olarak izlenmesi ile mümkündür. Her türlü sanayi ve evsel atıkların boşaltıldığı İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'ne boşaltılan deşarjlar ve Boğaz'ın hidrodinamik yapısı çalışmada kullanılan uydu verileri ile bir arada ele alınarak incelenmiştir. İSKİ'ye yapılan projelerden uydu verilerinin algılandığı tarihler taranarak arıtma

tesisleri ve bilgileri sağlanmıştır (İSKİ, 2001, ODTÜ/DBE, 1986)

## 3. UYDU VERİLERİNİN İŞLENMESİ VE KULLANILAN YAZILIM VE DONANIM

Sayısal uydu verilerinin görüntülere dönüştürülerek işlenebilmesi amacı ile özel yazılım ve donanım içeren bilgisayarlar Görüntü İşleme Sistemleri (Image Processing System) olarak adlandırılır. Çalışmanın uygulama aşaması ERDAS Imagine 8.6 görüntü işleme yazılımı, MAPINFO 7.5 Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.1 Görüntülerin okutulması ve UTM Projeksiyon Sistemine Çevrilmesi

Uydu verileri çalışmanın amacına uygun olan projeksiyon sistemine dönüştürülerek kullanılır. Sayısal uydu verileri ile oluşturulan uydu görüntülerinde, yeryüzünün yükseklikleri nedeni ile geometrik düzeltmeye gereksinim duyulur. Bir başka tanımla; üç boyutlu olan yeryüzü farklı özellikte tarayıcılarla uydulardan algılanır. Algılanan sayısal veriler iki boyutludur. Üç boyutlu yeryüzünün iki boyutlu ve üzerinde ölçme yapılabilecek özellikteki bir projeksiyon sistemine dönüştürülmesi gerekir.

Bu çalışmada projeksiyon sistemi olarak; ele alınan uydu verisinin geometrik çözünürlüğüne bağlı olarak 1/25 000 ölçekli Standart Topoğrafik Projeksiyon sistemi olan UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyon sisteminde hazırlanmış sayısal haritalar kullanılmıştır. Düşeye çevrilmiş görüntü koordinatları ve buna karşılık gelen referans koordinatları arasındaki dönüşümün doğruluğu RMS (karesel ortalama hata) yöntemi ile test edilerek, referans noktaları ile görüntü koordinatları arasındaki dönüşüm 0.1 ile 0.5 piksellik karesel ortalama hata ile gerçekleştirilmiştir.

### 3.2 Görüntülerin Sınıflandırılması

Her bir yüzey elemanı üzerine gelen ışığı farklı oranlarda yansıtır, yutar ve geçirir. Uydu verilerinden elde edilen farklı kanallardaki sayısal verilerin, türleri gösteren görüntülere dönüştürülmesi uzaktan algılamanın kavramsal yöntemleri ile işlenmesi sonucunda elde edilir. Bir multispektral görüntüde her piksel uzay koordinatları olan x, y ve spektral koordinata karşılık gelen dalga uzunluğu ile tanımlanmaktadır. Farklı kanallardaki aynı cisime karşılık gelen, her bir kanalda farklı yansıtma değerine sahiptir. Cisim üzerine gelen ışık ışını cismin yapısına bağlı olarak yansıtma, geçirilme ve yutulma değerleri vermektedir. Spektral piksel ölçümlerinin her bir sınıf için vektörlerin bir kümesi olması nedeni ile sınıflandırma sırasında iki kanaldan fazlasına gereksinim duyulur. Sınıfların birbirleri ile olan korelasyonlarının belirlenerek her bir pikseli en yakın olduğu kümeye atayarak türlerin belirlenebilmesi için başta "Bayes Teoremi" olmak üzere pek çok hesap ve istatistik yöntem uygulanmaktadır ( Coşkun, 2001, Bhargava ve Miriam, 1991).

