

Türkiye’de evsel atıksu oluşum miktarları ve karakterizasyonu

Argun Olcayto ERDOĞAN*¹, Gülsüm Emel ZENGİN², Derin ORHON²

¹Siemens Sanayi ve Ticaret A.Ş., Yakacık Cad. No:111, 34870, Kartal İstanbul

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Kentlerimizdeki atıksu sorununun ülke sınırları içinde en uygun teknolojiyi kullanarak, minimum maliyetle çözülebilmesi için, öncelikle Türkiye’de kişi başına oluşan evsel atıksuyun miktarının ve özelliklerinin tespiti için sağlıklı bir çalışma yapılması gereklidir. Planlanan tüm atıksu arıtma tesislerinin yatırım ve işletme giderlerinin optimizasyonu bu basit ama çok önemli verinin elde edilebilmesiyle çok yakından ilişkilidir. Bu nedenle mevcut tesislerin işletme kayıtlarından alınan ölçüm sonuçları ile arıtma tesisi olmayan bölgelerimizde yapılacak tüm yeni ölçümlerin bir veri bankasında toplanması, planlama ve tasarım ile sorumlu olan herkesin bu veri bankasına ulaşabilmesinin sağlanması çok önemli bir gelişme olacaktır. Evsel atıksu arıtma tesislerinin yapım aşamasının ilk adımı olan fizibilite çalışmasıdır. Bu çalışma sırasında, evsel atıksu miktarının, eğer varsa endüstriyel deşarjların debisinin ölçülmesi, birleşik kanal sisteminin bulunması durumunda yağmur suyunun etkisinin belirlenmesi sağlanmalıdır. Ayrıca, evsel ve endüstriyel atıksu karakterizasyonunun yapılması, seçilecek atıksu arıtma tesisinin hedeflenen deşarj standartlarına uygun olarak tasarlanması için büyük önem taşır. Bu çalışmada, Türkiye’deki bazı büyük evsel atıksu arıtma tesislerinden, uzun süreli izleme sonucu temin edilen atıksu karakterizasyonu ve su kullanımına karşı atıksu oluşumu ile ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca elde edilen bu veriler aynı konuda, başka ülkelerde yapılmış olan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen ve literatürdeki diğer bulgularla birlikte değerlendirilen bu verilerle, Türkiye’de yapılması planlanan yeni bir atıksu arıtma tesisi için kullanılacak, nüfusa bağlı atıksu oluşumu ve karakterizasyonu için kullanılacak tutarlı veriler önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Atıksu miktarı, birim kirlenme yükü, evsel atıksu karakterizasyonu, su kullanımı.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Argun Olcayto ERDOĞAN. argun.erdogan@siemens.com. Tel: (216) 369 84 00.
Makale metni 20.02.2004 tarihinde dergiye ulaşmış, 16.03.2005 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.03.2007 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Domestic wastewater generation and characterization in Turkey

Extended abstract

It's necessary to perform a study for the determination of the characteristics and formation of the wastewater in the country in general in order to solve the wastewater problem in our cities with the lowest possible cost by using the most convenient technology available in the country. The result of this study should put forward the properties and quantities of the wastewater characteristics, which have to be determined as people's standards and living style in Turkey. In principle, this wastewater characteristic has to be utilized in the design of all wastewater treatment plants to be built. If there does not exist standardization on the formation and characterization of wastewater in our country, it would be necessary to use the data given in the literature in the design.

Considering the investment amounts or operational costs, it becomes also difficult to say that wastewater treatment plants built with these data are the most convenient solutions. Besides the wastewater formation and characterization, there also does not exist any standardization on the design method of the wastewater treatment plants with respect to populations and pollution levels. Therefore, considering the variable populations of around 3,000 municipalities do not have a wastewater treatment plant in Turkey, the determination of the treatment method for each of the population range based on optimum costs and its application provides most convenient use of the financial resources which are already limited.

Optimizations of all planned wastewater treatment plant both investment and operation cost is highly depending on very basic information which is municipal wastewater amount and characterization. Therefore it will be very helpful to create a data bank which is fed back with necessary operational data provided from all constructed wastewater treatment plants in addition to new data supplied by measurement that is taken for a new wastewater treatment plan. Everybody who is dealing with planning or execution of a wastewater treatment plant has to access this data bank before studying applicable process alternatives to decide the most economical one. During feasibility stage engineers has to know amount of municipal wastewater in addition to industrial discharge if there is. They also have to evaluate seasonally flowrate fluctuations observed especially in combined sewerage system come from storm water. It is also very important to execute very

detailed wastewater analysis program during feasibility stage for defining the right wastewater characteristics which are essential data for sizing the selected wastewater treatment plant.

In this study, data gathered from domestic wastewater treatment plants located in certain districts of Turkey and monitored for a long period, compared within the similar researches carried out in various countries related with wastewater characterization and wastewater amount versus water use. The wastewater amount and characterization related to the population is determined for a new treatment plant in Turkey.

In Turkey most of the cities do not have plastic or ductile pipes for water supply system network. Therefore 40-45% of produced drinking water is lost in this network without reaching the end users. That is very big ration when it is compared in Europe. Recently some of the Greater Municipalities are started to change the existing distribution system pipes from asbestos to ductile or plastic.

So that in Turkey, real amount of municipal wastewater should not be estimated based on drinking water served per capita. It is much better to measure rather than estimate it. Besides the leakage in the drinking water distribution network there is considerable amount of leakage in the wastewater collection system. Beside leakages, infiltration also has to be considered most of the cases in Turkey, for determining the wastewater amount. If there is not any measurement for infiltration it can be taken as 20% generally.

Wastewater characterization is not also measured or estimated correctly most of the cases for designing a treatment plant. Therefore some of the existing wastewater treatment plant is larger that has to be. The reason was leak of the information about wastewater characteristics. Because of that most of the cases it is assumed that 60 gr BOD5 per capita which is normally 40-45 gr in realistic situation for most of the big cities. Because socioeconomic conditions are not good enough when compared with EU. It is clear that when treatment plant is designed based on unrealistic wastewater amount and characterization, the size will be larger. Unfortunately Turkey does not have enough financial sources for environmental investment. Therefore the limited economic sources must be used as good as possible. So that identifying of unit wastewater generation in addition t wastewater characterization is essential.

