

## Bursa'da Faaliyet Gösteren Sanayi Kuruluşlarının Kirletici Etkilerinin Araştırılması

Uğur Günşen<sup>1</sup> Şahsene Anar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dr. Veteriner Hekim, Gıda Kontrol ve Merkez Araştırma Enstitüsü, Bursa.

<sup>2</sup> Doç. Dr. Uludağ Üniv. Vet. Fak. Besin Hijyeni ve Teknolojisi A.B.D., Bursa.

\* Bu çalışma, aynı başlıklı doktora tezinden özetlenmiştir.

### Özet

Son yıllarda sanayileşme bakımından hızlı ilerleme kaydeden ülkemizde, çevre kirliliği ile ilgili sorunlar kendini belirgin bir şekilde hissettirmeye başlamıştır. Özellikle sanayinin büyük gelişmeler gösterdiği Bursa ve çevresinde bu sorunları bir arada görmek mümkündür. Bu çalışmada, yetersiz veriye sahip olarak hızla gelişen endüstriyel yapıya sahip Bursa kentinde, önemli bir çevresel sorun olan çeşitli sanayi kuruluşlarına ait atık suların miktarı ve karakterizasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bursa'da çeşitli dallarda faaliyet gösteren toplam 223 adet sanayi kuruluşundan alınan 2 saatlik ve 24 saatlik kompozit numuneler, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Alıcı Ortama Deşarj Standartları'nda kirlilik parametreleri olarak bildirilen biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam askıdaki katı maddeler (T.AKM), yağ-gres, amonyak azotu, toplam fosfor, toplam sülfür, toplam fenolik maddeler ve deterjan miktarları yönünden analiz edildiler.

Sanayi kuruluşlarından Nilüfer Çayı ve kollarına günde toplam 41413,87 m<sup>3</sup> atık su deşarjı ile birlikte toplam 254504 mg/l, 49878,51 kg/gün BOİ<sub>5</sub>, 616585 mg/l, 73237,32 kg/gün KOİ, 76844 mg/l, 4819,74 kg/gün T.AKM, 92435.9 mg/l, 3667,81 kg/gün yağ-gres, 6109 mg/l, 1337,95 kg/gün amonyak azotu, 100.3 mg/l, 1,492 kg/gün toplam fosfor, 11484.64 mg/l, 2826,94 kg/gün toplam sülfür, 195.15 mg/l, 136,36 kg/gün toplam fenolik maddeler ve 47 mg/l, 0,705 kg/gün deterjan girdiği tespit edilmiştir. Arıtma tesisine sahip olan birkaç sanayi kuruluşunda ise arıtma işlemlerinin yeterli olduğu söylenemez.

Sonuç olarak, Bursa şehrinde yapımı tamamlanan 2 farklı bölgedeki arıtma tesislerinde, uygulanmak istenen anaerobik arıtma sisteminin tek başına yeterli olamayacağı kanısına varılmıştır. Böylelikle anaerobik arıtma sistemini tamamlayan aktif çamur ve biyolojik arıtma sistemlerinin yapımı ile ilgili girişimler hızlandırılmalıdır. Ayrıca çevre kirliliği konusundaki yetki karmaşasını gideren düzenlemelerin yapılmasıyla yasal boşlukların kapatılması yerinde olacaktır.

**Anahtar Kelimeler :** atık su, kirlilik parametreleri, Bursa, sanayi kuruluşları

### The Research for Pollutant Effects of Industrial Companies, Activity in Bursa

#### Abstract

In recent years, environmental pollution has been very big problem in our country due to improved industrialization. Especially, all kinds of environmental pollution are appreciated in Bursa, a province experienced important expansion of industrialization. The aim of this study is to determine characterization and amount of waste water from some industrial companies which have caused important industrial problems in Bursa where fastly growing up industrial structure is present.

2-hours and 24-hours composite samples, collected from totally 223 industrial companies in some kinds of industrial branches in Bursa were analysed for levels of biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), chemical oxygen demand (COD), total suspended solid materials (TSSM), oil and grease, ammoniac nitrogen, total phosphorus, total sulphur, total phenolic materials and detergents as given pollution parametres in Disposal Standarts to Receiver Medium in Control Regulations for Water Pollution.

Total of 254504 mg/l, 49878,51 kg per day BOD<sub>5</sub>, 616585 mg/l, 73237,32 kg per day COD, 76844 mg/l, 4819,74 kg per day TSSM, 92435.9 mg/l, 3667,81 per day oil and grease, 6109 mg/l, 1337,95 kg per day ammoniac nitrogen, 100.3 mg/l, 1,492 kg per day phosphorus, 11484.64 mg/l, 12826,94 kg per day sulphur, 195.15 mg/l, 136,36 kg per day phenolic materials and 47 mg/l, 0,705 kg per day detergents from 41413,87 m<sup>3</sup> waste water in total which have been disposed into Nilüfer Stream and its branches.

As a result, it was concluded that the system of anaerobic treatment which have just been built up and being experimented in 2 different areas in Bursa will not be able to meet the requirements alone. For this reason, attempts regarding building up of active sludge and biological treatment systems which support the anaerobic treatment system must be rapidly started. Furthermore, it will be appropriate that filling legal gaps by making new regulations which could eliminate authority confusion about environmental pollution.

