

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

168354

**DERİN DENİZ DEŞARJI SİSTEMLERİNİN ATIKSU ARITMA
SİSTEMLERİYLE MUKAYESESİ VE İSTANBUL ÖRNEĞİ**

Çevre Müh. Erhan ÇELİK

**FBE Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet DEMİR

Prof. Dr. Lütfi AKÇA

Yrd. Doç. Dr. Filiz AYDINOL

İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç	3
2. EVSEL ATIKSULARIN ÖZELLİKLERİ VE ARITILMASI	5
2.1 Evsel Atıksuların Özellikleri	5
2.1.1 Akım Özellikleri	5
2.1.2 Atıksuyun Kirlilik Derecesini Yansıtan Özellikleri	7
2.1.2.1 Atıksuyun Fiziksel Özellikleri.....	8
2.1.2.2 Atıksuyun Kimyasal Özellikleri	9
2.1.2.3 Atıksuyun Biyolojik Özellikleri	10
2.2 Evsel Atıksuların Arıtılması.....	10
2.2.1 Fiziksel Arıtma	11
2.2.1.1 Mekanik Arıtma Birimleri.....	11
2.2.1.2 Ön Çöktürme Havuzları	12
2.2.2 Biyolojik Arıtma.....	13
2.2.2.1 Aktif Çamur Prosesi.....	13
2.2.2.2 Son Çöktürme Havuzları.....	16
2.2.3 İleri Biyolojik (Üçüncül)Arıtma.....	16
2.2.3.1 Biyolojik Nutrient Giderim Prosesi	17
2.3 Arıtma Alternatifi Olarak Atıksu Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemleri.....	18
2.3.1 Deniz Suyunun Özellikleri	19
2.3.1.1 Deniz Suyunun Oşinografik Özelliği.....	19
2.3.1.2 Denizin Hidrografik Özelliği.....	21
2.3.2 Atıksu Deniz Deşarjı Sistemleri	21
2.3.2.1 Mekanik Ön Arıtmadan Sonra Deşarj.....	22
2.3.2.2 Kimyasal Ön Arıtmadan Sonra Deşarj	23
2.3.2.3 İkinci Kademe Biyolojik Arıtma ve/veya Dezenfeksiyondan Sonra Deşarj.....	24
2.3.2.4 Üçüncü Kademe Biyolojik Arıtmadan Sonra Deşarj.....	25
3. MARMARA DENİZİ ve İSTANBUL BOĞAZI'NIN ÖZELLİKLERİ	27