Keywords: *Characterization of domestic wastewater, unit pollution load, wastewater amount, water use.*

Giriş

Türkiye’de atıksu arıtma tesisi tasarımına esas teşkil edecek temsil edici atıksu karakterizasyonunu, kirletici parametrelerin tipik değerlerini, birim kirletici yüklerini ve atıksu miktarını belirleme amacıyla değişik ülkelerde yapılmış çalışmalarla, Türkiye’deki uygulamalar göz önüne alınarak önceden yapılmış ölçüm sonuçları dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında Ankara, Isparta, Antalya, Tarsus ve İzmir şehirlerinde yürütülen uzun süreli atıksu analiz ölçümleri de istatistiksel bazda değerlendirilerek nüfusa bağlı atıksu miktar ve konsantrasyonları evsel atıksu arıtma tesisi tasarımı için önerilmiştir.

Atıksu karakterizasyonuna ait değişik uygulamalar ve örneklemeler

Atıksu debisi

Arıtma tesislerinin projelendirilmesinde debi hesabında uygulanan yöntem, kullanılan su miktarının belirli bir oranının atıksuya dönüştüğü ve bu miktarın belirli bir süre içinde kanala geldiği esasına dayanmaktadır. Evsel kullanımlar dışında sızma debisi de bu hesaplarda dikkate alınmaktadır. Tablo 1 çeşitli ülkeler için belirlenmiş olan evsel atıksu debilerini (sızma debisi hariç) göstermektedir (Henze vd., 1995).

Tablo 1. Çeşitli ülkelere ait birim atıksu debileri (Henze vd., 1995)

Ülke	Atıksu Debisi (l/kişi-gün)
Almanya	150
Belçika	80
Danimarka	150
Fransa	95
Hollanda	135
İngiltere	165
İspanya	245
İsveç	230
İsviçre	275
İtalya	230
Norveç	150

Yaklaşık olarak 80 ile 275 l/kişi-gün aralığında değişen bu değerlerin geçtiğimiz son 5–15 yıl içerisindeki çalışmaları yansıtan değerler olduğu, bu nedenle atıksu üretimlerinin gelişen refah düzeyi ile birlikte günümüzde bazı ülkelerde

artmış olabileceği dikkate alınmalı, buna karşılık kaynakların kullanımı konusundaki bilincin artmasına paralel olarak bu değerlerin sabit kalabileceği veya azalabileceği de düşünülmelidir.

Ülkemizde su kullanımı ve atıksu oluşumu arasındaki ilişki, çeşitli kurumlar tarafından farklı şekillerde tanımlanmaktadır. İller Bankası “İçme Suyu Projesine Ait Şehir ve Kasaba İçme suyu Projelerinin Hazırlanmasına Ait Yönetmelik” (1985) ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, köylerde gelecekteki nüfusa bağlı olarak birim su tüketimlerini belirlemektedir (Orhon vd., 2000). Tablo 2’de verilen bu değerler şebeke su kayıpları ile birlikte, yol, ev bahçesi, park, pazaryeri, motorlu araçlar, okul, hastane, mezbaaha, otel, hamam v.b. yerlerin ihtiyacı ve temizlenmesi için tüketilecek su miktarlarını da içermektedir.

Tablo 2. Nüfusa bağlı olarak su tüketimlerinin değişimi

Gelecekteki Nüfus	Köy Hizmetleri (Orhon vd., 2000) (l/kişi. gün)	İller Bankası Proje Şartnamesi (Orhon vd., 2000) (l/kişi. gün)
<3.000	60	60
3.001-5.000	60–80	70
5.001-10.000	70–80	80
10.001-30.000	-	100
30.001-50.000	-	120
50.001-100.000	-	170
100.001-200.000	-	200
200.001-300.000	-	225

En genel halde Türkiye genelinde evsel amaçlı toplam su tüketiminin 70 l/kişi.gün başka bir deyişle günde 4 milyon m³ olduğu tahmin edilmektedir (2. Çevre Şurası Raporu, 1994). Gelecekteki nüfusu 300.000’den büyük kentlerde kişisel kullanım, özel su ihtiyacı gibi hususlarda idare ile anlaşmaya varılması, imar planına göre gelişim ve yerleşim durumlarında değişik karakter gösteren alanlarda farklı ihtiyaç miktarlarının düşünülmesi gerektiği belirtilmektedir. Burada evsel su tüketiminin %70-80’inin kanalizasyon şebekesine ulaşacağı kabul edilmektedir. Kısıtlı kaynakların faydalı kullanımının sağlanması amacıyla günümüzde özellikle büyük şehirlerdeki içme suyu şebekelerindeki kayıplarının

azaltılması için iyileştirme çalışmaları hızlanmıştır. Örneğin İzmir şebekesinde işletmeden ve malzemenin yıpranmasından kaynaklanan su kayıpları % 61 mertebesindeyken yenilenen borular sayesinde bu oran % 20'lere düşürülmüş olup işletmedeki kayıplarında düşürülmesi için çalışmalar devam etmektedir (http://www.izmir-bld.gov.tr/izsukitap/su_crazy_on_cal.asp).

İSKİ Genel Müdürlüğü, İstanbul için yapmış olduğu atıksu debisi tahminlerinde, birim evsel atıksu debisi için ilçelere ve yıllara bağlı olarak geniş bir aralık vermekte, 1990 yılı içinde 130–180 l/kişi. gün (en yaygın değer 132 l/kişi. gün) değişimini öngörmektedir. 2040 yılında ise bu aralık 200–230 l/kişi. gün (en yaygın değer 200 l/kişi. gün) olarak tahmin edilmektedir. İstanbul için yapılan diğer çalışmalarda belirlenen birim atıksu oluşumları yıllara bağlı olarak Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. İstanbul için elde edilen birim atıksu değerleri

Yıllar	Camp Tekser 1975) (l/kişi.gün)	WMT (1986) (l/kişi.gün)	Orhon ve diğerleri (2000) (l/kişi.gün)
1990	130—220	160	169
2000		200	171
2010		220	
2020	215—290	250	234

Atıksu özellikleri

Atıksu karakterizasyonu, kirleticilerin toplu olarak değerlendirilebildikleri anlamlı ve önemli parametreler bazında yapılmaktadır. Evsel atıksularda bu parametrelerin oluşturulmasında öncelikli olarak dikkate alınması gereken bileşenler ve çevresel etkileri Tablo 4'te verilmektedir. Buna göre konvansiyonel karakterizasyon çalışması her bir kirletici bileşeni tek tek ele alan ya da grup olarak değerlendiren anlamlı parametreler bazında yürütülmelidir.