Sınıflandırma işlemi sırasında, görüntü işleyici görüntü verisinde yersel ölçümlere dayalı örnekleme bölgeleri seçiyor ve daha önce belirlenmiş olan spektral özelliklerden yararlanarak sınıflandırma işlemini yönetiyor veya etkiliyor ise bu sınıflandırma işlemine "Kontrollü Sınıflandırma" denir. Kontrollü sınıflandırmanın bir alternatifi ise sınıflandırma

sürecinde; çok sayıdaki hangi sınıfa dahil olacağı bilinmeyen piksellerin görüntü verisindeki doğal gruplaşmalarını irdeleyen algoritmaların kullanıldığı “Kontrolsüz Sınıflandırma” yöntemidir (Lathrop ve Lillesand, 1996). Bu çalışmada her iki yöntemde ele alınmıştır. Her iki sınıflandırma yönteminde de temel amaç pikseli sahip olduğu yansıtma değerine göre yeryüzünde o piksele karşılık gelen türün oluşturduğu kümelere atamaktır. Sınıflandırma aşamasının doğru yapılabilmesi için uydu verileri ile yakın tarihli, su havzalarındaki yapılaşmayı veren ortofotolar, İstanbul Boğazına ait su kalitesi ölçme sonuçları, evsel ve sanayi atıklarının sulara boşaltıldığı noktalarındaki künklerin çapı ve bu noktaları gösteren haritalar ve bilgiler İSKİ tarafından temin edilmiştir. Çalışma alanına gidilerek gerekli incelemeler yapılmıştır. Çalışma 1992, 2000 ve 2001 tarihli olması nedeni ile geçmişe yönelik mekansal verilerin tespitinde güçlükler yaşanmıştır. Bu güçlükler, özellikle yerleşim analizi çalışmalarında 1996 tarihli ortofotolar ve daha eski görüntülerde mevcut olan yapılara bağlı deşarj çıkışları tespit edilerek aşılmıştır.

#### 4. İSKİ ATIKSU PROJELERİNİN MEVCUT DURUMU

İSKİ 1996 yılında başlayarak 2006 yılı sonuna kadar kontrol altına alınan atıksuların oranını % 90'e yükseltmiştir. İSKİ'nin gerçekleştirdiği çalışmalar arasında bulunan **Ataköy Biyolojik Arıtma Tesisi** 1996 yılında tamamlanmış olup, hali hazırda bir eğitim merkezi olarak kullanılmaktadır.

Haliç Mega Çevre Projesi kapsamındaki Kollektörler vasıtasıyla Haliç'e direk verilen atıksular toplanarak, **Baltalımanı Ön Arıtma Tesisi ve Deniz Deşarjı** 1997 yılında bitirilerek hizmete alınmıştır. **Tuzla Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi ile Deniz Deşarj Hattı** inşaatı 1998 yılında tamamlanarak hizmete alınmıştır.

**Büyükçekmece Ön Arıtma Tesisi ve Deniz Deşarj** inşaatı 1998 yılında bitirilerek hizmete alınmış ve İstanbul'un içmesuyu kaynağı olan Büyükçekmece Barajı kirlenme tehdidinden kurtarılmıştır. Özellikle **Paşaköy Biyolojik Arıtma Tesisi'nin** 22 Mart 2000 tarihinde hizmete girmesiyle, İstanbul'un su ihtiyacının % 50'sinin karşılandığı Ömerli Barajı belirli ölçüde kirlilikten arındırılmıştır. Terkos Gölü'nü kirlenmekten koruyacak olan, **Terkos Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi'nin** inşaatı ise 2000 yılında bitirilerek hizmete alınmıştır.

İstanbul'da 9400 km atıksu toplama şebekesi mevcut olup, arıtmadan geçirildikten sonra denize deşarj edilen atıksu miktarı toplam üretilen atıksuyun % 80-85'ine ulaşmıştır. İşletme halinde olan atıksu arıtma tesis sayısı 9 olup, 4 adedi ön arıtma (Yenikapı, Baltalımanı, Üsküdar, B.Çekmece.), 3 adedi biyolojik (Ataköy, Tuzla, Adalar) ve geri kalan 2 adedi ise ileri arıtma (Paşaköy ve Terkos) sistemleridir (Coşkun, 2006).

