

İstanbul metropolitan alanındaki hızlı kentleşmenin su havzalarına olan etkilerinin incelenmesi

Abdurrahman GEYMEN¹, Mehmet KÜÇÜKMEHMETOĞLU², İbrahim BAZ¹

¹ Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü

² Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü

Özet

İstanbul İli 5.512 km² olan yüzölçümü ile Türkiye yüzey alanının %0,97'sine sahiptir. 1980 yılında 4 milyon olan nüfus, 2000 yılında yaklaşık 10 milyon kişiyi bulmuştur. İllerin cari fiyatlarla Türkiye gayri safi yurtiçi hasıla içindeki payına göre yapılan sıralamada İstanbul % 21,3 pay ile birinci sırada yer almaktadır. Son 20 yıl içerisinde İstanbul Metropolitan Alan içerisinde, nüfus ve ekonomik faaliyetlerin bu oranda yoğunlaşması, gerek doğal kaynaklar üzerinde gerekse kentsel alanda sosyal ve çevresel altyapı üzerinde giderek artan baskı oluşturmaktadır. Metropolitan alan içerisindeki hızla artan bu baskılar, su havzalarını etkilemekte ve havzaların su kalitesine negatif etki yapmaktadır. Söz konusu baskıların ve karmaşık etkileşimler sonucu ortaya çıkan sorunların giderilmesi için kentin sağlıklı bir bölgesel merkez olarak sürdürülebilir bir şekilde gelişmesi ve izlenmesi esastır. Bu çalışmada, Uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak, Landsat TM (1995-2005) uydu görüntülerinden yararlanılarak, Metropolitan alan içerisindeki su havzalarındaki değişim incelenmiştir. Su havzalarına ait raster veriler vektör verilere dönüştürülerek, 10 farklı arazi kullanım kategorisi belirlenmiştir. Bu kategorilerdeki değişimler, CBS teknikleri kullanılarak, analizler yapılmak suretiyle elde edilmiştir. Analiz sonuçlarının, daha doğru ve hızlı elde edilip raporlanması için ArcGIS 9.1 platformunda yazılım geliştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, gelecekte sürdürülebilir bir kent planlamasına, su kaynaklarının geliştirilmesi ve yönetilmesine temel oluşturacaktır.

Anahtar Kelimeler: İstanbul, Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Su havzaları, Kentleşme.

The spatial impacts of rapid urbanization on the limited surface water resources in Istanbul

Abstract

This paper presents the land use changes in the water resource basins providing water to the Istanbul Metropolitan Area. Using four consecutive Landsat images between 1995 and 2005, the changes in 10 different land use categories are obtained via overlay operations by GIS for 12 major water resource basins surrounding the City of Istanbul. It has been observed that the most critical land use changes are in the nearest basins to the city. It has also been observed that large public capital improvement projects such as Trans-European Motorway (TEM) contributed to the trend of illegal occupation of these public lands; however it should not be considered as the sole reason. The capability of Landsat images in determining the alterations in the macro form of the city are

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Abdurrahman GEYMEN ageymen@gyte.edu.tr; Tel: (262) 605 31 60.

also discussed. Finally, possible policy implications are put forward for the preservation of water resource basins in Istanbul.

Keywords: *Istanbul, remote sensing, geographical information system, water basin, urbanization .*

Giriş

İstanbul İli 5.512 km² olan yüzölçümü ile Türkiye yüzey alanının %0,97'sine sahiptir. İlde 2000 nüfus sayımına göre yaklaşık 10 milyon kişi yaşamaktadır. Bu nüfus, Türkiye toplamının yaklaşık %15'ine ve Marmara Bölgesi'nin %58'ine denk gelmektedir (DİE, 2000). Ortalama nüfus yoğunluğu km² ye 1.180 kişidir. İllerin cari fiyatlarla Türkiye Gayri Safi Yurtiçi Hasıla içindeki payına göre yapılan sıralamada İstanbul % 21,3 pay ile birinci sırada yer almaktadır (DPT, 2001). Sınırlı bir alanda, nüfus ve ekonomik faaliyetlerin bu oranda yoğunlaşması, gerek doğal kaynaklar üzerinde gerekse kentsel alanda sosyal ve çevresel altyapı üzerinde giderek artan baskı oluşturmaktadır. Söz konusu baskıların ve karmaşık etkileşimler sonucu ortaya çıkan sorunların giderilmesi, kentin sağlıklı bir bölgesel merkez olarak sürdürülebilir bir şekilde gelişmesi esastır. Sürdürülebilirlik, kentteki yaşam kalitesinin iyileştirilmesi ile bu kaliteyi de destekleyen ve kenti besleyen doğal kaynakların korunması temel alır. Su, kentlerin çevresel sürdürülebilirliği kapsamında, değerlendirmeye alınan en önemli doğal kaynaklarından birisidir.