**Key Words :** Waste water, pollution criterias, Bursa, industrial companies

Çevre, içinde yaşamın yer aldığı fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyal etkinliklerin sürdüğü ortam olarak tanımlanabilir. Kirlenme ise "çevre kalitesinin, insanların yaşam süreçleri nedeniyle çevre kaynaklarından herhangi bir yararlanma olasılığını kısıtlayacak ölçüde bozulması olayı" olarak tanımlanmaktadır (1).

Günümüzde su kirlenmesinin ana kaynakları, evsel pisular ile, endüstri kuruluşları tarafından

atılan kullanılmış sular ve sıvı artıklardır (2, 3). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), yüzeysel suları kirletebilecek unsurları; bakteriler, virüsler ve diğer hastalık yapıcı canlılar, organik maddelerden kaynaklanan kirlenme, endüstriyel atıklar, yağlar ve benzeri maddeler, sentetik deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, yapay organik kimyasal maddeler, inorganik kirlenme, yapay ve doğal tarımsal gübreler ve atık ısı şeklinde sınıflandırmaktadır.

Endüstriyel atıkların karakteri ve çevredeki etkileri, kaynağına bağlı olarak değişkenlik gösterirken, genelde alıcı ortamdaki fotosentez - solunum dengesinin bozulması şeklinde belirginleşir. Endüstriyel sistemlerden kaynaklanan atıkların çevredeki etkileri çok daha belirgin ve doğa tarafından kolayca özümsemeye niteliktedir (4, 5).

Endüstrileşen bölgelerde kirlenmenin engellenmesi amacıyla yapılacak çevreye yönelik yatırımların gerçekleştirilmesinde ilk adım, atık su miktar ve karakterizasyonunun saptanmasıdır. Atık su miktar ve karakterizasyonunun sağlıklı belirlenememesi, ekonomik kayıplar doğuracak ve kirlenmenin önlenememesi sorununu ortaya çıkartacaktır (6).

Bu çalışmada, yetersiz veriye sahip olarak hızla gelişen bir endüstriyel yapıya sahip olan Bursa kentinde, oldukça önemli bir çevresel problem kaynağı olan çeşitli sanayi kuruluşlarına ait atık suların miktarı ve karakterizasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

### Materyal ve Metod

Çalışmada, öncelikle Bursa Sanayi ve Ticaret Odası'na kayıtlı bulunan kuruluşların dökümü yapılarak Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (7)'ne göre proses atık suyu oluşturan toplam 223 adet kuruluş belirlendi. Bu kuruluşlardan 104 adedi tekstil, 32 adedi deri, 26 adedi gıda, 18 adedi otomotiv, 10 adedi metal, 7 adedi kauçuk ve plastik sanayi, 3 adedi organik ve inorganik kimyasal maddeler, 2 adedi taş toprağa bağlı, 1 adedi de kağıt sanayi ve 20 adedi de diğer kirleticiler gruplarına dahil olan kuruluşlardı (Tablo 1).

Atık su numuneleri, 1996 - 1998 yılları arasında aylık periyodlarla, belirlenen deşarj noktaları ve arıtma tesisine sahip kuruluşların arıtma öncesi ve sonrası deşarjlarından ISCO 3700 Portable Samplers numune alma cihazı kullanılarak elde edildi. Cihaz programlanarak Metal, Otomotiv ve Taşa Toprağa Bağlı Sanayi gruplarında yer alan kuruluşlardan her yarım saatte bir 2 şer saatlik, diğer sanayi kategorilerinden ise her saatte bir 24 saatlik kompozit olarak alınan numuneler, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Alıcı Ortama Deşarj Standartları'nda kirlilik parametreleri olarak belirtilen BOİ<sub>5</sub>, KOİ, T.AKM, yağ-gres, amonyak azotu, toplam fosfor, toplam sülfür, toplam fenolik maddeler ve deterjan miktarları yönünden APHA, AWWA, WPCF ' te belirtilen metodlara göre analiz edildiler (8). Analizler, 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilerek her parametreye ait ortalama değerler alındı.

**Tablo 1.** Bursa'da faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarının, sanayi grubu ve alt gruplarına göre dağılımı.

Sanayi Grubu	Alt Grup	Kuruluş Sayısı	Sanayi Grubu	Alt Grup	Kuruluş Sayısı
Tekstil Sanayi (n = 104)	Kumaş Boyama, Apre	62	Otomotiv Sanayi (n = 18)	Entegre Oto Sanayi	3
	İplik Boyama	21		Oto Yan Sanayi	15
	Entegre Tekstil	12		Org. ve İnorg. Kim. Mad.	2
	Ham İpek Üretimi	5		Sanayi (n = 3)	Deterjan Üretimi
	Sentetik İplik İmalatı	4			
Gıda Sanayi (n = 26)	Meşrubat Sanayi	3	Taş Toprağa Bağlı San (n = 2)	Cam Üretimi	2
	Un İmalatı	7		Kağıt Sanayi (n = 1)	Kul. Kağıttan Üretim
	Süt ve Süt Ürünleri	5	Metal Sanayi (n = 10)	Metal Hazır. ve İşleme	7
	Konserve Sanayi	5		Demir - Çelik Üretimi	3
	Yağ Eldesi	3		Org. ve İnorg. Kimyasal Mad.	2
	Şekerli Ürünler	2	Sanayi (n = 3)	Boyar Madde Üretimi	2
	Entegre Et Tesisleri	1		Deterjan Üretimi	1
Deri Sanayi (n = 32)	Entegre Deri Sanayi	32	Diğer Kirleticiler (n = 20)	Makine Üretimi ve	20
				Benzin İstasyonları	

Atık suların kirlilik yükleri, kuruluşların deşarj noktalarında yapılan m<sup>3</sup>/gün birimindeki debi ölçümlerine göre belirlendi. Debi ölçümleri ISCO 4200 Series Flow Meters otomatik debi ölçme cihazı kullanılarak yapıldı. Debi miktarları ile atık suya ait olan BOİ<sub>5</sub>, KOİ, T.AKM, yağ-gres,

amonyak azotu, toplam fosfor, toplam sülfür, toplam fenolik maddeler ve deterjan değerleri ayrı ayrı çarpılarak her parametreye ait kirlilik yükü g/gün olarak hesaplandı. Elde edilen değerin 1000'e bölünmesiyle kirlilik yükü kg/gün biriminde belirlendi.