Atıksu karakterizasyonu ülkeden ülkeye değişebileceği gibi, aynı ülke içerisinde de çeşitli faktörlere bağlı olarak birbirinden farklılık gösterebilmektedir. Türkiye'de çeşitli kuruluşlar atıksu debisi ile birlikte konvansiyonel bazda bazı kirleticiler için birim yükler tanımlamıştır. İller

Bankası'nın Pissu Arıtma Tesisi Proses Genel Şartnamesi'nde aktif çamur, damlatmalı filtre ve stabilizasyon havuzu boyutlandırmasına esas olarak Tablo 5 ile verilen değerlerin alınması öngörülmektedir.

Tablo 4. Atıksu bileşenleri (Henze vd., 1995)

Bileşen		Çevresel Etkiler
Mikroorganizmalar	Patojen bakteriler, virüsler kurtlar vb	
Biyolojik olarak ayrışabilen organik maddeler		Göl ve nehirlerde oksijeni tüketmek
Diğer organik maddeler	Deterjanlar, azot, fosfor, amonyak, fenol vb	Toksik etki, biyoakümülyasyon
Besi maddeleri	Azot, fosfor, amonyak	Ötrofikasyon, oksijen eksikliği, biyoakümülyasyon
Metaller	Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni	Toksik etki,
Diğer inorganik maddeler	Asitler, bazlar	Korozyon, toksik etki
Termal etkiler	Sıcak su	Yaşam koşullarına etki
Tat koku	Hidrojen sülfür	Estetik rahatsızlık, toksik etki
Radyoaktivite		Toksik etki, akümülyasyon

Tablo 5. İller Bankası proses genel şartnamesi kirletici yükleri(Orhon vd., 2000)

Parametre	Yük (g/kişi.gün)
BOİ ₅	50—60
AKM	70—90
N	10—12
P	3—4

Benzer bir yaklaşım ASKİ tarafından da benimsenmiş ve kirletici yüklerin belirlenmesinde, BOİ₅ bazında birim yükler 1995 yılında 53 g/kişi.gün, 2010 yılı için 56 g/kişi.gün ve 2025 yılı için ise 60 g/kişi.gün olarak alınmıştır. Verilen değerlerin birbirleriyle olan farklılıkları dikkate alındığında, özellikle tasarımda detaylı karakterizasyon çalışmasının önemi belirginleşmektedir. Tablo 6'da verilen birim kirletici yükler (Henze vd., 1995) dikkate alındığında,

ülkeler arasında yaşam standardı, genel tüketim alışkanlıkları ve benzeri etkenlere bağlı olarak farklılıklar olduğu görülmektedir. Konsantrasyon bazındaki değişimleri ortaya koymak üzere çeşitli kaynaklar taranmış ve elde edilen bulgular Tablo 7'de ve Tablo 8'de verilmiştir. Bu tablolardaki değerler ülke genelini temsil etmeyip ancak genel bir değerlendirme yapılması amacıyla verilmiştir. Bu farklılıkları ortaya koymak ve genel olarak evsel atıksuları karak-

terize edebilmek amacıyla literatürde, kuvvetli, orta, zayıf ve seyreltik evsel atıksu sınıflandırması yapılmıştır.

Bu sınıflandırma çerçevesinde evsel atıksuların ortalama kompozisyonu organik madde, azot ve fosfor bileşenleri, metal içerikleri ve diğer parametreler açısından sırasıyla Tablo 9, Tablo 10 ve Tablo 11'de verilmektedir

Tablo 6. Çeşitli ülkelere ait birim kirletici yükler (Henze vd., 1995)

Kirletici	Birim	Danimarka	Brezilya	Mısır	Almanya	İtalya	İsveç	ABD
BOİ ₅	g/kişi.gün	55-68	55-68	27-41	55-68	49-60	68-82	82-95
AKM	g/kişi.gün	68-83	55-68	41-68	68-95	55-68	82-95	82-95
TN	g/kişi.gün	14-19	8.2-14	8.2-14	11-16	8.2-14	11-16	14-19
TP	g/kişi.gün	4.1-5.4	1.5-2.7	1-1.5	3.2-4.3	1.5-2.7	2.1-3.2	4.1-5.4
Deterjan	g/kişi.gün	2.1-3.2	1.3-2.7	0.8-1.3	1.9-2.7	1.3-2.7	1.9-2.7	2.1-3.2
Fenol	g/kişi.gün	0.027-0.054	-	0.0082-0.027	-	0.0082-0.027	-	-
Hg	g/kişi.gün	0.00027-0.00054	-	0.000027-0.00054	-	0.00054-0.0001	0.027-0.054	-
Pb	g/kişi.gün	0.0136-0.0273	-	0.0136-0.0273	-	0.0136-0.0273	0.0136-0.0273	-
Cr	g/kişi.gün	0.0054-0.01	-	0.0054-0.01	-	0.0054-0.01	0.0013-0.0041	-
Zn	g/kişi.gün	0.041-0.082	-	0.041-0.082	-	0.041-0.082	0.027-0.054	-
Cd	g/kişi.gün	0.00054-0.001	-	-	-	-	0.0013-0.0019	-
Ni	g/kişi.gün	0.0054-0.01	-	-	-	-	0.0013-0.0027	-

Tablo 7. Çeşitli ülkelere ait konsantrasyon bazında yapılmış konvansiyonel atıksu karakterizasyonu (Orhon vd., 2000)

	KOİ(top) (mg/l)	KOİ(süz) (mg/l)	BOİ ₅ (mg/l)	TKN (mg/l)	NH ₃ -N (mg/l)	TP (mg/l)	UAKM (mg/l)	AKM (mg/l)	Alkalinite (mg/l)
Brezilya	627	157	357	54	30	9.9	297	376	198
Yunanistan	-	-	259	-	39.3	5.9	-	-	-
Fransa	500	350	200	55	-	-	75	150	-
İsrail	635	205	201	43	40	-	-	-	-
Meksika	416	270	149	57.4	44	9.3	67	155	709
G.Afrika	705	-	300	37.5	-	-	-	-	-
Danimarka	-	-	172	44	-	-	-	-	-
Almanya	-	-	200	50	-	-	-	-	-