İstanbul'da bulunan başlıca su havzaları Ömerli, Elmalı, Küçükçekmece, Büyükçekmece, Alibeyköy, Terkos, Sazlıdere ve Darlık'dır. Bu havzalar, İstanbul'un alanının yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır. Havzalar içerisinde çok sayıda dere yatağının bulunması ve sanayilerin bunları su kaynağı olarak kullanmaları nedeniyle bu alanlar, sanayi kuruluşları için çekici olmuş ve bu tür kuruluşların hızla çoğalmalarına yol açmıştır. Havzaların etrafında bulunan büyük iş potansiyeline sahip organize sanayi bölgeleri ve sanayi kuruluşları nüfus artışını ve yerleşimi hızlandırmıştır. İçme suyu havzaları içerisinde, yaklaşık yarısı mevzuatta belirtilen mutlak koruma alanı içerisinde kalan 1663 sanayi sitesi vardır.

Önceki planlamalara ve mevcut yönetmeliklere karşın, bölgedeki hızlı ve denetim dışı yapılaşma sonucu her türlü altyapıdan yoksun yeni yerleşim alanları ortaya çıkmıştır. Havzalarda kurulan belediyeler, köy statüsünden kentsel statüye geçişte yeni yerleşim alanlarına olan ihtiyacı karşılamak için çok kısıtlı yapılaşma öngörülen havzalarda yoğun yapılaşmaya sebebiyet vererek kısıtlı su kaynakları üzerinde baskı unsuru olmaktadır. Su havzaları içerisinde 7.000 ha yerleşim alanı mevcuttur.

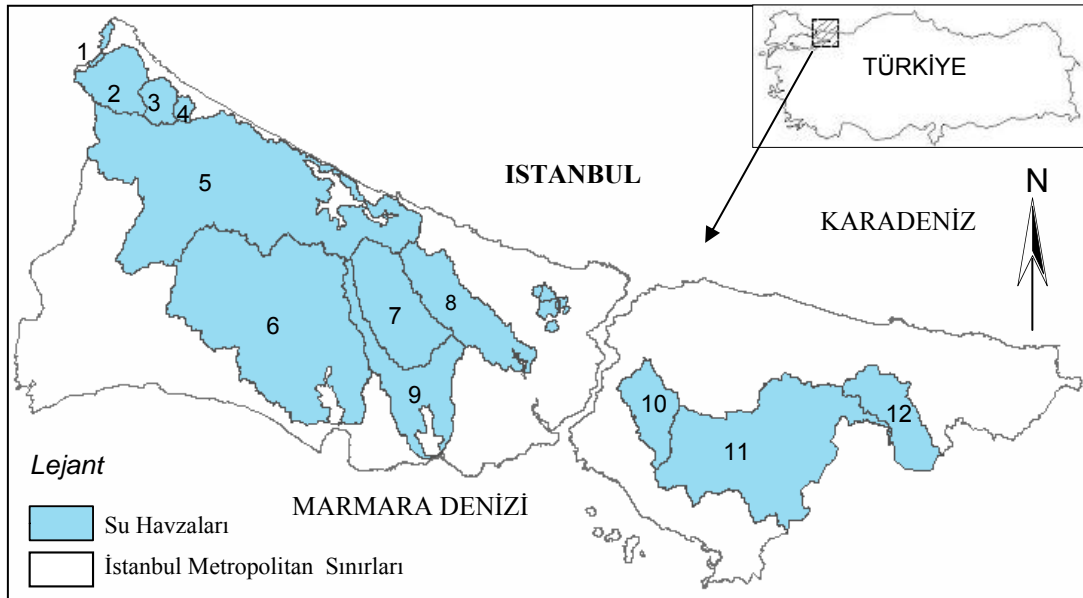
Bu çalışmada, Uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak, Landsat TM (1995-2005) uydu görüntülerinden yararlanılarak, Metropolitan alan içerisindeki su havzaları içerisindeki arazi kullanımını değişikliği incelenmiştir. Su havzalarına ait raster veriler vektör verilere dönüştürülmüş, 10 farklı arazi kullanım kategorisi belirlenmiştir. Bu kategorilerdeki değişimler, CBS teknikleri kullanılarak, analizler yapılmak suretiyle elde edilmiştir. Analiz sonuçlarının, daha doğru ve hızlı elde edilip raporlanması için ArcGIS 9.1 platformunda yazılım geliştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, gelecekte sürdürülebilir bir kent planlamasına, su kaynaklarının geliştirilmesi ve yönetilmesine temel oluşturacaktır.