Tablo 1'de İstanbul'da mevcut atıksu arıtma tesislerinin hizmete giriş yılları, kurulu kapasiteleri ve 2001 yılı bazında günlük atıksu arıtma miktarları verilmektedir.

Tesisin Adı	Hizmete Giriş Yılı	Kapasite (m <sup>3</sup> / gün)	2001 Yılı Günlük Arıtılan Ort. Atıksu
1.Yenikapı Arıtma Tesisi ve	Ön 1988	873.00	502.414

Deniz Deşarjı				
2.Üsküdar Arıtma Tesisi ve Deniz Deşarjı	Ön 1992	77,760	31.757	
3.Ataköy Biyolojik Arıtma Tesisi	1996	7,650	6.193	
4.Baltalımanı Ön Arıtma Tesisi ve Deniz Deşarjı	Ön 1997	625,000	421.685	
5.Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi ve Deniz Deşarjı	1998	150,000	250,018	
6. Büyükçekmece Ön Arıtma Tesisi ve Deniz Deşarjı	1998	155,120	46.249	
7. Adalar + Deniz Deşarjı	1997-1999	27.648	12.917	
8.Paşaköy Biyolojik Arıtma Tesisi	2000	125,000	76.508	
9.Terkos Biyolojik Arıtma Tesisi	2000	1,730	992	

Tablo 1. İstanbul Atıksu Arıtma Tesisleri ve Kapasiteleri

İsim	Hizmete girdiği yıl	Derin deniz deşarjı (m)	Boru Çapı (mm)	Derinlik (m)
1. Yenikapı	1988	2,360	2x Ø1600	- 60
2. Üsküdar	1992	275	Ø1200	- 47
3. Baltalımanı	1997	700	2 x Ø1727	- 70
4. Tuzla	1998	2,203	Ø2200	- 46
5.B.Çekmece	1998	1,803	Ø1600	- 40
6. Büyükada	1989	2,200	Ø600	- 62
7..Burgazada P2	1988	890	Ø315	- 30
8.Kınalıada	1997	1,100	Ø315	- 52
9.Heybeliada	1999	1,020	Ø450	- 62
Toplam		12,551		

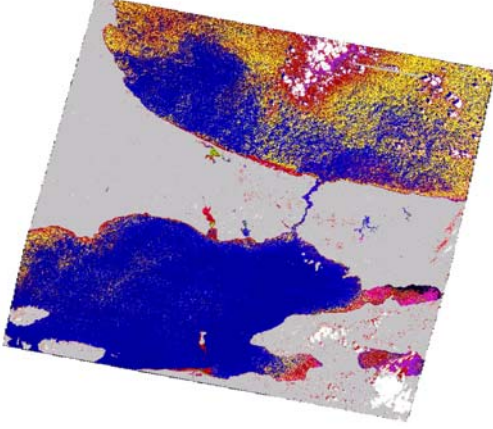
Tablo 2. İstanbul'daki deniz deşarj sistemleri hakkında bilgiler.

#### 5. UYDU VERİLERİ İLE İSTANBUL BOĞAZI' NIN ZAMANA BAĞLI SU KALİTESİ DEĞİŞİM ANALİZİ

İstanbul Boğazı'nın zamana bağlı su kalitesi değişim analizi; 1992, 2000 ve 2001 tarihli Landsat-5 TM uydu verilerinin yersel veriler ve ölçmelerle birleştirilerek, birçok görüntü zenginleştirme ve sınıflandırma yöntemleri uygulaması ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma'da, Tablo 1'de gösterilen, arıtmaya tabi tutulan deşarj çıkışlarının sıralaması esas alınarak, biyolojik arıtma tesisleri yeşil ok ile, ön arıtmalar kırmızı ok ile gösterilmiştir. Bu tesislerden, biyolojik arıtma sonrası deniz deşarj sistemine verilenlerin rakamları mavi renk ile benzer şekilde bu tesislerden, ön arıtma sonrası deniz deşarj sistemine