Tablo 8. Çeşitli ülkelere ait konvansiyonel parametrelerin ölçümleri ve istatistiksel değerlendirilmesi (Pons vd., 2001)

Ülke	Tesis Sayısı	KOİ mg/l			BOİ ₅ mg/l			AKM mg/l			N mg/l			P mg/l		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Avusturya	97	526	498	218	285	256	120	-	-	-	44	40	18	7.1	7	3
Belçika	152	477	382	314	187	152	128	236	174	222	-	-	-	-	-	-
Danimarka	836	455	404	440	163	135	119	-	-	-	36	30	31	7.8	6.2	7.6
Fransa	149	634	592	315	268	245	137	302	267	170	52	51	23	9.3	9	3.8
Hollanda	384	450	426	151	171	159	66	237	194	252	42	40	16	6.7	6.1	6.1
Slovenya	100	581	418	613	267	217	245	426	341	292	37	39	19	5.5	4.8	3.8
Kıbrıs	6	522	-	-	547	-	-	436	-	-	98	-	-	16	-	-
Finlandiya	7	559	-	161	266	-	78	378	-	144	43.8	-	10.4	7.5	-	1.3
Almanya	6	548	-	-	319	-	-	208	-	-	59	-	-	8	-	-
Fas	60	928	900	357	353	350	140	397	400	174	-	-	-	-	-	-
İspanya	3	762	-	-	434	-	-	290	-	-	71	-	-	11	-	-
İsveç	17	239	-	-	133	-	-	98	-	-	28	-	-	4	-	-
İsviçre	6	477	-	123	171	-	72	243	-	87	33	-	8.1	6.1	-	17
İngiltere	12	613	-	-	212	-	-	150	-	-	40	-	-	-	-	-

A: Ortalama Değer, B: Medyan, C: Standart Sapma

Tablo 9. Organik madde bazında atıksu karakterizasyonu (Henze vd., 1995)

Parametre (mg/l)	Kuvvetli	Atıksu Tipi		
		Orta	Zayıf	Seyreltik
BOİ				
Nihai	530	380	230	150
7 günlük	400	290	170	115
5 günlük	350	250	150	100
Çözünmüş	140	100	60	40
Çöz., kolay ayrılan	70	50	30	
Çökelmiş	250	175	110	70
KOİ				
Toplam	740	530	320	210
Çökelmiş	530	370	230	150
Çözünmüş	300	210	130	80
TOK	250	180	110	70
Karbonhidrat	40	25	15	10
Protein	25	18	11	7
Yağ asitleri	65	45	25	18
Yağlar	25	18	11	7
Deterjan	15	10	6	4
Yağ-gres	100	70	40	30
Fenol	0.2	0.15	0.10	0.05
Deterjan (anyonik)	15	10	6	

Tablo 10. Nutrient bazında evsel atıksu karakterizasyonu (Henze vd., 1995)

Parametre (mg/l)	Kuvvetli	Atıksu Tipi		
		Orta	Zayıf	Seyreltik
Toplam Azot	80	50	30	20
-amonyak azotu	50	30	18	12
-nitrit azotu	0.1	0.1	0.1	0.1
- nitrat azotu	0.5	0.5	0.5	0.5
-organik azot	30	20	12	8
Toplam Fosfor	23	16	10	6
-ortofosfat	14	10	6	4
-polifosfat	5	3	2	1
-organikfosfat	4	3	2	1

Tablo 11. Metaller bazında evsel atıksu karakterizasyonu (Henze vd., 1995)

Parametre (mg/l)	Atıksu Tipi			
	Kuvvetli	Orta	Zayıf	Seyreltik
Aluminyum (Al)	1000	650	400	250
Arsenik (As)	5	3	2	1
Kadmiyum (Cd)	4	2	2	1
Krom(Cr)	40	25	15	10
Kobalt (Co)	2	1	1	0.5
Bakır(Cu)	100	70	40	30
Demir (Fe)	1500	1000	600	400
Kurşun Pb)	80	65	30	25
Mangan (Mn)	150	100	60	40
Civa(Hg)	3	2	1	1
Nikel(Ni)	40	25	15	10
Gümüş(Ag)	10	7	4	3
Çinko(Zn)	300	200	130	80

Atıksu karakterizasyonunun detaylı olarak her bir kirletici kaynak için belirlenmesi gerektiği esastan hareketle, dünyadaki ölçümler ve ülkemizdeki çeşitli bölgelere ait deneysel çalışmalar değerlendirilmiş ve bu çalışmaların sonuçları ilgili tablolarda özetlenmiştir. Bu çalışmalar ağırlıklı olarak yaz ve kış nüfusunun çok farklı olduğu turistik yöreler ile yoğun kentleşmenin olduğu metropoliten İstanbul’un çeşitli bölgelerini kapsamaktadır. Turistik öneme sahip hassas bölgeleri yansıtmak üzere yapılmış olan bir çalışmada pilot bölge olarak Fethiye, Marmaris ve Bodrum seçilmiştir. Bu bölgelerin atıksuları Mayıs-Ekim döneminde 5 ay boyunca yaz ve kış sezonlarını karakterize edebilmek amacıyla incelenmiştir (Orhon vd., 1996). Bu çalışmaların yansıtıldığı Tablo 12 incelendiğinde, Fethiye karakterizasyonunun zayıf atıksu niteliğinde ol-

duğu ve en kuvvetli atıksu karakterinin Bodrum’a ait olduğu görülmektedir.

Atıksu karakterizasyonu azot giderimi açısından değerlendirildiğinde, toplam atıksu bazında KOİ/TKN oranının Fethiye için 8.5, Marmaris için 10 ve Bodrum için 10.5 olduğu, çökelmiş atıksu bazında bu oranın sırası ile 5.9, 6.4 ve 7 olarak değiştiği görülmektedir.

Birim kirletici yükleri

İstanbul için yapılan birim kirlilik yükü tespit çalışmaları projeksiyonları Tablo 13’te verilmektedir. Bunun yanında uzun süreli ölçümlerle bilimsel platformda yürütülen çeşitli çalışmalardan elde edilen konsantrasyonlar ise Tablo 14 ve Tablo 15’te verilmektedir.