Çalışma alanı

Tablo 1’de görüldüğü üzere, İstanbul Metropolitan içerisinde toplam 12 su havzası vardır. Bu havzalardan 11 tanesi İstanbul’un su ihtiyacını karşılamaktadır. İstanbul’un su teminini sağlayan bu 12 su havzasından başka havzalarda mevcuttur. Bu havzalar Tablo 1’de gösterilmesine rağmen, bu havzaların bir kısmı yer altı su kaynakları olması bir kısmının da İstanbul il sınırları dışında olmasından dolayı analizlere dahil edilmemiştir. Tablo 1’de kodlanmış 12 su havzası içerisinde 7 büyük su havzası İstanbul’un su ihtiyacının %72.4 ü karşılamaktadır. Terkos (5), Büyükçekmece (6), Sazlıdere (7), Alibeyköy (8) ve Küçükçekmece (9) su havzaları Avrupa kıtasında; Elmalı (10), Ömerli (11), ve Darlık (12) su havzaları ise Asya kıtasında yer almaktadır (Şekil 1).

Tablo 1: İstanbul’daki su havzaları ve onların şehrin su ihtiyacını karşılama yüzdeleri

No	Kaynak İsmi	Tamamlanma Tarihi	Başlıca Dere& Göller	Yıllık Ortalama Kapasite (m ³)	ΣAlana (%)
1	Elmalıdere Regülatörü	1997	Elmalıdere	11.600.000	1,1
2	Büyükdere Barajı	1995	Büyükdere	28.400.000	2,7
3	Kuzuludere Barajı	1995	Kuzuludere	11.300.000	1,1
4	Düzdere Barajı	1995	Düzdere	4.500.000	0,4
5	Terkos Barajı	1883	Terkos Gölü	162.000.000	15,6
6	Büyükçekmece Barajı	1989	B.Çekmece Gölü	120.000.000	11,6
7	Sazlıdere Barajı	1998	Sazlıdere	85.000.000	8,2
8	Alibeyköy Barajı	1972	Alibey Deresi	36.000.000	3,5
9	Küçükçekmece	-	-	-	-
10	Elmalı I ve II Barajları	1893-1950	Göksu	15.000.000	1,4
11	Ömerli Barajı	1972	Çayağzı Çayı	235.000.000	22,7
12	Darlık Barajı	1989	Darlık Deresi	97.000.000	9,4
-	Bentler ve Yeraltı suları	1453-1893	-	10.000.000	1,0
-	Yeşilvadi Çevirme Yapısı	1992	Yeşil Dere	10.000.000	1,0
-	Sultanbahçedere Barajı	1997	Sultanbahçe Dere	19.400.000	1,9
-	Kazandere Barajı	1997	Kazandere	100.000.000	9,7
-	Pabuçdere Barajı	2000	Nazlıdere	60.000.000	5,8
-	Şile Keson Kuyuları	1996	-	30.000.000	2,9
Toplam				1.035.200.000	100,0