3.1	İstanbul Boğazı'nın Oşinografik Özelliği	31
3.1.1	Hidrodinamik Özellikler	32
4.	ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN İLK YATIRIM VE İŞLETME MALİYETLERİ	35
4.1	İlk Yatırım Maliyetleri	36
4.2	İşletme Maliyetleri	36
4.2.1	Ana Terfi Merkezleri	38
4.2.2	Ön Arıtma Birimlerinin Elektrik Sarf Eden Ekipmanları	39
4.2.3	Ön Çökeltme Havuzunun Elektrik Sarf Eden Ekipmanları	39
4.2.4	Biyolojik Arıtma Birimi Elektrik Sarf Eden Ekipmanları	39
5.	İNCELENEN ARITMA TESİSLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	41
5.1	Yenikapı Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemi	41
5.1.1	Tesis Ünitelerinin Tanıtımı	43
5.1.1.1	Kaba Izgara Binası.....	43
5.1.1.2	Giriş Pompa İstasyonu	43
5.1.1.3	Ön Arıtma Tesisi.....	44
5.1.1.4	Çıkış Pompa İstasyonu.....	44
5.1.1.5	Ozonlama Sistemi.....	44
5.1.1.6	Deniz Deşarjı.....	45
5.1.2	Tesisin İşletme Verilerinin Değerlendirilmesi	45
5.2	Kadıköy Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemi	50
5.2.1	Genel	50
5.2.2	Tesis Ünitelerinin Tanıtılması	51
5.2.2.1	Kaba Izgara ve Giriş Terfi Merkezi.....	51
5.2.2.2	Ön Arıtma Binası.....	52
5.2.2.3	Çıkış Terfi Merkezi.....	53
5.2.2.4	Koku Kontrol Binası	53
5.2.2.5	Deniz Deşarjı.....	53
5.2.3	Tesisin İşletme Verilerinin Değerlendirilmesi	53
5.3	Paşaköy İleri Biyolojik Arıtma Tesisi.....	58
5.3.1	Arıtma Tesisi Üniteleri.....	58
5.3.1.1	Su Alma Yapısı ve By-Pass Odası.....	58
5.3.1.2	Giriş Terfi Merkezi ve Terfi Hattı	58
5.3.1.3	İlk Arıtma Birimleri	59
5.3.1.4	Biyolojik Fosfor Giderme Ünitesi	59
5.3.1.5	Biyolojik Karbon , Azot ve Fosfor Giderme Birimleri.....	60
5.3.1.6	Son Çökeltme Havuzları	61
5.3.1.7	Çözünmüş Hava İle Yüzdürme (DAF) Ünitesi	61
5.3.1.8	Çamur Biriktirme Havuzu.....	62
5.3.1.9	Çamur Susuzlaştırma Birimi	62
5.3.2	Tesis Ünitelerinin Boyutları	63
5.3.3	Tesisin İşletme Verilerinin Değerlendirilmesi	64
5.4	Ankara Merkezi Biyolojik Arıtma Tesisi.....	67
5.4.1	Temel Tasarım Kriterleri.....	68
5.4.2	Tesisin Yeri ve Genel Vaziyet Planı.....	69
5.4.3	Arıtma Tesisi Üniteleri.....	73
5.4.3.1	Ön Arıtma Ünitesi.....	73
5.4.3.2	Ön Çökeltme Tankları.....	73

5.4.3.3	Havalandırma Havuzları	73
5.4.3.4	Son Çöktürme Havuzları.....	74
5.4.3.5	Ham Çamur Yoğunlaştırıcılar	74
5.4.3.6	Çamur Çürütücü Tankları.....	75
5.4.3.7	Biyogaz Güç İstasyonu	76
5.4.3.8	Özümlenmiş Çamur Yoğunlaştırıcıları	76
5.4.3.9	Çamur Susuzlaştırma Ünitesi	76
5.4.4	Tesis Ünitelerinin Boyutları	77
5.4.5	Tesisin İşletme Verilerinin Değerlendirilmesi	80
5.5	Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis.....	84
5.5.1	Arıtma Tesis Üniteleri.....	85
5.5.1.1	Giriş Yapısı ve Terfi Merkezi.....	85
5.5.1.2	İnce Izgara ve Kum Tutucular	86
5.5.1.3	Ön Çöktürme Havuzları	86
5.5.1.4	Yoğunlaştırma Havuzları	87
5.5.1.5	Havalandırma Havuzları	87
5.5.1.6	Son Çöktürme Havuzları.....	88
5.5.1.7	Çözünmüş Hava İle Yüzdürme (DAF) Ünitesi	88
5.5.1.8	Anaerobik Çürütücüler ve Metan Gazı Toplama Tankı.....	89
5.5.1.9	Çamur Susuzlaştırma Birimi	89
5.5.1.10	Deniz Deşarjına Çıkış Yapısı ve Deniz Deşarjı Hattı.....	90
5.5.2	Tesis Ünitelerinin Boyutları	90
5.5.3	Tesisin İşletme Verilerinin Değerlendirilmesi	94
5.6	İncelenen Arıtma Tesislerinin Genel Değerlendirilmesi	98
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	109
	ÖZGEÇMİŞ.....	115