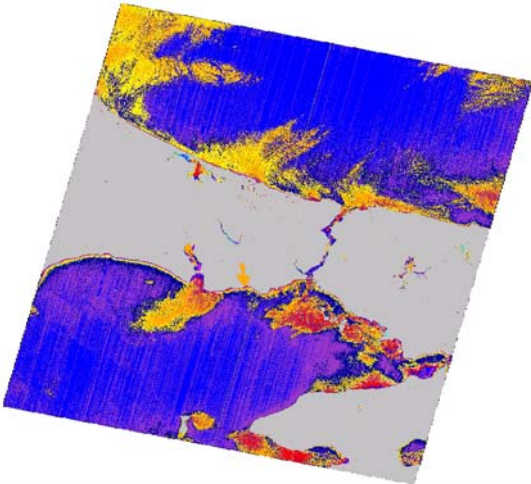
verilenlerin rakamları da yine mavi renk ile gösterilmektedir (Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4).

İstanbul Metropolü'nde, Avrupa'nın en kalabalık şehirlerinden birisi olarak yaklaşık 16 milyon insan yaşamaktadır. Nüfustaki hızlı artış beraberinde su kirliliği problemlerini de getirmiştir. İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'ne arıtmaya tabi tutulmamış pek çok deşarj doğrudan boşaltılmaktaydı. Bu deşarjlardan birçoğu, Tablo 1'de gösterildiği gibi 1998 yılından başlayarak 2001 yılına kadar kurulan atıksu arıtma tesisleri ile kontrol altına alınmıştır.



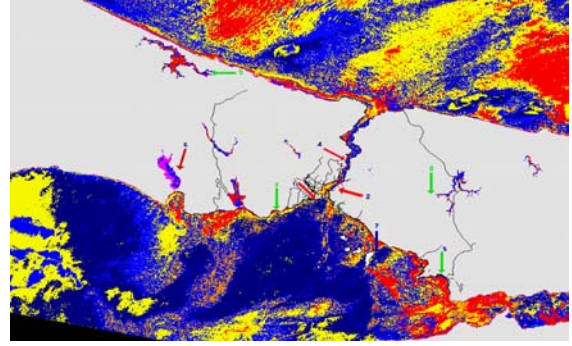
Şekil 2. 1992 tarihli Landsat-5 TM uydu verisi ile İstanbul'un tüm su alanları'nın kontrollü sınıflandırma yöntemine göre oluşturulmuş su kalitesi görüntüsü

İstanbul Boğazı'nın üç farklı tarihli ve farklı uydu verileri ile kontrollü sınıflandırma yöntemine göre oluşturulmuş, su kalitesinin çalışıldığı sonuç görüntülerinden Şekil 2.'de 11 Temmuz 1992 tarihli Landsat-5 TM uydu verileri ile kontrollü sınıflandırma yöntemine göre oluşturulmuş olan görüntü yorumlandığında; Karadeniz'den Tuna Dinyeper ve Dinyester Nehirlerinin taşıdığı sedimentler, Tablo 2.'de verilen tüm deşarj çıkışları, 1992 yılında oldukça kirli olan Haliç'in farklı su yapısı izlenmektedir.