Tablo 12. Turistik bölgelere ait evsel atıksu karakterizasyonu (Orhon vd., 1996)

Parametre	Fethiye		Marmaris		Bodrum	
	Ortalama mg/l	Aralık mg/l	Ortalama mg/l	Aralık mg/l	Ortalama mg/l	Aralık mg/l
KOİ Toplam	227	190-245	370	215-480	473	335-530
KOİ Çökelmiş	158	110-245	236	145-265	319	210-370
KOİ Süzölmüş	52	30-145	96	60-125	128	85-140
TKN	26.8	20-37	37	31-42	45	32-57
NH ₃ -N	17.9	11.5-21	26	21-34	33	26-41
OrganikN	8.9	2-16	11.2	7-15	12.3	0.5-21
TP	5.4	3.3-9	7.7	5.6-9	8.8	7-11
AKM	150	100-270	194	170-265	227	140-310
UAKM	136	90-235	177	160-230	199	120-290
Alkalinite	412	310-470	462	380-520	486	410-540
TÇM	615	580-680	2107	900-2980	2470	2190-2850
Yağ ve gres	102	60-210	127	80-200	162	115-230
Klorür	110	100-120	853	250-1275	1049	945-1190
Deterjan	2.3	1.3-3.2	3.7	2.8-4.9	4.5	3.2-5.
pH-	7.3	6.9-7.5	7.1	7.1-7.2	7.2	7.1-7.3

Tablo 13. İstanbul için önerilen birim kirletici değerleri (Orhon vd., 2000)

Parametre	Camp-Tekser	Watson Motor	Meriç
	(1975)	ve Temel (1986)	(1990)
	gr/kişi-gün	gr/kişi-gün	gr/kişi-gün
BOI ₅	50	60	60
AKM	75	70	70
N	8	10	10
P	2	2	2

Tablo 14. İstanbul'da ölçülmüş konsantrasyonlarla önerilen değerlere bakış

Parametre mg/l	Ölçülen		Önerilen (Meriç, 1990)	
	Orhon ve diğerleri, 1997	Okutman, 2001	Camp-Tekser, 1975	WMT, 1986
KOI	410	406	-	-
BOI ₅	180	-	285	375
AKM	210	190	428	438
Top N	43	41	46	62.5
Top P	7.2	8.3	11.5	12.5

Tablo 15. İstanbul'un evsel atıksu karakterizasyonu (Orhon vd., 1997)

Parametre mg/l	Kadıköy		Küçükçekmece		Baltalimanı		Ataköy		Yenikapı	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
KOI	220-775	450	345-480	400	265-645	340	160-350	270	280-1480	680
BOI ₅	150-410	220	160-210	185	73-200	150	-	-	110-425	300
TKN	22-73	49	38.6-46.7	42	23.9-57	35	22-63	37	27-92	66
NH ₃ -N	25-39	30.5	22.4-30.4	24.7	10-26.3	19.9	12-40	23	24-48.8	37
TP	5-15	8.1	6.1-9.6	7.4	5.8-63	6.8	3-12	7	3.6-13	7
AKM	140-930	310	165-270	200	85-318	140	-	-	110-820	480
UAKM	130-395	210	100-105	103	120-135	125	-	-	65-69	65
Alkalinite	90-400	310	315-350	330	200-220	210	190-260	212	190-230	215
Yağ ve Gres	62-135	84	180-230	206	110-155	124	-	-	137-150	146
Klorür	85-115	96.2	115-120	116	85-90	90	-	-	650-1500	1039
Deterjan	2.45-4.1	3.2	3.5-4.15	3.81	3.75-4.4	4.12	-	-	1.3-2.98	1.68
*pH	-	7.2	7.6-7.7	7.68	7.2-7.5	7.4	6.8-7.5	7.1	7.1-7.3	7.24
Fenol	026-0.64	0.52	0.04-1.48	0.41	0.056-0.136	0.08	-	-	0.7-1.0	0.77
Sülfat	1.7-3.04	2.37	-	-	<1.0-1.6	1.1	-	-	-	-

*pH birimsizdir

İstanbul evsel atıksularının karakterizasyonuna yönelik yapılmış çalışmalar ise Kadıköy, Küçükçekmece, Baltalimanı, Sefaköy, Yenikapı, Ömerli, Ataköy ve Tuzla'dan alınan örnekleri içermektedir. Kadıköy istasyonundaki çalışmalar birbirinden farklı dönemlerde yapılmış iki çalışmanın sonuçlarını kapsamaktadır.

Kadıköy, Küçükçekmece ve Baltalimanı, Ataköy, Yenikapı istasyonlarına ait çalışmalar ise Tablo 15'te ayrıntılı olarak verilmektedir. Yenikapı deşarjının deri atıksularını içermesi nede-

niyle bu istasyona ait değerlerin tipik evsel atıksu karakterinden farklılıklar gösterdiği görülmektedir.

Türkiye'deki atıksu karakterizasyonuna ilişkin ölçümlerin istatistiksel değerlendirilmesi

Türkiye genelinde evsel atıksu karakterizasyonunu ifade etmek amacıyla Ankara, Isparta, Antalya, Tarsus ve İzmir şehirleri atıksu arıtma te-

sislerinden elde edilen uzun süreli ölçüm değerleri Tablo 16’da verilmiştir.

Ölçüm sonuçları verilen atıksu arıtma tesislerinden Isparta ve Tarsus, yapımçı firmanın denetiminde Belediye personeli tarafından, Ankara atıksu arıtma tesisi ASKİ’ye bağlı olarak kurulmuş BELKA A.Ş tarafından, İzmir atıksu arıtma tesisi, İzmir Büyük Şehir Belediyesi bünyesindeki İZSU tarafından işletilmektedir. Antalya atıksu arıtma tesisi ölçüm sonuçları ise yapımçı firmanın işletme sorumlusu olduğu süre zarfında firma tarafından yapılmış olan ölçümlerin derlenmesi sonucunda elde edilmiştir. Elde edilen tüm ölçüm sonuçları tesisi işleten yetkililerden temin edilmiş olup en kısa dönemli ölçüm sonucu Isparta atıksu arıtma tesisine ait olup 165 günlük bir süreyi kapsamaktadır. Sırasıyla diğer tesislerin ölçüm süreleri ise, Antalya arıtma tesisinde 232 gün, Tarsus arıtma tesisinde 240 gün, İzmir arıtma tesisinde 275 gün ve Ankara arıtma tesisinde ise 250 günlük bir döneme aittir. Ölçümü yapılmış olan tesislerin yapıldığı illerdeki nüfuslar; Ankara için 3.203.362 kişi, İzmir için 2.232.265 kişi, Isparta için 148.496 kişi ve Antalya için 603.190 kişidir.