SİMGE LİSTESİ

A	Havza alanı
C	Karbon
E	Çıkış atıksu özelliklerini temsil eden indis
f	Birim sanayi alanından gelecek debi
f_x	Aktif çamur prosesinde çoğalan mikroorganizmaların stokiyometrik değerinin $C_5H_7NO_2$ olduğu kabul edilerek hesaplanmış UAKM birimindeki mikroorganizmanın KOİ eşdeğeri ($f_x \cong 1.42$ gr-KOI/gr-UAKM)
f	Atık suyun BOI ₅ / KOI oranı
n	Nüfus yoğunluğu
N	Nüfus
N	Azot
p	Pik faktörü
q_{ort}	Ortalama günlük birim su sarfıyatı
R	Geri devir oranı
R	Geri devrettirilen çamur özelliklerini temsil eden indis
OR	Sistemin oksijen ihtiyacı (Sisteme birim zamanda verilmesi gereken oksijen miktarı) (kg-O ₂ / sa)
Q	Debi
Q_w	Sistemden atılması gerekli çamur debisi
X	AKM (Askıda Katı Madde) konsantrasyonu
S	Substrat konsantrasyonu
M	Mikroorganizma konsantrasyonu
V	Reaktör hacmi
0	Giriş atıksu özelliklerini temsil eden indis
P_x	Sistemden birim zamanda atılması gerekli çamur kütlesi
$\bar{t}_x$	Çamur bekletme süresi veya çamur yaşı
μ	Mikroorganizmanın spesifik çoğalma hızı
k_d	İçsel solunumla mikroorganizma yok olma hızı
$\bar{t}_h$	Hidrolik bekletme süresi
Y	Teorik veya maksimum dönüşüm oranı
$Y_{göz}$	Net veya gözlenen dönüşüm oranı
NH_3	Amonyak
NH_4^+	Amonyum
NO_2^{-1}	Nitrit
NO_3^{-2}	Nitrat
\$	Amerikan Doları

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AT	Avrupa Topluluğu
ASKİ	Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi
AKM	Askıda Katı Madde
BMB	İstanbul Boğazı Marmara Bileşimi
BKB	İstanbul Boğazı Karadeniz Bileşimi
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
ÇAKM	Çökebilen Askıda Katı Madde
DAF	Dissolved Air Flotation (Çözünmüş Hava Yüzdürmesi)
DM	Alman Markı
GMG	Gayri Safi Milli Gelir
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
KKB	Koku Kontrol Birimi
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
KM	Katı Madde
MAK	Mekanik Arıtma Kısım
TAKM	Toplam Askıda Katı Madde
TÇKM	Toplam Çözünmüş Katı Madde
UAKM	Uçucu Askıda Katı Madde
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
PLC	Programmable Logistic Control (Programlanabilir Lojistik Kontrol)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Aktif Çamur Prosesi Akım Şeması	14
Şekil 2.2. Biyolojik Nütrient Giderim Proses Şeması.....	18
Şekil 2.3 Mekanik Ön Arıtmadan Sonra Derin Deniz Deşarjı	23
Şekil 2.4 Kimyasal Arıtmadan Sonra Derin Deniz Deşarjı.....	24
Şekil 2.5 İkinci Kademe Biyolojik Arıtmayı Müteakip Deniz Deşarjı.....	25
Şekil 2.6. Üçüncü Kademe Biyolojik Arıtmaya Müteakip Deşarj	26
Şekil 3.1 Türk Boğazlar Sistemi Akım Düzeni (ÖEJV,1994).....	34
Şekil 5.1 Yenikapı Arıtma Tesisi Görünüşü.....	42
Şekil 5.2 Yenikapı Ön Arıtma ve Deniz Deniz Deşarjı Sisteminin Yerleşim Planı.....	42
Şekil 5.3 ASKİ Arıtma Tesisinin Görünüşü	70
Şekil 5.4 ASKİ Arıtma Tesisi Genel Vaziyet Planı.....	71
Şekil 5.5 ASKİ Arıtma Tesisi Akım Şeması	72
Şekil 5.6 ASKİ Arıtma Tesisi Havalandırma Havuzundan Bir Görünüş.....	74
Şekil 5.7 ASKİ Arıtma Tesisi Çamur Çürütme Ünitelerinin Görünüşü	75
Şekil 5.8 ASKİ Arıtma Tesisi Biyogaz Güç İstasyonunun Görünüşü	76
Şekil 5.9 ASKİ Arıtma Tesisi Mekanik Susuzlaştırma Ünitesi (Bant Filtre) Görünüşü	77
Şekil 5.10 Tuzla Arıtma Tesisi Akım Şeması	85