Şekil 3. 2000 tarihli IRS - LISS uydu verisi ile İstanbul'un tüm su alanları'nın kontrolsüz sınıflandırma yöntemine göre oluşturulmuş su kalitesi görüntüsü

Şekil 3. te gösterilen İstanbul Boğazı'nın 26 Temmuz 2000 tarihli IRS LISS sayısal uydu verileri ile kontrollü sınıflandırma yöntemine göre oluşturulmuş olan sonuç görüntüsü yorumlandığında yine Tablo 2. de verilen tüm deşarj çıkışlarının bu noktalarda kirliliğe karşılık gelen kırmızı, sarı, turuncu, limon küfü ve bordo renkleri ile izlendiği görülmektedir. Bu görüntüde yıllara bağlı kirliliklerin arttığı belirgindir. Görüntüdeki önemli bulgulardan birisi; Ahırkapı Derin Deniz Deşarjı'ndan dip akıntıya verilen atıksularının yine; Ahırkapı açıklarında akıntı yönünde sürüklenen kırmızı renklerle izlenmesi ve görüntünün algılandığı tarihte faaliyetini sürdüren Kuzey Haliç Kuşaklama Kollektörü'nün Baltalimanı Derin Deniz Deşarjı'ndan ön arıtmaya tabi tutularak dip akıntıya verilmesinin sonucu; Baltalimanı açıklarında havuz etkisi ile izlenmesidir. Bu durumun araştırılması önerilmektedir. Ataköy Biyolojik Arıtma Tesisi ve Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi'nin olumlu etkileri su kalitesini belirlemek amacı ile çalışılmış görüntüde belirgindir.



Şekil 4. 2001 tarihli Landsat-7 ETM uydu verisi ile İstanbul'un tüm su alanları'nın kontrollü sınıflandırma yöntemine göre oluşturulmuş su kalitesi görüntüsü

İstanbul Boğazı'nın 4 farklı tarihli ve farklı uydu verileri ile kontrollü sınıflandırma yöntemine göre oluşturulmuş su kalitesinin çalışıldığı sonuç görüntülerinden Şekil 4.'te 2 Mayıs 2001 tarihli Landsat-7 ETM uydu verileri ile kontrollü sınıflandırma yöntemine göre oluşturulmuş olan görüntü yorumlandığında; Karadeniz'den Tuna Dinyeper ve Dinyester Nehirlerinin taşıdığı sedimentler, Tablo 2'de verilen tüm deşarj çıkışları görüntüden izlenmektedir. Ayrıca, yine bu görüntüden 2001 yılından önce devreye alınan 1.Yenikapı Ön Arıtma Tesisi ve Deniz Deşarjı, 2.Üsküdar Ön Arıtma Tesisi ve Deniz Deşarjı, 3.Ataköy Biyolojik Arıtma Tesisi, 4.Baltalimanı Ön Arıtma Tesisi ve Deniz Deşarjı, 5.Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi ve Deniz Deşarjı, 6.Büyükçekmece Ön Arıtma Tesisi ve Deniz Deşarjı, 7.Adalar + Deniz Deşarjı, 8.Paşaköy Biyolojik Arıtma Tesisi, 9.Terkos Biyolojik Arıtma Tesisleri' nin olumlu etkileri de izlenmektedir.

Bu çalışmalarda, ön arıtma ve derin deniz deşarjı sistemlerine sahip bölgelerde, ön arıtmadan sonra dip akıntıya verilen suyun yüzeye çıktığı ve deniz suyundan farklı bir kalitede su olarak görüntüde daha belirgin olarak izlenmektedir.

Görüntüdeki önemli bulgulardan birisi; Ahırkapı Derin Deniz Deşarjı'ndan dip akıntıya verilen atıksularının yine; Ahırkapı açıklarında akıntı yönünde sürüklenmesi kırmızı ve sarı renklerle izlenmektedir. Bu durumun araştırılması önerilmektedir.

## 6. SONUÇLAR

Bu makalede İ.T.Ü tarafından İSKİ'ye teslim edilen "Uydu Verileri İle İstanbul Boğazı'nın Kirlilik ve Hidrodinamik Yapısının Değişim Analizleri" isimli proje ele alınmıştır.

Yer doğruluklu veriler (yersel ölçme verileri) olarak adlandırılan; deşarj çıkışları, iyileştirme çalışmaları olarak bilinen arıtma ve kolektörler gibi bilgiler birlikte ele alınarak Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımları ile yürütülmüştür.