**Tablo 2.** Sanayi kuruluşlarının mg/l ve kg/gün birimlerindeki kirlilik yükleri

Parametreler	Debi (m <sup>3</sup> /gün)	BOİ <sub>5</sub> (mg/l.)	BOİ <sub>5</sub> (kg/gün)	KOİ (mg/l.)	KOİ (kg/gün)	T.AKM (mg/l.)	T.AKM (kg/gün)	Yağ-gres (mg/l.)	Yağ-gres (kg/gün)	A.Azot (mg/l.)
Tekstil Sanayi	28499,4	113540	38020,90	258193	56775,01	8353	1780,46	77785	2366,92	-
Deri Sanayi	447	72970	741,41	202951	1838,73	62061	350,32	6666	87,37	-
Gıda Sanayi	4892,5	63685	11030,17	80966	9589,05	4088	87,97	1500	783,89	-
Otomotiv Sanayi	6613,27	-	-	43408	4036,93	-	-	957	231,34	5290
Metal Sanayi	393,7	-	-	8667	417,53	829	36,89	2479	57,73	819
Kauçuk ve Plastik Sanayi	49,7	1542	15,87	3289	36,90	555	6,01	146	1,62	-
Org. ve İnorg. Mad. Sanayi	54	2139	41,90	3879	74,20	273	4,45	-	-	-
Taşa Toprağa Bağlı Sanayi	17	-	-	638	6,55	-	-	-	-	-
Kağıt Sanayi	45	628	28,26	1326	59,67	685	430,18	-	-	-
Diğer Kirleticiler	402,3	-	-	13268	402,751	-	-	2902,9	138,94	-
Parametreler	Debi (m <sup>3</sup> /gün)	A.Azot (kg/gün)	Toplam Fosfor (mg/l.)	Toplam Fosfor (kg/gün)	Toplam Sülfür (mg/l.)	Toplam Sülfür (kg/gün)	Toplam Fenoller (mg/l.)	Toplam Fenoller (kg/gün)	Deterjan (mg/l.)	Deterjan (kg/gün)
Tekstil Sanayi	28499,4	-	-	-	1358,04	2743,05	195,15	75,34	-	-
Deri Sanayi	447	-	-	-	2011,1	5,35	-	-	-	-
Gıda Sanayi	4892,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otomotiv Sanayi	6613,27	1296,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Metal Sanayi	393,7	41,24	-	-	47,5	3,33	-	-	-	-
Kauçuk ve Plastik Sanayi	49,7	-	97,5	1,45	-	-	-	-	-	-
Org. ve İnorg. Mad. Sanayi	54	-	2,8	0,042	-	-	-	-	47	0,705
Taşa Toprağa Bağlı Sanayi	17	-	-	-	8068	75,21	-	-	-	-
Kağıt Sanayi	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diğer Kirleticiler	402,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 3. Bursa'da faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarının mg/l. birimindeki en düşük, en yüksek ve ortalama kirlilik yükleri.

Sanayi Grubu	TEKSTİL SANAYİ (n = 104)			OTOMOTİV SANAYİ (n = 18)			ORGANİK ve İNORGANİK KİMYASAL MADDELER SANAYİ (n = 3)				
	Kirlilik Parametresi (mg/l.)	En Düşük (mg/l.)	En Yüksek (mg/l.)	Ortalama (mg/l.)	Kirlilik Parametresi (mg/l.)	En Düşük (mg/l.)	En Yüksek (mg/l.)	Ortalama (mg/l.)			
BOİ <sub>5</sub>	11	26735	965.46 ± 254.38	KOİ	36	30278	2411.56 ± 1647.9	BOİ <sub>5</sub> (2)*	1005	1134	1069.5 ± 64.5
KOİ	28	50368	2482 ± 604.94	Yağ - gres	2.5	168	53.167 ± 12.75	KOİ	386	1845	1293 ± 457.06
T.AKM (74)*	8	1159	112.87 ± 20.91	A. Azot	44	752	293.89 ± 56.48	T.AKM	38	194	91 ± 51.5
T.Sulfür	0.1	104.2	4.04 ± 1.307	Kirlilik Parametresi		METAL SANAYİ (n = 10)		T. Fosfor (1)*	-	-	2.8
T.Fenol	0.1	29.4	2.52 ± 0.569	KOİ	43	4624	866.7 ± 501.45	Deterjan (1)*	-	-	47
Kirlilik Parametresi	DERİ SANAYİ (n = 32)			T.AKM (7)*	14	297	118.42 ± 39.28	Kirlilik Parametresi	TAŞA TOPRAĞA BAĞLI SANAYİ (n = 2)		
	BOİ <sub>5</sub>	74	17930	2280.31 ± 700.34	Yağ - gres	5	936		247.9 ± 112.32	KOİ (2)*	158
KOİ	209	44826	6342.09 ± 1761.74	A. Azot (7)*	73	166	117 ± 13.485	T.Sulfür (2)*	3086	4982	4034 ± 948
T.AKM	91	16568	1939.4 ± 756.71	T.Sulfür (7)*	0.2	24	6.78 ± 3.58	Kirlilik Parametresi	KAĞIT SANAYİ (n = 1)		
T.Sulfür	0.5	354	62.84 ± 16.82	Kirlilik Parametresi	KAUÇUK ve PLASTİK SANAYİ (n = 7)			BOİ <sub>5</sub>	-	-	628
Yağ - gres	32	1170	208.31 ± 36.79	BOİ <sub>5</sub>	42	536	220.28 ± 73.35	KOİ	-	-	1326
Kirlilik Parametresi	GIDA SANAYİ (n = 26)			KOİ	18	1094	469.85 ± 154.55	T.AKM	-	-	685
	BOİ <sub>5</sub> (23)*	3	16420	2459.52 ± 839.06	T.AKM	9	165	79.28 ± 22.94	Kir. Paramet.	DİĞER KİRLİTİCİLER (n = 1)	
KOİ	4	18980	3387.76 ± 893.46	Yağ - gres (3)*	39	62	48.67 ± 6.88	KOİ	73	3228	663.4 ± 169
T.AKM (7)*	15	2565	584 ± 334.48	T. Fosfor (3)*	15.5	58	32.5 ± 12.98	Yağ - gres	752	4.6	145.14 ± 41.7
Yağ - gres (9)*	30	380	166.67 ± 35.97					A. Azot (3)*	158	324	250 ± 48.76