Şekil 1. İstanbul Metropolitan alan içerisindeki su havzaları

Metodoloji

Bu çalışmada İstanbul metropoliten alanı içerisindeki su havzalarındaki meydana gelen arazi değişiklikleri belirlemek için 1995-2005 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmada Erdas Imagine 8.7 ve ArcGIS 9.1 yazılımları kullanılmıştır. Bu çalışmada Landsat uydusuna ait 1995 ve 2005 yıllarına ait 30m yersel çözünürlüklü uydu görüntüleri sınıflandırılıp eldeki referans veriler kullanılarak doğruluk analizleri yapılmıştır. Sınıflandırma sonuçları daha sonra vektör haline getirilerek GIS ortamında analizler için hazır hale getirilmesi amaçlanmıştır. Görüntülerin sınıflandırılması iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada çalışma alanından hangi arazi sınıflarının çıkartılabileceğinin görülmesi, kısaca ön bilgi elde edilebilmesi amacıyla kontrolsüz sınıflandırma uygulanmıştır. Bu aşamada, çalışma alanı olan İstanbul'a ait 1990 ve 2000 yılları Landsat verilerinden üretilmiş olan Geocover verileri incelenmiş, çalışma sonuçlarının geocover verileri ile uyumlu olması amacıyla Geocover da yer alan on sınıfın elde edilmesine karar verilmiştir. Sınıflar belirlendikten sonra ikinci aşama olan kontrollü sınıflandırma işlemine geçilmiştir. Tespit edilmeye çalışılan sınıflar; su, yerleşim, yaprak dökmeyen ağaçlar, yapraklarını döken ağaçlar, tarım, boş alanlar, çalılık alanlar, bulut , çimen ve ıslak alan sınıflarıdır.

Kontrollü sınıflandırma, analizciye oluşacak sınıfları kontrol imkânı vermektedir. Analizci, kullanımını bildiği bölgelerde doğrudan, bilmediği bölgelerde ise hava fotoğrafları, yüksek çözünürlüklü diğer uydu görüntüleri veya arazi çalışmasıyla öğrenmiş olduğu arazi kullanım sınıflarına ait örnek bölgeleri tanımlamaktadır. Örnek bölgelerin toplanması sırasında İstanbul'un karmaşık sınıf yapısı ve görüntülerin yeterli çözünürlükte olmaması nedeniyle örnekleme alımını kolaylaştırmak amacıyla her iki görüntüye bandlar arası korelasyonu azaltmak için Temel Bileşenler Analizi uygulanmış ve önceden belirlenen on sınıfa ait örnekleme bölgeleri toplanması işlemine geçilmiştir. Örnekleme bölgelerinin oluşturulması sırasında Geocover sınıflarının konumları ve referans verilerden yararlanılmıştır. Yeterli sayıda örnekleme toplandıktan sonra En Yüksek Olasılık kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Sınıflandırma işlemlerinin tüm aşamalarında Erdas Imagine 8.7 yazılımı kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi bitirildikten sonra yapılan işlemlerin doğruluğunu tespit etmek amacıyla sınıflandırılan görüntüler için doğruluk analizi yapılmıştır. Analiz işlemi sırasında referans veri olarak 1995 yılı görüntüsü için 1996 yılına ait hava fotoları ve aynı görüntünün 3,2,1 bantlı kombinasyonlu doğal görüntüsü, 2005 yılı görüntüsü için Ikonos uydusuna ait 2005 tarihli 1m yersel çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılmıştır.

Analiz sırasında çalışma alanı büyüklüğü göz önüne alınarak 10 sınıf için toplam adet 300 kontrol noktası üretilmiştir. Tablo 2'de görüldüğü üzere bu 300 noktanın her biri sınıflandırılan görüntü ve referans veriler üzerinde karşılaştırılarak çalışmanın genel doğruluğu tespit edilmiştir. Elde edilen doğruluklar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Landsat TM görüntülerine ait doğruluk tablosu

Görüntü	Genel Doğruluk (%)	Kapa (%)
1995 Landsat TM	82.67	80
2005 Landsat TM	80	80