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Ön Çökeltme Havuzlarının Proje Kriterleri.....	13
Çizelge 3.1 Marmara ve Karadeniz'e Giden Akımların Debi Tahminleri.....	33
Çizelge 5.1 Yenikapı Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemi'nde 2004 Yılına Ait Arıtılan Debi Miktarı ve Harcanan Elektrik Enerjisi Değerleri	46
Çizelge 5.2 Yenikapı Arıtma Tesisine Ait İlk Yatırım ve Genel İşletme Verileri	46
Çizelge 5.3 Yenikapı Arıtma Tesis Birim İşletme Maliyeti.....	47
Çizelge 5.4 Yenikapı Arıtma Tesis Terfi Hariç Arıtma Kısımının (KKB+MAK) Elektrik Sarfiyatı Paylaşımı	47
Çizelge 5.5 Yenikapı Arıtma Tesis Terfi Pompalarının Birim Elektrik Sarfiyatı	47
Çizelge 5.6 Yenikapı Arıtma Tesis'i'nin Birim Elektrik Sarfiyatı	48
Çizelge 5.7 Yenikapı Arıtma Tesis Koku Kontrol Ekipmanları Dahil Mekanik Arıtma Kısımının Birim İşletme Maliyeti	49
Çizelge 5.8 Yenikapı Arıtma Tesis Koku Kontrol Ekipmanları Hariç Mekanik Arıtma Kısımının Birim Elektrik Sarfiyatı	49
Çizelge 5.9 Yenikapı Arıtma Tesis Genel İşletme Verileri Özeti	49
Çizelge 5.10 Yenikapı Arıtma Tesis Terfi Dahil, Terfi Hariç ve Terfi ve Koku Kontrol Ekipmanlarının Hariç Olduğu Durumlar İçin Tesisin Toplam Birim İşletme Maliyeti.....	50
Çizelge 5.11 Yenikapı Arıtma Tesis Birim Elektrik Sarfiyatı Özeti	50
Çizelge 5.12 Kadıköy Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemi'nde 2004 Yılına Ait Arıtılan Debi Miktarı ve Harcanan Elektrik Enerjisi Değerleri	54
Çizelge 5.13 Kadıköy Arıtma Tesisine Ait İlk Yatırım ve Genel İşletme Verileri	55
Çizelge 5.14 Kadıköy Arıtma Tesis Birim İşletme Maliyeti.....	55
Çizelge 5.15 Kadıköy Arıtma Tesis Terfi Hariç Arıtma Kısımının (KKB+MAK) Elektrik Sarfiyatı Paylaşımı	55