n = Analiz edilen atık su numune sayısı.

\* = Alt gruba belirlenen kirlilik parametrelerine göre analiz edilen numune sayısı.

Tablo 4. Bursa'da faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarının kirillik parametrelerine göre belirlenen mg/l birimindeki kirillik düzeylerinin dağılımları ve yüzdeleri.  
n = Analiz edilen numune sayısı.

TEKSTİL SANAYİ (n = 104)			DERİ SANAYİ (n = 32)			GIDA SANAYİ (n = 26)			METAL SANAYİ (n = 10)			KAUÇUK ve PLASTİK SANAYİ (n = 7)		
BOİS	Adet	%	BOİS	Adet	%	BOİS (n = 23)	Adet	%	KOİ	Adet	%	BOİS	Adet	%
0 - 80 mg/l	17	16,34	0 - 100 mg/l	1	3,13	0 - 230 mg/l	7	30,43	0 - 200 mg/l	6	60	0 - 50 mg/l	1	14,28
80 - 1000 mg/l	62	59,61	100 - 1000 mg/l	16	50	230 - 1000 mg/l	8	34,78	200 - 1000 mg/l	2	20	50 - 150 mg/l	3	42,85
1000 - 10000 mg/l	20	19,23	1000 - 10000 mg/l	13	40,62	1000 - 10000 mg/l	7	30,43	1000 - 5000 mg/l	2	20	150 - 600 mg/l	3	42,85
10000 - 30000 mg/l	5	4,8	10000 - 20000 mg/l	2	6,25	10000 - 20000 mg/l	1	4,34	T.AKM (n = 7)	Adet	%	KOİ	Adet	%
KOİ	Adet	%	KOİ	Adet	%	KOİ	Adet	%	0 - 125 mg/l	3	42,85	0 - 100 mg/l	2	28,57
0 - 300 mg/l	22	21,15	0 - 200 mg/l	-	-	0 - 200 mg/l	4	15,38	125 - 300 mg/l	4	57,15	100 - 500 mg/l	2	28,57
300 - 1000 mg/l	24	23,07	200 - 10000 mg/l	29	90,62	200 - 1000 mg/l	4	15,38	YAĞ - GRES	Adet	%	500 - 1100 mg/l	3	42,85
1000 - 10000 mg/l	52	50	10000 - 50000 mg/l	3	9,37	1000 - 10000 mg/l	16	61,53	0 - 20 mg/l	2	20	T.AKM	Adet	%
10000 - 55000 mg/l	6	5,76	T.AKM	Adet	%	10000 - 20000 mg/l	2	7,69	20 - 100 mg/l	5	50	0 - 45 mg/l	2	28,57
T.AKM (n = 74)	Adet	%	0 - 150 mg/l	10	31,25	T.AKM (n = 7)	Adet	%	100 - 1000 mg/l	3	30	45 - 100 mg/l	3	42,85
0 - 100 mg/l	53	71,62	150 - 1000 mg/l	18	56,25	0 - 40 mg/l	1	14,28	A.AZOT (n = 7)	Adet	%	100 - 200 mg/l	2	28,57
100 - 500 mg/l	19	25,67	1000 - 10000 mg/l	2	6,25	40 - 1000 mg/l	5	71,42	0 - 100 mg/l	3	57,15	0 - 10 mg/l	-	-
500 - 1200 mg/l	2	2,7	10000 - 20000 mg/l	2	6,25	1000 - 3000 mg/l	1	14,28	100 - 200 mg/l	4	57,15	10 - 70 mg/l	3	100
T.SÜLFÜR	Adet	%	T.SÜLFÜR	Adet	%	YAĞ - GRES (n=9)	Adet	%	T.SÜLFÜR (n = 7)	Adet	%	T.FOSFOR	Adet	%
0 - 1 mg/l	60	57,69	0 - 1 mg/l	3	9,37	0 - 40 mg/l	1	11,11	0 - 2 mg/l	3	42,85	0 - 1 mg/l	-	-
1 - 10 mg/l	34	32,69	1 - 10 mg/l	16	50	40 - 100 mg/l	2	22,22	2 - 10 mg/l	2	28,57	1 - 60 mg/l	3	100
10 - 110 mg/l	10	9,61	10 - 100 mg/l	5	15,62	100 - 500 mg/l	6	66,67	10 - 30 mg/l	2	28,57	DİĞER KIRLETİCİLER (n = 20)		
T.FENOL	Adet	%	100 - 400 mg/l	8	25	OTOMOTİV SANAYİ (n = 18)			TAŞA TOPRAĞA BAĞLI SANAYİ (n = 2)			KOİ		
0 - 0,5 mg/l	22	28,2	YAĞ - GRES	Adet	%	KOİ	Adet	%	0 - 200 mg/l	1	50	0 - 150 mg/l	4	20
0,5 - 10 mg/l	51	65,38	0 - 20 mg/l	-	-	0 - 800 mg/l	11	61,11	200 - 500 mg/l	1	50	150 - 1000 mg/l	13	65
10 - 30 mg/l	5	6,41	20 - 100 mg/l	9	28,12	800 - 10000 mg/l	6	33,33	T.SÜLFÜR	Adet	%	1000 - 3500 mg/l	3	15