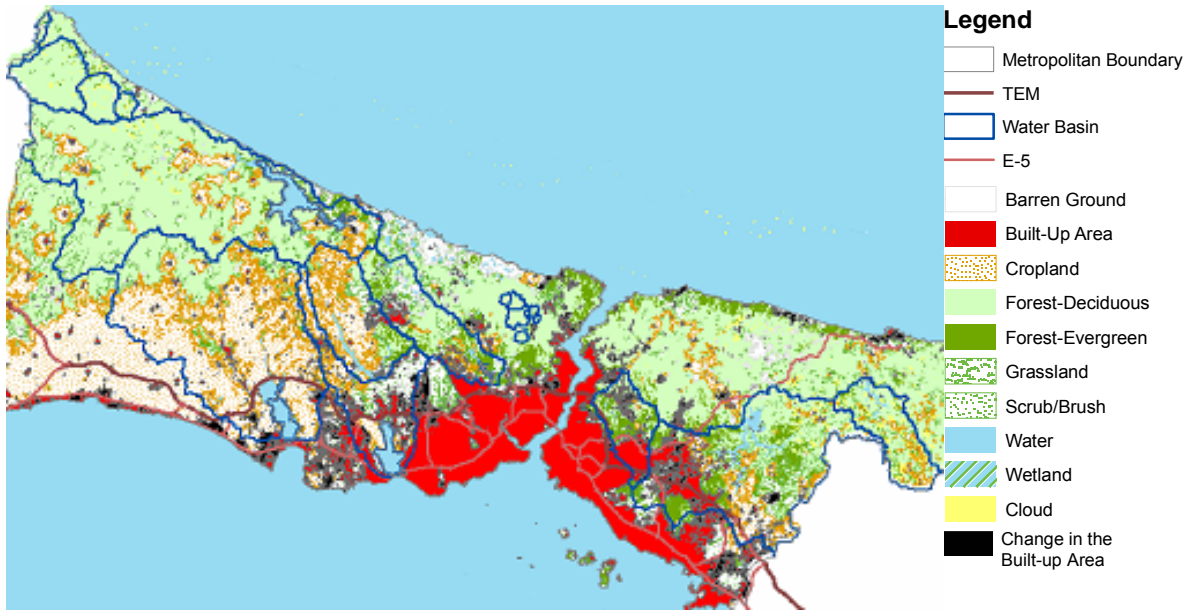
Erdas Imagine yazılımı piksel bazlı çalıştığı için üretilen sonuçların GIS ortamında daha anlamlı olarak irdelenebilmesi amacıyla sonuçlara 5x5 lik medyan filtre uygulanmıştır. Bu sayede fazla olan

piksel sayısının azaltılması yoluna gidilmiştir. Filtreme sonuçları Arc GIS 9.1 un ilgili menüleri kullanılarak raster formattan vektör formatına dönüştürülerek GIS ortamına aktarılmıştır.

ArcGIS yazılımı kullanılarak 1995, 2005 yıllarına ait Landsat Geocover vektör verileriyle, havzaları gösteren vektör veri üst üste getirilmiştir. Daha sonra her bir su havzasındaki yıllara göre değişimleri belirlemek için sorgulama ve analizler yapılmıştır. Hesaplamaları kolay ve etkili yapabilmek için ArcGIS 9.1 yazılımı içerisinde kullanıcı arayüzü yazılmıştır. Bu arayüz, su havzaları üzerindeki arazi türlerindeki değişimi ve değişim yüzdelerini otomatik olarak tablo halinde raporlamaktadır.

Su havzalarındaki değişimlerin değerlendirilmesi

Bu çalışmada İstanbul Metropolitan Alan içerisindeki su havzalarındaki arazi kullanım değişimi incelenmiştir. Bu arazi kullanım değişiklikleri içerisinde en çok yerleşim alanlarındaki değişiklikler üzerinde odaklanmıştır. Tablo 3’de 1995 ve 2000 yıllarına ait Landsat TM görüntülerinin değişim tablosu görülmektedir. Tablo 3’de Elmalı (10), Ömerli (11), Alibeyköy (8), Küçükçekmece (9), ve Sazlıdere (7), havzalarındaki yerleşim alanlarında önemli bir artış görülmektedir. Yerleşim alanlarındaki bu artış Şekil 2’de görülmektedir. 2005 yılındaki yerleşim alanları kırmızı renk, 10 yıllık bir periyot içerisindeki değişim ise siyah renk olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. İstanbul Metropolitan Alan içerisindeki 1995-2005 yılları arasındaki Landsat TM görüntüsüne göre yerleşim alanlarındaki değişim

Tablo 4, 1995 ve 2005 yılları arasındaki, su havzaları içerisindeki yerleşim alanlarının değişimini göstermektedir. En çok değişim sırasıyla Ömerli, Küçükçekmece, Elmalı, Alibeyköy, Büyükçekmece, Sazlıdere, Terkos; 2005 yılında ise değişim sırasıyla, Ömerli, Küçükçekmece, Elmalı, Büyükçekmece, Alibeyköy, Sazlıdere, ve Terkos havzalarında olduğu görülmektedir. Havza alanları içindeki yerleşim alanlarının yüzdelik değişimi incelendiğinde Elmalı(1995 yılında %29-2005 yılında %38) Küçükçekmece(1995 yılında %19.7-2005 yılında %26.4) ve Ömerli(1995 yılında %12-2005 yılında %14) su havzalarında önemli değişiklikler olmuştur. Bu değişiklikler Şekil 3, 4, 5, 6 da gösterilmiştir.