Ankara, Isparta, Antalya, Tarsus ve İzmir şehirlerine ait uzun süreli ölçüm sonuçları kuru

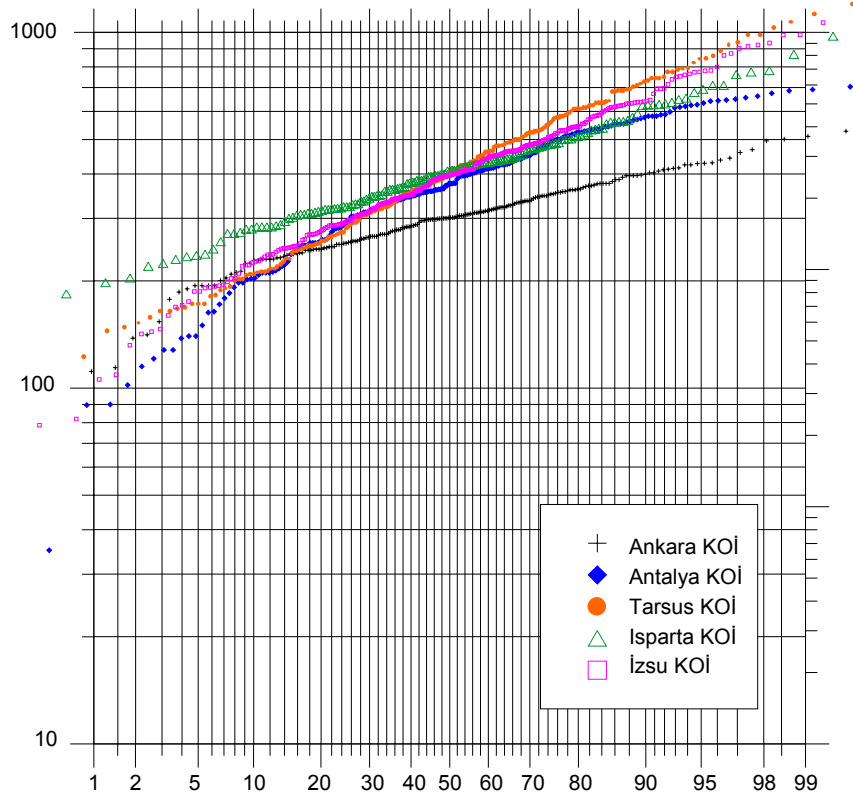
hava değerleri dikkate alınarak istatistiksel anlamda değerlendirilmiş, Şekil 1’de bu 5 şehre ait KOİ parametresinin % ihtimal değerleri yarı logaritmik ekseninde gösterilmiştir. Şekil 2’de ise Ankara atıksu arıtma tesisine ait KOİ, BOİ, AKM, NH₄-N, PO₄-P parametrelerinin % ihtimal değerleri yarı logaritmik ekseninde gösterilmiştir.

Atıksu arıtma tesisi tasarımına esas teşkil edebilmesi açısından kirletici parametrelere ait %70 ve %80 ihtimal değerlerine karşı gelen konsantrasyon değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Tablo 17’de 5 farklı şehrin kirletici parametrelerinin istatistiksel değerlendirme sonucu bulunan %70 ve %80 ihtimal değerlerine karşı gelen konsantrasyonları gösterilmiştir. Değişik büyüklükteki beş yerleşim biriminde çalışmakta olan atıksu arıtma tesislerinden elde edilen ölçüm sonuçları ve bunların istatistiksel anlamda değerlendirilmesi sonucunda konvansiyonel atıksu karakterizasyonu hakkında fikir edinilmiştir.

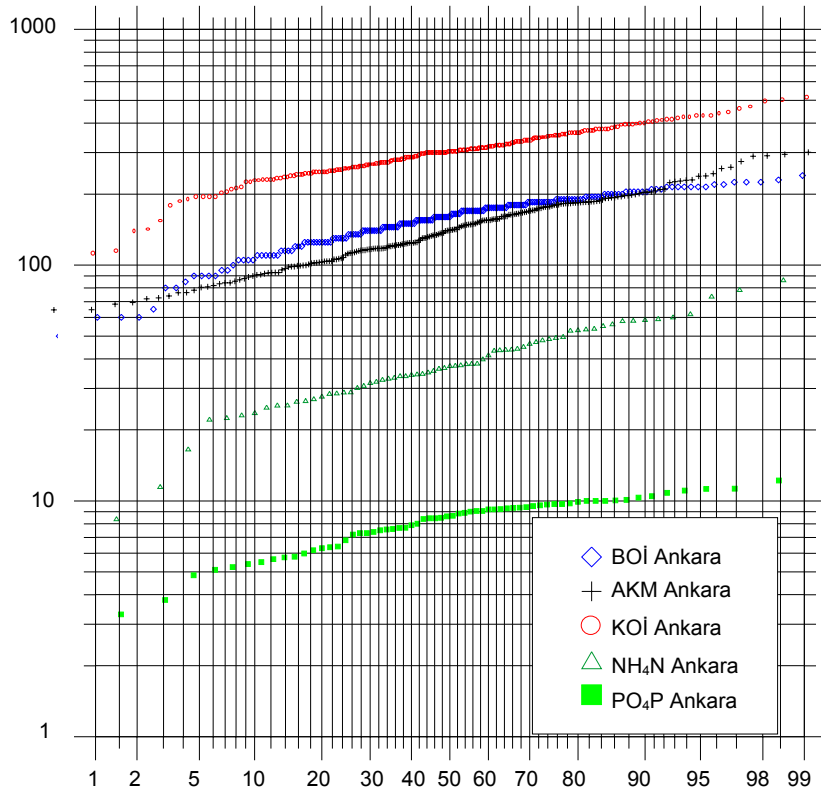
Atıksuyun arıtılabilirliği ile ilgili olarak mevcut karakterizasyonun yorumu yapıldığında ölçülmüş olan ortalama konsantrasyonların oranlanmasından elde edilen sonuçlar Tablo 18’de ifade edilmiştir.