ORG. ve İNORG.KİM.MAD. SANAYİ (n = 3)			100 - 500 mg/l	22	68,75	10000 - 31000 mg/l	1	5,56	0 - 3000 mg/l	-	-	0 - 10 mg/l	4	20
BOİS (n = 2)	Adet	%	500 - 1500 mg/l	1	3,12	YAĞ - GRES	Adet	%	3000 - 5000 mg/l	2	100	10 - 750 mg/l	16	80
0 - 30 mg/l	-	-	ORG. ve İNORG.KİM.MAD. SANAYİ (n = 3)			0 - 20 mg/l	8	44,44	KAĞIT SANAYİ (n = 1)			A.AZOT (n = 3)	Adet	%
30 - 1200 mg/l	2	100	100 - 200 mg/l	1	33,33	20 - 100 mg/l	5	27,78	BOİS	Adet	%	0 - 100 mg/l	-	-
KOİ	Adet	%	T.FOSFOR (n = 1)	Adet	%	100 - 200 mg/l	5	27,78	0 - 50 mg/l	-	-	100 - 350 mg/l	3	100
0 - 150 mg/l	-	-	0 - 1 mg/l	-	-	A.AZOT	Adet	%	50 - 1000 mg/l	1	100	KAĞIT SANAYİ (n = 1)		
150 - 1000 mg/l	1	33,33	1 - 3 mg/l	1	100	0 - 300 mg/l	9	50	KOİ	Adet	%	T.AKM	Adet	%
1000 - 2000 mg/l	2	66,67	DETARJAN	Adet	%	300 - 500 mg/l	5	27,78	0 - 200 mg/l	-	-	0 - 60 mg/l	-	-
T.AKM	Adet	%	0 - 5 mg/l	-	-	500 - 800 mg/l	4	22,22	200 - 1500 mg/l	1	100	60 - 700 mg/l	1	100
0 - 100 mg/l	2	66,67	5 - 50 mg/l	1	100									

Tablo 5. Arıtma tesisi yapan kuruluşların atık sularına ait analiz sonuçları.

Numune No.su	1		2		3	
Sanayi Kategorisi	Otomotiv sanayi		Otomotiv Sanayi		Tekstil Sanayi	
Sanayi Alt Kategorisi	Entegre Oto Sanayi		Entegre Oto Sanayi		Kumaş Boyama ve Apre	
Parametreler	Arıtma Öncesi	Arıtma Sonrası	Arıtma Öncesi	Arıtma Sonrası	Arıtma Öncesi	Arıtma Sonrası
BOİ <sub>5</sub> (mg/l.)	-	-	-	-	285	70
KOİ (mg/l.)	1076	785	1680	764	869	298
T. AKM (mg/l.)	-	-	-	-	137	85
Yağ – gres (mg/l.)	134	18	105	16	-	-
A. Azot (mg/l.)	472	278	469	252	-	-
T. Sülfür (mg/l.)	-	-	-	-	0,5	0,5
T. Fenol (mg/l.)	-	-	-	-	0,6	0,45

Tablo 6. Sanayi kuruluşlarının toplam kirlilik yükleri.

Kirlilik Parametreler	Kirlilik Yükü mg / l.	Kirlilik Yükü kg / gün
Toplam BOİ <sub>5</sub>	254504	49878,51
Toplam KOİ	616585	73237,32
Toplam AKM	76844	4819,74
Toplam Yağ – gres	92435,9	3667,81
Toplam A. Azot	6109	1337,95
Toplam Fosfor	100,3	1,492
Toplam Sülfür	11484,64	2826,94
Toplam Fenoller	195,15	136,36
Toplam Deterjan	47	0,705
<b>TOPLAM DEBİ ( m<sup>3</sup> / gün ) : 41413,87</b>		

## Bulgular

Bursa'da faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarına ait atık su numunelerinden elde edilen sonuçlar, tablolar halinde sunulmuş olup, sanayi kuruluşlarının mg/l. ve kg/gün birimlerindeki kirlilik yükleri Tablo 2. de, kuruluşların mg/l. birimindeki en düşük, en yüksek ve ortalama kirlilik yükleri Tablo 3. de, kirlilik parametrelerine göre belirlenen mg/l. birimindeki kirlilik düzeylerinin dağılımları ve yüzdeleri ise Tablo 4. de özetlenmiştir. Tablo 5. de arıtma tesisine sahip sanayi kuruluşlarının atık sularına ait analiz sonuçları, Tablo 6. da ise sanayi kuruluşlarının mg/l. ve kg/gün birimlerindeki toplam kirlilik yükleri görülmektedir.