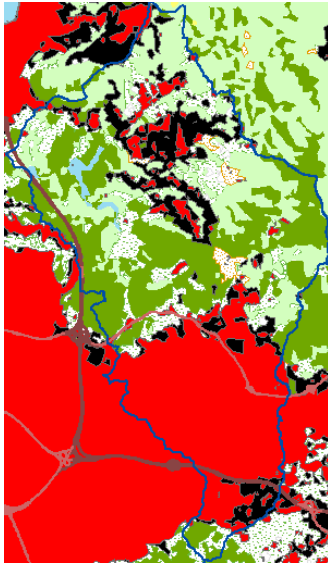
Table 3. Land use classification and changes (ha) between 1995 and 2005 (Landsat TM 1995 & 2005)

Basin Code	Basin	Barren Ground		Cloud		Wetland		Cropland		Forest- Deciduous		Forest Evergreen		Built-up Area		Water		Scrub Brush		Grassland	
		1995	2005	1995	2005	1995	2005	1995	2005	1995	2005	1995	2005	1995	2005	1995	2005	1995	2005	1995	2005
1	Elmalidere	23	26	0	18	0	0	67	0	1227	950	0	0	0	0	0	0	127	50	1	0
2	Büyükdere	0	0	0	177	0	0	131	0	7260	7167	100	127	0	0	0	0	388	137	8	10
3	Kuzuludere	17	11	0	276	0	0	126	0	2864	2860	25	53	0	2	0	25	267	72	1	1
4	Düzdere	6	3	0	125	0	0	63	0	898	750	4	33	0	0	0	5	21	76	0	0
5	Terkos	962	183	221	741	245	244	14448	7191	25585	50756	452	1558	340	365	3295	3778	27763	8283	228	440
6	Büyükçekmece	586	1220	30	0	1	1	44862	39397	5233	10665	87	409	1149	1639	2271	2641	8793	5935	152	1257
7	Sazlıdere	148	270	8	21	0	0	11448	7691	1372	1733	606	990	518	622	48	895	2684	2889	34	1755
8	Alibeyköy	1551	1003	105	0	7	0	3892	807	4166	5280	1246	2456	851	1051	230	605	3710	4362	128	322
9	Küçükçekmece	455	694	72	0	0	0	8794	4264	130	42	20	30	3507	4720	1594	1695	3001	5992	298	434
10	Elmalı	86	61	1	0	0	0	2061	117	1218	1787	1591	1991	2444	3233	55	72	837	1080	48	0
11	Ömerli	529	412	651	816	37	6	7381	6476	6596	10387	7000	6696	5076	6053	1439	2073	12237	8779	90	98
12	Darlık	12	0	6	1404	0	0	728	833	5725	5710	806	671	0	0	372	527	2707	1228	26	56
ALL		4363	3883	1094	3578	290	251	94001	66776	62274	98087	11937	15014	13885	17685	9304	12316	62535	38883	1014	4373