Tablo 16. Türkiye’deki bazı şehir atıksularının karakterizasyonu (Erdoğan, 2004)

Tesis	KOİ (mg/l)		BOİ ₅ (mg/l)		AKM (mg/l)		TKN (mg/l)		TP (mg/l)	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
İzmir Arıtma Tesisi	79-1154	424	80-540	202	54-1188	250	16-97	41	2.52-27.6	7.68
Tarsus Arıtma Tesisi	100-1198	439	140-400	225	19-923	190	21-71	46	15-37	24
Antalya Arıtma Tesisi	35-704	386	30-475	252	18-840	266	9-50	27	1-14	6
Ankara Arıtma Tesisi	109-528	305	50-245	159	65-380	147	8-87	40	3.3-12.2	8.2
Isparta Arıtma Tesisi	184-976	423	150-450	251	75-836	158	-	-	-	-



Şekil 1. Farklı şehirlere ait KOİ parametresinin % ihtimal değerleri (Erdoğan, 2004)



Şekil 2. Ankara Atıksu Arıtma Tesisi'nin kirletici parametrelerinin % ihtimal değerleri (Erdoğan, 2004)

Tablo 17. Konvansiyonel parametrelerin ihtimal değerleri (Erdoğan, 2004)

Tesis	KOİ (mg/l)		BOİ ₅ (mg/l)		AKM (mg/l)		TKN (mg/l)		TP (mg/l)	
	%70	%80	%70	%80	%70	%80	%70	%80	%70	%80
	İhtimal Değeri	İhtimal Değeri	İhtimal Değeri	İhtimal Değeri	İhtimal Değeri	İhtimal Değeri	İhtimal Değeri	İhtimal Değeri	İhtimal Değeri	İhtimal Değeri
İzmir	483	544	220	240	267	305	45	51	8.1	8.3
Ankara	336	362	185	190	169	184	46	53	9.4	9.8
Isparta	470	510	280	306	165	193	-	-	-	-
Antalya	451	524	310	338	310	350	33	37	6.5	8.1
Tarsus	514	606	248	260	212	241	48	53	24	25

Tablo 18. Konvansiyonel parametrelerin oranları (Erdoğan, 2004)

Parametre	İstanbul	İzmir	Ankara	Tarsus	Isparta	Antalya
	Orhon ve diğerleri, 1997	Ölçülmüş Değerler				
BOİ ₅ /KOİ	0.46	0.47	0.52	0.51	0.59	0.65
KOİ/TKN	9.4	10.3	7.6	9.5	-	14.2
KOİ/TP	53.3	55.2	37.2	18.3	-	64

Sonuçlar ve değerlendirme

Türkiye genelinde su kullanımı için yapılmış olan çalışmaların günümüz koşulları altında değerlendirilmesi sonucunda İstanbul, Ankara, İzmir gibi büyük şehirlerin kısıtlı kaynaklarının optimum kullanılması amacıyla şebeke kayıplarının azaltılması için başlatmış olduğu hareketin yakın gelecekte tüm ülkeye yayılacağı düşünülmelidir. 1995 yılında ülke genelinde ortalama %40 olarak belirlenen su kaybı oranı, bu idarelerin görev alanlarında 47 olarak belirlenmiştir (www.yerelnet.org.tr, 2004). Buna paralel olarak geri kazanım, daha az su tüketen cihazların hayatımıza daha fazla girmesi ve bireylerin çevre bilincinin gelişmesi de şehirlerimizdeki kişisel su kullanımını azaltan diğer bir etken olacaktır. Bu noktadan hareketle yakın gelecekte su kullanımının ve su kayıplarının azalması ile nüfusa bağlı olarak oluşacağı tahmin edilen atıksu miktarı Tablo 19’da verilmiştir.

Değişik büyüklükteki beş yerleşim biriminde çalışmakta olan atıksu arıtma tesislerinden elde edilen ölçüm sonuçlarının istatistiksel anlamda değerlendirilerek değişik ülkelerde yapılmış çalışmaların sonuçları da göz önüne alınarak atıksu arıtma tesisi tasarımı için önerilen atıksu miktarlarının ve kirletici konsantrasyonlarının nüfusa bağlı oluşumları Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 19. Nüfusa bağlı su kullanımı ve atıksu oluşumu (Erdoğan, 2004)

Gelecekteki Nüfus kişi	Beklenen Su Kullanımı l/kişi.gün	Beklenen Atıksu Miktarı l/kişi.gün
5.000	110	80
7.500	110	80
10.000	120	90
15.000	120	90
25.000	120	90
35.000	130	100
50.000	130	100
75.000	130	100
100.000	130	100
150.000	160	125
200.000	160	125
250.000	160	125
400.000	175	140
500.000	175	140
750.000	175	140
1.000.000	200	160
1.500.000	200	160
2.000.000	200	160

Bu değerlerden hareket edilerek atıksu arıtma tesislerinin tasarımı esas teşkil edecek atıksu karakterizasyonu için nüfusa bağlı oluşacak atıksu miktarı esas alınarak önerilen birim kirletici yükleri Tablo 21’de verilmiştir. Her durumda proses ünitelerinin tasarımı yapılırken kabul edilen emniyet katsayıları ham atıksudaki kirletici konsantrasyonlarında oluşabilecek değişimler içinde yeterli emniyeti sağlanmış olacaktır.

Tablo 20. Nüfusa bağlı olarak tasarım için önerilen atıksu miktarı ve konsantrasyonları (Erdoğan, 2004)

Nüfus (kişi)	Su Kullanımı (l/kişi.gün)	Atıksu Miktarı (l/kişi.gün)	Önerilen Konsantrasyonlar (mg/l)				
			KOİ	BOİ	AKM	TKN	TP
5.000	110	80	690	315	415	70	11.0
7.500	110	80	690	315	415	70	11.0
10.000	120	90	670	305	400	67	10.7
15.000	120	90	670	305	400	67	10.7
25.000	120	90	670	305	400	67	10.7
35.000	130	100	650	300	390	65	10.4
50.000	130	100	650	300	390	65	10.4
75.000	130	100	650	300	390	65	10.4
100.000	130	100	650	300	390	65	10.4
150.000	160	125	560	260	340	56	8.9
200.000	160	125	560	260	340	56	8.9
250.000	160	125	560	260	340	56	8.9
400.000	175	140	535	245	320	54	8.6
500.000	175	140	535	245	320	54	8.6
750.000	175	140	535	245	320	54	8.6
1.000.000	200	160	500	230	300	50	8.0
1.500.000	200	160	500	230	300	50	8.0
2.000.000	200	160	500	230	300	50	8.0