## Tartışma

Araştırmada elde edilen bulguların karşılaştırılması, Bursa İli ve çevresinde bu türden yapılmış herhangi bir araştırmaya rastlanılmadığından dolayı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde bildirilen çeşitli sanayilere ait Atık Suların Alıcı Ortama Deşarj Standartları (7) kullanılarak yapıldı.

Bursa'da yer alan sanayi grupları içinde en büyük grubu oluşturan tekstil sanayisine ait toplam 104 adet atık su numunesinin 87 adedi (% 83.34) BOİ<sub>5</sub>, 82 adedi (% 78.85) KOİ, 21 adedi (% 28.21) T.AKM, 44 adedi (% 42.3) toplam sülfür ve 56 adedi (% 71.79) ise toplam fenol yönünden Tekstil Sanayi Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları'nda verilen limit değerlere uygun değildirler. Belirlenen ortalama BOİ<sub>5</sub>, KOİ, toplam sülfür ve fenol yükleri, ilgili standarttaki limitlerin sırasıyla yaklaşık 12, 23 ve 4'er katlarıdır. Ortalama T.AKM yükü ise sınır değerinin hemen biraz üzerindedir.

Toplam 32 adet kuruluşun yer aldığı deri sanayi grubuna ait atık su numunelerinin 31 adedi (% 96.87) BOİ<sub>5</sub>, tüm numunelerin (% 100) KOİ ve yağ-gres, 22 adedi (% 68.75) T.AKM, 29 adedi (% 90.63) ise toplam sülfür yönünden ilgili yönetmelikteki Deri Sanayi Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları ile uyum içinde değildir. Ortalama BOİ<sub>5</sub>, KOİ, T.AKM, toplam sülfür ve yağ-gres kirlilik yükleri, verilen limitlerin sırasıyla yaklaşık 23, 32, 13, 62 ve 58.5 katlarıdır.

Gıda sanayi grubuna ait toplam 26 adet atık su numunesinde limit değerlere göre yapılan karşılaştırmada, 16 adedi (% 69.57) BOİ<sub>5</sub>, 22 adedi (% 84.62) KOİ, analizi yapılan 7 adet numunenin 6'sının (% 85.71) T.AKM ve 9 adet numuneden 8 adedi (% 88.89) yağ-gres bakımından Gıda Sanayi Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları'na uygun değildir. Ortalama BOİ<sub>5</sub>, KOİ, T.AKM ve yağ-gres kirlilik yükleri, verilen limitlerin sırasıyla yaklaşık 11, 17, 15 ve 4 katlarıdır.

Toplam 18 adet kuruluştan oluşan otomotiv sanayi grubuna ait atık su numunelerinde saptanan değerler bakımından 7 adedi (% 38.89) KOİ, 10 adedi (% 55.56) yağ-gres ve 9 adedi (% 50) ise amonyak azotu yönünden Otomotiv Sanayi Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları ile uygunluk göstermemektedir. Ortalama KOİ ve yağ-gres kirlilik yükleri, ilgili standartta verilen limitlerin sırasıyla yaklaşık 38 ve 3 katları iken amonyak azotu yükü limite uygunluk göstermektedir.

Metal sanayi grubunu toplam 10 adet kuruluş oluşturmaktadır. 10 adet atık su numunesinin 4 adedi (% 40) KOİ, 8 adedi (% 80) yağ-gres, analiz edilen 7 adet numuneden 4'er adedi (% 57.15) T.AKM, amonyak azotu ve toplam sülfür yönünden Metal Sanayi Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları'ndaki limitleri aşmaktadır. Ortalama KOİ, yağ-gres ve toplam sülfür kirlilik yükleri ilgili standartta verilen limitlerin sırasıyla yaklaşık 4.5, 12.5 ve 3 katlarıdır. Numunelerin T.AKM ortalaması limit değer ile uyum içinde iken amonyak azotu ortalaması ise limitin hemen biraz üzerindedir.

Kauçuk ve plastik sanayinde bulunan 7 adet kuruluşta ait atık su numunesinden elde edilen kirlilik yüklerinin 6 adedi (% 85.7) BOİ<sub>5</sub>, 5 adedi (% 71.42) KOİ ve T.AKM, analiz edilen 3 adet numunenin tümü (% 100) yağ-gres ve toplam fosfor bakımından Kauçuk ve Plastik Sanayi Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları'na uygunluk göstermemektedir. Ortalama BOİ<sub>5</sub>, KOİ, T.AKM, yağ-gres ve toplam fosfor kirlilik yükleri, ilgili standart limitlerinin sırasıyla yaklaşık 4.5, 5, 1.5, 5 ve 32.5 katlarıdır.