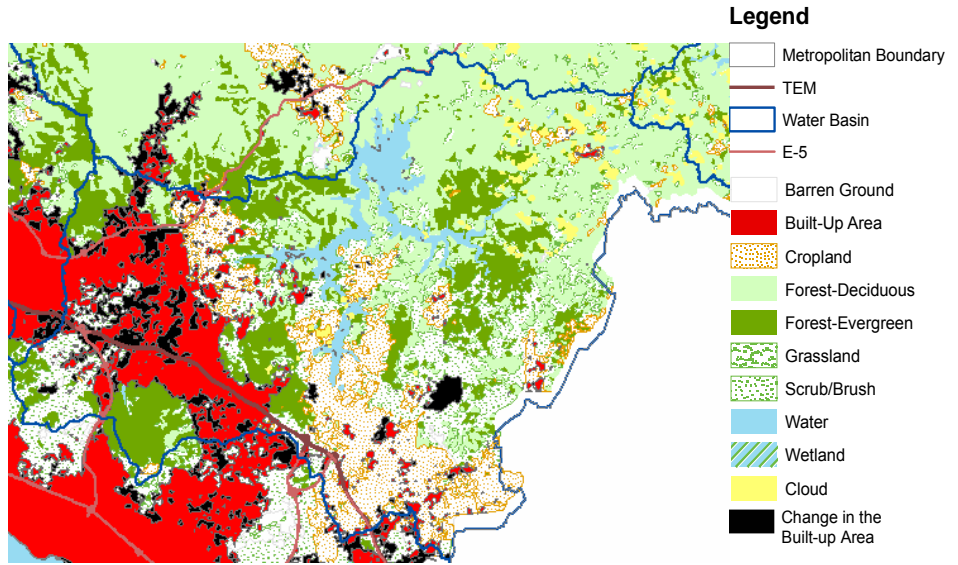
*Yazışmaların yapılacağı yazar: Abdurrahman GEYMEN ageymen@gyte.edu.tr; Tel: (262) 605 31 60.

Tablo 4. 1995 ve 2005 yılları arasındaki su havzalarındaki yerleşim alanlarının değişimi

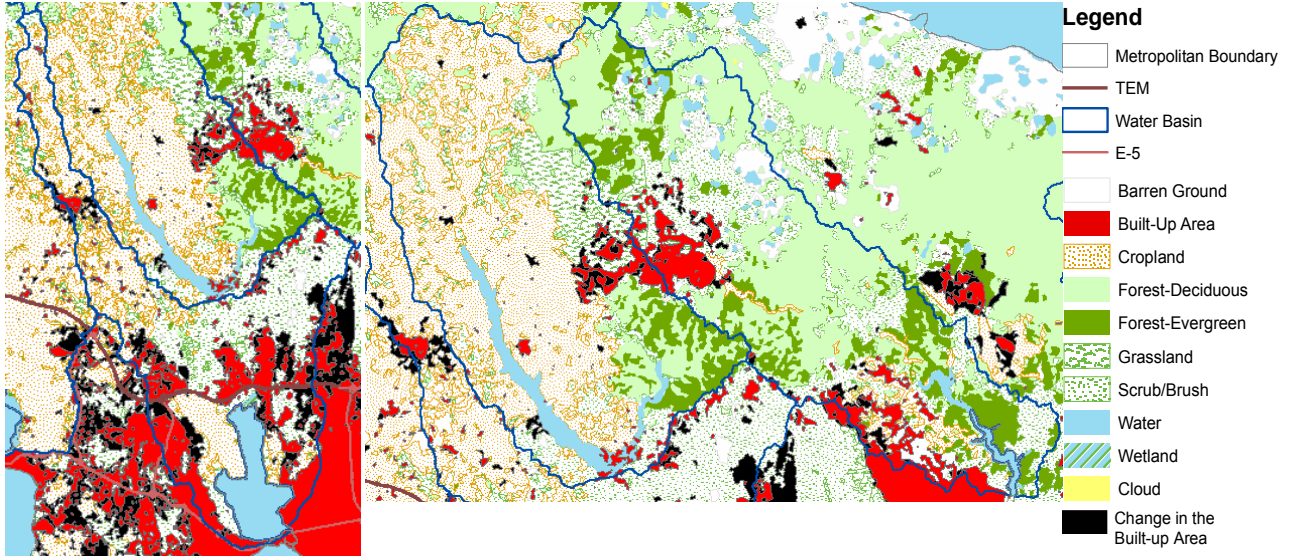
Havza Kodu	Havza	Yerleşim alanları								Toplam	
		1995			2005			Değişim		1995	2005
		% in the ha	% in Basin	% in the All Basins	% in the ha	% in Basin	% in the All Basins	ha	%		
1	Elmalıdere	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	-100	1445	1044
2	Büyükdere	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	-100	7887	7618
3	Kuzuludere	0	0.0	0.0	2	0.1	0.0	2	-	3300	3300
4	Düzdere	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	-100	992	992
5	Terkos	340	0.5	0.1	365	0.5	0.1	25	7	73539	73539
6	Büyükçekmece	1149	1.8	0.4	1639	2.6	0.6	490	43	63164	63164
7	Sazlıdere	518	3.1	0.2	622	3.7	0.2	104	20	16866	16866
8	Alibeyköy	851	5.4	0.3	1051	6.6	0.4	200	23	15886	15886
9	Küçükçekmece	3507	19.6	1.3	4720	26.4	1.8	1213	34	17871	17871
10	Elmalı	2444	29.3	0.9	3233	38.8	1.2	789	32	8341	8341
11	Ömerli	5076	12.4	1.9	6053	14.5	2.3	977	19	41036	41796
12	Darlık	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	-100	10382	10429
ALL		13885	5.3	5.3	17685	6.8	6.8	3800	27	260697	260846