Çizelge 5.16 Kadıköy Arıtma Tesis Terfi Pompalarının Birim Elektrik Sarfiyatı.....	56
Çizelge 5.17 Kadıköy Arıtma Tesis'i'nin Birim Elektrik Sarfiyatı	56
Çizelge 5.18 Kadıköy Arıtma Tesis KKB Dahil MAK'ın Birim İşletme Maliyeti.....	56
Çizelge 5.19 Kadıköy Arıtma Tesis KKB Hariç MAK'ın Birim İşletme Maliyeti.....	57
Çizelge 5.20 Kadıköy Arıtma Tesis Genel İşletme Verileri Özeti.....	57
Çizelge 5.21 Kadıköy Arıtma Tesis Terfi Dahil, Terfi Hariç ve Terfi ve Koku Kontrol Ekipmanlarının Hariç Olduğu Durumlar İçin Tesisin Toplam Birim İşletme Maliyeti.....	57
Çizelge 5.22 Yenikapı Arıtma Tesis Birim Elektrik Sarfiyatı Özeti	57
Çizelge 5.23 Paşaköy Arıtma Tesis Ünite Boyutları	63
Çizelge 5.24 Paşaköy Arıtma Tesisinde Giderilen Kirletici Yük Miktarları	64
Çizelge 5.25 Paşaköy Arıtma Tesis İlk Yatırım ve Genel İşletme Verileri	64
Çizelge 5.26 Paşaköy Arıtma Tesis Terfi Pompalarının Birim Elektrik Sarfiyatı	65
Çizelge 5.27 Paşaköy Arıtma Tesis Terfi Dahil ve Terfi Hariç Birim Elektrik Sarfiyatı.....	65
Çizelge 5.28 Paşaköy Arıtma Tesisinin Sadece Arıtma Kısımının Giderilen Kirleticiler Başına Birim Elektrik Sarfiyatı	65
Çizelge 5.29 Paşaköy Arıtma Tesis Terfi Dahil Giderilen Kirleticiler Başına Birim Elektrik Sarfiyatı	66
Çizelge 5.30 Paşaköy Arıtma Tesis Birim Elektrik Sarfiyatı Özet Tablosu	67
Çizelge 5.31 Paşaköy Arıtma Tesis İşletme Maliyetini Oluşturan Ana Grupların Maliyet Değerleri Özeti.....	67
Çizelge 5.32 Paşaköy Arıtma Tesis Birim İşletme Maliyeti Özet Tablosu	67
Çizelge 5.33 ASKİ Arıtma Tesis Proje Öngörülleri	69
Çizelge 5.34 ASKİ Arıtma Tesis Ünite Boyutları	77