Toplam 3 adet atık su numunesinin yer aldığı organik ve inorganik kimyasal maddeler sanayi grubunda yapılan analiz sonuçları, tüm numunelerde (% 100) BOİ<sub>5</sub>, KOİ, toplam fosfor ve deterjan, 1 adedi (% 33.33) ise T.AKM yönünden ilgili sanayi grubu Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları ile uyum içinde değildir. Ortalama BOİ<sub>5</sub>, KOİ, toplam fosfor ve deterjan kirlilik yükleri, ilgili standartta verilen limitlerin sırasıyla yaklaşık 36, 9, 3 ve 10 katlarıdır. T.AKM kirlilik yükü ortalaması ise limitin içinde yer almaktadır.

Taşa toprağa bağlı sanayi grubunu temsil eden 2 adet atık su numunesinden biri (% 50) KOİ, her ikisi (% 100) ise toplam sülfür yönünden Taşa Toprağa Bağlı Sanayi Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları'na uygun değildir. Ortalama KOİ ve toplam sülfür kirlilik yükleri, ilgili standartta verilen limitlerin yaklaşık 1.5'er katlarıdır. Kağıt sanayi grubunda yer alan 1 adet kuruluşta ait atık su numunesinin ise Kağıt Sanayi Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları'nda kirlilik parametresi olarak bildirilen BOİ<sub>5</sub>, KOİ ve T.AKM kirlilik yükleri, verilen limitlerin sırasıyla yaklaşık 12.5, 7 ve 10 katlarıdır.

Diğer kirleticiler grubunda yer alan 20 adet kuruluşa ait atık su numunesinin 16 adedi (% 80) KOİ ve yağ-gres, analiz edilen 3 adet numunenin tümü (% 100) amonyak azotu bakımından ilgili yönetmelik deşarj standartlarına uyum göstermemektedir. Ortalama KOİ, yağ-gres ve amonyak azotu kirlilik yükleri verilen limitlerin sırasıyla yaklaşık 4.5, 14.5 ve 2.5 katlarıdır.

Sanayinin büyük gelişmelere gösterdiği Bursa'da sanayi kuruluşlarının deşarj ettikleri atık suları ile çevre kirliliğine olan etkileri göz ardı edilemeyecek boyutlara ulaşmıştır. Bursa'da evsel ve endüstriyel atıklar Nilüfer Çayı'na karıştığından son 25 yıldaki hızlı endüstrileşme sonucu Bursa ve çevresindeki su kaynakları yoğun bir kirlenme baskısı altına girmiştir.

Nilüfer Çayı'ndaki su kirliliği halen Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından gözlem altında tutulmaktadır. Ölçümlerden elde edilen sonuçlardan, su kirliliğinin yüksek boyutlarda olduğu ve kirlilik göstergesi olarak alınan BOİ<sub>5</sub> ve KOİ'nin, Su Kaynakları Kalite Kriterleri'nin çok üstünde olduğu bildirilmektedir (9, 10). Çalışmada elde edilen bulgular, DSİ'nin bildirdiği bulguları destekler niteliktedir.

Tablolarda yer alan analiz sonuçlarına bakıldığında, Nilüfer Çayı ve kollarının ciddi bir kirlilik yükü ile karşı karşıya kaldığı açıkça görülmektedir. Bursa Ovası'nda bulunan tarla, meyve ve sebze bahçelerinde sulama işlemlerinin Nilüfer Çayı ve kolları vasıtasıyla yapılması, ayrıca bu sularda ağır metallerin de bulunabileceği düşünüldüğünde Bursa halkının maruz kaldığı sağlık riskinin boyutları açıkça ortaya çıkmaktadır.

Bursa'da yapımı gerçekleştirilen iki ayrı yerdeki arıtma tesislerinde anaerobik sistemle arıtma

düşünülmektedir. Anaerobik arıtma sisteminde atık sudaki çökebilir katılar, havuzun dibindeki çamur bölgesinde toplanarak bakteriler tarafından anaerobik ortamda parçalanırlar. Oluşan metan ve karbondioksit gazları küçük baloncuklar halinde yüzeye çıkarak havaya karışırlar. Gaz çıkışındaki en önemli etken atık suyun ısısıdır. Isı 15 ° C nin üstüne çıktığında gaz çıkışı daha çok yoğunlaşmakta ve ısı 30 ° C ye ulaştığı zaman BOİ giderimi % 70'e ulaşmaktadır. Suyun ısısı 12 ° C ' den daha az olduğu zaman ise BOİ giderimi % 15 – 20' lere inmektedir (11).

Anaerobik arıtma sistemi çevre koşullarının uygun olduğu ve küçük bir işletmenin mevcut olduğu durumlarda arıtmanın birinci adımını teşkil eder. Soğuk ve yağışlı bir iklime sahip olan Bursa Şehri için bu tip bir arıtma sisteminin tek başına yeterli olduğu söylenemez. Bu yüzden

anaerobik arıtma sistemini tamamlayan Aktif Çamur ve Biyolojik Arıtma Sistemleri'nin yapımı ile ilgili girişimlerin vakit geçirilmeksizin gerçekleştirilmesi yerinde olacaktır.

Mikroorganizmalar aktif çamur sisteminde organik madde giderimini sağlayan temel öğelerden biridir. Fakat bazı endüstriyel sularda bulunabilecek ağır metallerin mikroorganizmalar üzerinde toksik etki yapmış biyolojik arıtma ünitelerinde sorunlara yol açabileceği göz önünde bulundurularak gerekli önlemlerin alınmasına dikkat edilmelidir (12 - 14).