Tablo 21. Nüfusa bağlı olarak tasarım için önerilen birim kirletici yükleri (Erdoğan, 2004)

Nüfus (kişi)	Atıksu Miktarı (l/kişi.gün)	Önerilen Birim Kirletici Yükleri (g/kişi-gün)				
		KOİ	BOİ	AKM	TKN	TP
5.000	80	55.2	25.2	33.2	5.6	0.88
7.500	80	55.2	25.2	33.2	5.6	0.88
10.000	90	60.3	27.45	36	6.03	0.96
15.000	90	60.3	27.45	36	6.03	0.96
25.000	90	60.3	27.45	36	6.03	0.96
35.000	100	65	30	39	6.5	1.04
50.000	100	65	30	39	6.5	1.04
75.000	100	65	30	39	6.5	1.04
100.000	100	65	30	39	6.5	1.04
150.000	125	70	32.5	42.5	7	1.11
200.000	125	70	32.5	42.5	7	1.11
250.000	125	70	32.5	42.5	7	1.11
400.000	140	74.9	34.3	44.8	7.56	1.2
500.000	140	74.9	34.3	44.8	7.56	1.2
750.000	140	74.9	34.3	44.8	7.56	1.2
1.000.000	160	80	36.8	48	8	1.28
1.500.000	160	80	36.8	48	8	1.28
2.000.000	160	80	36.8	48	8	1.28

Kaynaklar

APHA., (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th Ed., Washington D.C.

Arıkan, O., Demir, İ., Demir, A., Öztürk, İ., İnanç, B., Öztürk ve M., Tuyluoğlu, B.S., (1997). Changes in MSW quality and influence on waste management in Istanbul Metropolitan City, *Proceedings, Sixth International Landfill Symposium, Sardinia, İtaly*.

Aydın, G.G. ve Kocasoy, G., (2002). Investigation of appropriate initial composting and aeration method for co-composting of yard waste and market wastes, *Proceedings, Appropriate environmental and solid waste management and technologies for developing countries, ISWA 2002 Dünya Çevre Kongre ve Fuarı, 1277-1284, İstanbul*.

De Baere, L., Verdonc, O. ve Verstrate, W., (1985). High rate dry anaerobic composting process for

- the organic fraction of solid waste, *Proceedings, Biotechnology and Bioengineering Symposium*, 321-330.
- Epstein, E., (1997). *The Science of Composting*, Technomic Publishing Company, Inc., PA, USA.
- Erdoğan, A. O., (2004). Türkiye’de optimum maliyete dayalı atıksu arıtma tesisi tasarımı, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul.
- Hamoda, M.F., Abu Qdais, H.A. ve Newham, J., (1998). Evaluation of municipal solid waste composting kinetics, *Resources, Conservation and Recycling*, **23**, 4, 209-223.
- Haug, R.T., (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*, Lewis Publishers, Florida, USA.
- Henze, M., Gujer, W., Mino, T., Matsuo, T., Wentzel, C. M., Marias, G., (1995). Activated sludge model No:2, IAWQ Sci and Tech report No:3, London, England.
- Jimenez, E.I. ve Garcia, V.P., (1989). Evaluation of city refuse compost maturity, *Biological Wastes*, **27**, 115-142.
- Keller, P., (1961). Methods to evaluate maturity of compost, *Compost Science.*, **2**, 7, 20-26.
- Mata Alvarez, J. Mace, S. ve Llabres, P., (2000). Anaerobic digestion of organic solid wastes. an overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technology*, **74**, 1, 3-16.
- Morel J.L., Colin, F., Germon, J.C., Godin, P ve Juste, C., (1985). *Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost*, Ed. Glasser, J. K. R., In *Composting of Agricultural and Other Wastes*, 56-72, Elsevier Applied Sci. Pub., New York.
- Orhon, D., Sözen, S., Artan, N., Babuna, F. G., Eremektar, G., İnel, G., Görgün, E., Taşlı, R., Çokgör, E. U., Ateş, E., Avcıoğlu, E., (2000). Evsel atıksularda azot gideren tek kademeli aktif çamur sistemlerinin tasarımı için standart oluşturulması, TÜBİTAK Projesi, No: YDABÇAG-584/Ü-7.
- Orhon, D., Ateş, E., Sözen, S., Çokgör, E. U., (1997). Characterisation and COD fractionation of domestic wastewater, *Environmental Pollution*, **95**, 2, 191-204.
- Orhon, D., Tünay, O., Germirli, F., Artan, N., Sözen, S., Taşlı, R., Çokgör, U. E., Görgün, E., (1996). Hassas bölgelerde atıksu karakterizasyonu ve arıtılabilirliği, hassas bölgelerde en uygun arıtma teknolojileri ve atıksu yönetimi sonuç raporu, Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı.
- Öztürk, İ., Arıkan, O.A., Baştürk, A., Tüylüoğlu, B.S. ve Öztürk, M., (1997). İstanbul’un katı atık yönetimi, *Çevre ve Toplum Sempozyumu*, 12-13 Nisan, İstanbul.
- Ponse, M. N., Spanjers, H., Baetens, D., Nowak, O., (2001). Wastewater characteristics in Europe, a survey, Cost 624.
- Sarıkaya, H. Z., (2002). Master Plana Göre İstanbul’da arıtma çamurlarının yönetimi ve kontrolü, Türk-Alman atıksu arıtma çamurlarının yönetimi ve kontrolü semineri, 30 Ekim-1 Kasım 2002, İstanbul.
- SSSA, (1996). *Methods of Soil Analysis: Chemical Methods*, Part 3., Eds. Sparks, D.L., American Society of Agronomy, Wisconsin, USA.
- Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, (2001). 10.12.2001 tarih ve 24609 sayılı Resmi Gazete, Çevre Bakanlığı, Ankara.
- Tosun, İ., (2003). Gül işleme posasının evsel katı atıklarla birlikte kompostlaşabilirliği, *Doktora Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- U.S.E.P.A., (1995). A Guide to the Biosolids Risk Assessment for the EPA Part 503 Rule, *U.S. Environmental Protection Agency, Office of Wastewater Management*, EPA832-B-93-005.