Günümüzde, uzay bilimlerinin en önemli disiplinlerinden birisi olan uzaktan algılama, gelişimini büyük bir hızla sürdürmekte, farklı geometrik, spektral ve radyometrik çözünürlüklü uydu verilerine bağlı olarak uygulama alanlarına bir yenisini eklemektedir. Çalışmanın özelliğine göre güncelleştirme kapsamında belirli zaman aralıkları ile uydu verisine ulaşılabilmesi, zamana bağlı değişimleri izleyebilme olanağı sunabilmektedir.

Bu çalışmada, 1992 tarihli Landsat-5 TM, 2000 tarihli IRS-LISSve 2001 tarihli Landsat-7 ETM uydu verileri ile zamana bağlı İstanbul Suları'ndaki su kalitesi ve hidrodinamik yapı esas alınarak çalışılmıştır. Yer doğruluklu veriler (yersel ölçme verileri) olarak adlandırılan; belirli istasyon noktalarında ölçülen kirlenici hidrokiyasallar, deşarj çıkışları, iyileştirme çalışmaları olarak bilinen arıtma ve kolektörler gibi bilgiler birlikte ele alınarak, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımları ile araştırma yürütülmüştür. .

Su kalitesi çalışmaları; su havzaları baraj sularını ve tüm İstanbul sularını 1992, 2000 ve 2001 tarihleri ele alınarak izleme imkanını vermiştir. Çalışma alanındaki sularda sediment izlenmesi, su kalitesinin belirlenmesinde uydu verilerinden yararlanılacağı sonucunu göstermiştir. Bu makale; su kalitesinde, yıllara bağlı tüm İstanbul sularını uydu verileri ile izleme imkanını vermiştir.

### 6.1 Referanslar

Bhargava, D.S. ve Mariam,D.W., 1991. Effect of suspended particle size and concentration on reflectance measurement. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 57 (5), pp. 519-529.

Coşkun H.G., 1992. Uydu Veriler İle İstanbul Boğazı Ve Haliç'te Su Kirliliğinin Makro Düzeyde Belirlenmesi. İTÜ Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi.

Coşkun H.G. ve Örmeci C., 1994. Water Quality Monitoring in Haliç (Golden Horn) Using Satellite Imagery. *EARSeL Workshop on Remote Sensing and GIS for Coastal Zone Management*, Delft, Holland, 25 October, pp. 84-93.

Coşkun H.G. , 2001. İSKİ Projesi, Uydu Verileri İle İstanbul Boğazı'nın Kirlilik ve Hidrodinamik Yapısı, Ömerli Barajı Su Havzasının ve 92-93 Tarihleri Arasındaki İstanbul'un Su Havzalarının Zamana Bağlı Değişim Analizleri.

Coşkun H.G. , 2006. İSKİ Projesi, Uydu Verileri İle İstanbul Boğazının Kirlilik ve Hidrodinamik Yapısı, İçmesuyu Barajları İle Su Havzalarının Su Kalitesi ve Yerleşim Analizlerinin Tesbiti.

İSKİ, 2001. 2000 Yılı Faaliyet Raporu. İstanbul.

Lathrop, R.G.Jr. and Lillesand, TM, 1996. Utility of thematic mapper data to asses water quality in Southern Green Bay and West and West Central Lake Michigan, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 52, pp. 671-680.

ODTÜ/DBE, 1986. İstanbul Kanalizasyon Projesi Atık Su Sistemlerinin İşletme Öncesi ve Sonrası İzlenmesi Deniz Çalışmaları I. Ara Rapor Ocak.

ODTÜ/DBE, 1986. İstanbul Kanalizasyon Projesi Atık Su Sistemlerinin İşletme Öncesi ve Sonrası İzlenmesi Deniz Çalışmaları Bulgu Raporu Kasım.