Şekil 3. 1995-2005 Landsat TM görüntüsü Elmalı Havzası yerleşim alanlarındaki değişim.



Şekil 4. 1995-2005 Landsat TM görüntüsü Ömerli Havzası yerleşim alanlarındaki değişim.



Şekil 5. 1995-2005 Landsat TM görüntüsü Küçükçekmece Havzası yerleşim alanlarındaki değişim.

Şekil 6. 1995-2005 Landsat TM görüntüsü Alibeyköy ve Sazlıdere Havzası yerleşim alanlarındaki değişim.

SONUÇLAR

Günümüz teknolojisi tarafından elde edilen uydu görüntüleri, konumsal verinin en yakın resimleridir. Bunların bilgiye dönüştürülebilmesi için bir takım işlemler yapılması gerekmektedir. Bu işlemlerin sonucunda konumsal verilerde meydana gelen değişiklikler sürekli olarak izlenebilmektedir. Bu çalışmada İstanbul Metropolitan alan içerisindeki su havzalarındaki arazi kullanım değişiklikleri incelenmiştir. Sınırlı bir alanda, nüfus ve ekonomik faaliyetlerin bu oranda yoğunlaşması, gerek doğal kaynaklar üzerinde gerekse kentsel alanda sosyal ve çevresel altyapı üzerinde giderek artan baskı oluşturmuştur. Örneğin su havzaları içerisinde bulunan kamu arazilerinin işgal edilmesinde TEM ve Boğaz Köprüsü'nün katkıda büyüktür. Havzaların etrafında bulunan büyük iş potansiyeline sahip organize sanayi bölgeleri ve sanayi kuruluşları nüfus artışı ve yerleşimi hızlandırmıştır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve ISKI uzaktan algılama teknikleri kullanarak su havzaları içerisinde kaçak yapılaşmayı izlemek için çalışmalar yapmaktadır. Politik kararlar, yetki ve kanunlardan gelen boşluklar bu alanlardaki kaçak yapılaşmanın en büyük sebeplerindedir.

Çalışmanın CBS uygulaması ise tüm çalışmayı bir araya getirerek sorgulama ve raporlama olanağı doğurmuştur. Proje yerleşim su ve analizi başlığı altında ele alınarak farklı yıllara ait uydu görüntüleri değerlendirilerek değişiklikler otomatik olarak üretilen tablolardan izlenmiştir.

Kaynaklar

D.P.T., (2001). <http://ekutup.dpt.gov.tr/plan/viii/plan8str.doc>.

Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE), 2000. Nüfus Sayımı Sonuçları. Ankara, Turkey. http://www.die.gov.tr/nufus_sayimi/2000tablo5.xls, 20 May 2003 (in Turkish).

Goksel C. 1998. Monitoring of a water basin area in Istanbul using remote sensing data. Water Science and Management. Vol.38(11): 209-216.

İstanbul metropolitan alanındaki hızlı gelişmenin su havzalarına olan etkilerinin incelenmesi

- Küçükmehtmetoglu M., Geymen A., (2001).The Spatial Impacts of Rapid Urbanization on the Limited Surface Water Resources in Istanbul, 46th Congress of the European Regional Science, August 30 - September 3, 2006, Volos, Greece.
- Lillesand, T. M., and R. W. Kiefer. (2000). Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons, New York.
- Musaoglu N., Tanik A., Kocabas V. (2005). Identification of Land-Cover Changes Through Image. Processing and Associated Impacts on Water Reservoir Conditions. Environmental Management Vol. 35, No. 2, pp. 220–230.
- Orhon D. 1991. Magnitude of industrial pollution in Istanbul water catchment Areas. The international symposium on management strategies of surface water resources, Istanbul.