Bursa'da faaliyet gösteren ve gelişmiş güzel bir şekilde yerleşmiş olan sanayi kuruluşlarının çoğunu içine alan ve birbirinden bağımsız 3 adet organize sanayi bölgesi bulunmaktadır. Bunlar Pilot Organize, Demirtaş ve Nilüfer Organize Sanayi Bölgeleri'dir. Pilot Organize Sanayi Bölgesi hariç diğer iki organize sanayi bölgesinde arıtma tesisi yapımı ile ilgili bir girişim bulunmamaktadır. Ayrıca organize sanayi bölgelerinin dışında yerleşmiş bulunan sanayi kuruluşlarının hemen tamamında arıtma tesisi bulunmamaktadır. Arıtma tesisi bulunan bir iki kuruluşa da arıtmanın yeterli olduğu söylenemez.

Deri Sanayi grubunu oluşturan firmaların tümünün Bursa Şehir Merkezi'ne çok yakın bir alanda lokalize olduğu görülmektedir. Deri sanayi atık sularının kirlilik yükleri oldukça fazladır ve günümüz koşullarında arıtılması güç ve çok büyük yatırımlara ihtiyaç göstermektedir (15, 16). Bu yüzden deri sanayi grubunu oluşturan firmaların şehrin dışında kurulacak bir deri organize sanayi bölgesine taşınması ve atık suların orada arıtılarak alıcı ortama deşarj edilmesi daha ekonomik görünmektedir.

Diğer taraftan, Bursa Büyük Şehir Belediyesi tarafından sanayi kuruluşlarının uyması gereken "Atık Suların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği" nin yürürlüğe konulmaması yasal yönden ayrıca bir boşluk oluşturmaktadır. Bu nedenle gerekirse daha etkili ve zorlayıcı kanun, tüzük ve yönetmeliklerle konunun üzerinde durulmalı ve düzenli aralıklarla alınan atık su numuneleri ile kuruluşlar denetlenmelidir. Ayrıca çevre kirliliği konusundaki yetki karmaşasını gideren düzenlemelerin yapılmasıyla, hukuki yönlerin aydınlığa çıkarılarak yasal boşlukların kapatılması sağlanmalıdır.

**Yazışma Adresi :**  
Dr. Uğur GÜNŞEN

T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı  
Bursa Gıda Kontrol ve Merkez Araştırma Enstitüsü ( Ek Bina )  
Yeni Mudanya Cd. No: 2 16190 BURSA  
Tel : 0 224 234 76 56  
Fax : 0 224 234 76 54



**Kaynaklar**

- 1-Tünay, O., Orhon, D., Bederli, A. Endüstriyel Atık Suların Ön Arıtılması, Teknoloji İletimi Semineri No: 1. İSO – SKATMK, 1991 s. 7 – 9.
- 2-Karpuzcu, M. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü Yayn., İstanbul, 1991 s. 1 – 6.
- 3-Metcalf, D.D. Waste Water Engineering Treatment Disposal. Verlag, London, 1982 s. 10 – 15.
- 4-Uslu, O. Atık Su Arıtımı Tesisleri Tasarımı Semineri. Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü (SEGEM), İzmit, 1985 s. 13 – 15.
- 5-WHO / UNEP. Health Criteria and Epidemiological Studies Related to Coastal Water Pollution, World Health Organization, Copenhagen, 1977.
- 6-Görgün, E., Orhon, D., Germirli, F. Yetersiz veriye sahip endüstriyel bölgelerde atık suların miktar ve karakterizasyonunun saptanmasına yönelik bir yaklaşım – Çorlu örneği. İTÜ 5. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu '96. İstanbul, 1996 s. 354 – 355.
- 7-Anonymous. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. 19919 Sayılı Resmi Gazete, 4 Eylül 1988.
- 8-APHA, AWWA, WPCF . Standart Methods for the Examination of Water and Waste Water. 16th Edition, Washington D.C., 1985.
- 9-Ertürk, H. Bursa'da sosyo - ekonomik değişim ve hava kirliliği sorunu. Bursa : BUSİAD Yayını, No: 14, 1994 s. 3 – 12
- 10-Anonymous. Nilüfer Çayı' nda Kirlilik Araştırma Raporları. Bursa DSİ 1. Bölge Müdürlüğü, Bursa, 1994.
- 11-Alp, K. Atık Sularda Kirletici Katı Maddeler. Atık Su Analiz Okulu. TMMOB Kim. Müh. Odası, İstanbul, 1991.
- 12-Lal, M., Kumar, A. Response of equalisation basins to the variable BOD inputs, Proceeding of the International Symposium on Environmental Management, Environment' 87: 2. Boğaziçi University, İstanbul, 1987 s. 825 – 843.
- 13-Şakar, S. Stabilizasyon havuzlarında alglerin azot ve fosfor giderimine etkileri. I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Vol 1, Bursa, 1996 s. 51 - 54.
- 14-Zaidi, B.R., Imam, S.H. Inoculation of microorganisms to enhance biodegradation of phenolic compounds in industrial waste water : isolation and identification of three-indigenous bacterial strains. J. Gen. Appl. Microbiol., 1996 ; (42) : 249 – 256.
- 15-Kestioğlu, K., Çoğal, İ., Aydın, C. Deri organize sanayi bölgesi atık su arıtma tesisi alternatiflerinin maliyet yönünden araştırılması. I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Vol 1, Bursa, 1996 s. 233 – 241.
- 16-Öztürk, M., Türkan, İ. Interactions between pollutants and plants. I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Vol 2, Bursa, 1996, s. 1063 – 1073.