Çizelge 5.35 ASKİ Arıtma Tesisi Yıllık Ortalama Debi ve Elektrik Tüketim Değerleri	81
Çizelge 5.36 ASKİ Biyolojik Arıtma Tesisi Yıllık Ortalama Giderilen Kirlenici Yükleri	82
Çizelge 5.37 ASKİ Arıtma Tesisi Yıllık Ortalama Giderilen Kirleniciler Başına Birim Elektrik Sarfıyatı	82
Çizelge 5.38 ASKİ Arıtma Tesisi Yıllık Ortalama Giderilen Kirleniciler Başına Net Birim Elektrik Sarfıyatı	83
Çizelge 5.39 ASKİ Arıtma Tesisi İlk Yatırım ve Genel İşletme Verileri	83
Çizelge 5.40 ASKİ Arıtma Tesisi Birim İşletme Gideri Maliyeti, Birim Elektrik Sarfıyatı Maliyeti ve Birim Toplam İşletme Maliyeti	83
Çizelge 5.41 ASKİ Arıtma Tesisi Üretilen Elektrik Enerjisi Çıkartıldığındaki Net Birim İşletme Maliyeti	84
Çizelge 5.42 ASKİ Arıtma Tesisi Birim Elektrik Sarfıyatı	84
Çizelge 5.43 ASKİ Arıtma Tesisi Birim İşletme Maliyeti Özet Bilgileri	84
Çizelge 5.44 Tuzla Arıtma Tesisi Ünite Boyutları	90
Çizelge 5.45 Tuzla Arıtma Tesisi Elektrik Sarfıyatı	94
Çizelge 5.46 Tuzla Arıtma Tesisinde Giderilen Kirlenici Yükleri	94
Çizelge 5.47 Tuzla Arıtma Tesisi İlk Yatırım ve Genel İşletme Verileri	95
Çizelge 5.48 Tuzla Arıtma Tesisi Birim İşletme Gideri Maliyeti, Birim Elektrik Sarfıyatı Maliyeti ve Birim Toplam İşletme Maliyeti	95
Çizelge 5.49 Tuzla Arıtma Tesisi Terfi Merkezinin Birim Elektrik Sarfıyatı	96
Çizelge 5.50 Tuzla Arıtma Tesisi Yıllık Ortalama Giderilen Kirleniciler Başına Sadece Arıtma Ünitelerinin (Terfi Hariç) Birim Elektrik Sarfıyatı	96
Çizelge 5.51 Tuzla Arıtma Tesisi Yıllık Ortalama Giderilen Kirleniciler Başına Toplam Tesisin (Terfi Dahil) Birim Elektrik Sarfıyatı	96
Çizelge 5.52 Tuzla Arıtma Tesisi'nin (Terfi Dahil) Birim Toplam İşletme Maliyeti	97
Çizelge 5.53 Tuzla Arıtma Tesisi'nin Arıtma Ünitelerinin(Terfi Hariç) Birim İşletme Maliyeti	97
Çizelge 5.54 Tuzla Arıtma Tesisi Birim İşletme Maliyeti Özet Tablosu	98
Çizelge 5.55 Tuzla Arıtma Tesisi Birim İşletme Maliyeti Özet Tablosu	98
Çizelge 5.56 Tesislerde Birim Hacim Atıksuyu Birim Yüksekliğe Çıkartmak İçin Sarf Edilen Enerji Değerlerinin Özet Tablosu	100
Çizelge 5.57 Mekanik Ön Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinin İlk Yatırım ve Genel İşletme Verilerinin Karşılaştırma Özet Tablosu	101
Çizelge 5.58 Mekanik Ön Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinin Birim Elektrik Sarfıyatlarının Karşılaştırma Özet Tablosu	101
Çizelge 5.59 Mekanik Ön Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinin Birim İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırma Özet Tablosu	102
Çizelge 5.60 Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemlerinin İlk Yatırım ve Genel İşletme Verilerinin Karşılaştırma Özet Tablosu	103
Çizelge 5.61 Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemlerinin İlk Yatırım ve (Terfi Maliyeti ve Gaz Üretimi Hariç) Birim İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırma Özet Tablosu	104
Çizelge 5.62 Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemlerinin İlk Yatırım ve Sadece Arıtma Kısımının (Terfi ve Gaz Üretimi Dışta Tutulduğunda) Birim Elektrik Sarfıyatının Karşılaştırma Özet Tablosu	105
Çizelge 5.63 Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemlerinin İlk Yatırım ve (Terfi Maliyeti ve Gaz Üretimi Dahil) Birim İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırma Özet Tablosu	106
Çizelge 5.64 Arıtma Tesislerinin Özet Karşılaştırma Çizelgesi	107

ÖNSÖZ

“Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinin Atıksu Arıtma Sistemleriyle Mukayesesi ve İstanbul Örneği” konulu yüksek lisans tezimin danışmanlığını üstlenen ve her aşamada bana yol gösteren, yardım ve desteğini esirgemeyen hocam Prof. Dr. Ahmet Demir’e içtenlikle teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında gerekli her tür verileri sağlayan, bilgi ve tecrübelerini aktaran tüm arıtma tesisi işletme personellerine teşekkür ederim.



ÖZET

Aritma tesislerinin arıtma kapasiteleri arttıkça birim işletme maliyetinin azaldığı bilinmektedir. Bu sebeple imkanlar elverdiği ölçüde atıksuların bir yerde toplanarak arıtılması daha ekonomik olacaktır. Ancak atıksuların bir yere toplanabilmesi yerleşimin dağılımına, iskan alanının topoğrafik yapısına bağlıdır.

Ana terfi pompalarının elektrik tüketim değerleri öngörüsü için 4.2 watt-sa/lm³-atıksu-1m değeri kabulü yapılabilir.

Mekanik Arıtmaya Müteakip Deniz Deşarjı Sistemleri, Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemleri'ne göre çok daha az mekanik ekipman bulunduğu ve yetişmiş eleman gerektirecek bir proses bulunmadığından büyük kapasiteli terfi pompaları da yoksa mühendis çalıştırmadan işletilebilir. Ancak atıksuların terfi ettirilmesinin gerektiği büyük kapasiteli tesislerde 1 veya 2 tane tecrübeli mühendisin çalıştırılması gerekecektir. 350.000 –500.000 m³/gün arasındaki debiyi mekanik arıtmadan geçiren ve bu debiyi yaklaşık 15 m yüksekliğe çıkarabilecek kapasitedeki terfi pompalarının bulunduğu arıtma tesisinin işletilmesinde 2 si mühendis olmak üzere toplam 24-34 kişilik personel yeterli olmaktadır.

Kaba ızgara, ince ızgara ve havalandırmalı kum tutucu düzeneklerinden oluşan mekanik arıtma kısmının birim elektrik sarfiyatının 3.7 watt-sa/m³ olacağı söylenebilir.

350.000–500.000 m³/gün arasında debiyi arıtan bir mekanik arıtma tesisinin işletme gideri birim maliyeti 0.0043-0.0047 \$/m³-atıksu ozonla koku giderimi yapan KKB (Koku Kontrol Birimi) bulunmayan sadece mekanik arıtma yapan bir tesisin toplam işletme maliyeti de 0.0047-0.0051 \$/m³-atıksu arasında olacaktır. Ozonla koku kontrolü yapan mekanik arıtma tesislerinin birim işletme maliyeti 0.0075 \$/m³-atıksu civarında olacaktır. Ozonla koku kontrolü yapan 300.000-500.000 m³/gün debide atıksu arıtan mekanik arıtma tesislerinin işletme ve birim işletme maliyeti yaklaşık olarak

Toplam İşletme Maliyeti (\$/ay) = 0.0075*Q + [4.2*Q*H*(YTL/kw-sa)*(\$/YTL)] (Terfi varsa terfi maliyeti)

Birim İşletme Maliyeti (\$/m³) = 0.0075 + [4.2*H*(YTL/kw-sa)*(\$/YTL)] (Terfi varsa terfi maliyeti)

Q : Atıksu debisi (m³/ay)

H : Yük kayıpları da dahil terfi yüksekliği (m)

denklemlerden hesaplanabilir.

Biyolojik veya ileri biyolojik atıksu arıtma sistemleri kapasitelerine göre 60.000 m³/gün debili bir tesis 9 u mühendis olmak üzere toplam 70 kişiyle, 230.000 m³/gün debili bir tesis 9 u mühendis toplam 80 kişiyle, 665.000 m³/gün debili bir tesis 9 u mühendis toplam 125 kişiyle işletilebilmektedir.

Çamur oluşan ve çamur susuzlaştırma yapan arıtma tesislerinde (3 tanesinde) çamur susuzlaştırma ekipmanına (bant filtre veya santrifüj) % 4 KM den daha fazla KM içeren çamurların gönderilmesi halinde yüksek KM oranlı (>%25) bir çamur keki ve düşük konsantrasyonlu bir sentrat suyu çıkışı elde etmek için kullanılması gerekli optimum polielektrolit miktarının ortalama 3 kg-poli/1-ton kuru madde olduğu ortaya çıkmıştır.

Biyolojik atıksu arıtma sistemlerinin elektrik sarfiyatının birim maliyeti ortalama 0.0117 $\$/m^3$ -atıksu, ileri biyolojik arıtma tesislerinin elektrik sarfiyatının birim maliyetinin de ortalama 0.034 $\$/m^3$ -atıksu olarak alınabilir. Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Tesislerinin (terfi için harcanan elektriğin maliyeti ile gaz üretimiyle enerji eldesi hesap dışında tutulduğunda) işletme giderinin birim maliyetinin 60.000 m^3 /gün debili bir tesisin 0.081 $\$/m^3$ -atıksu, 230.000 m^3 /gün debili bir tesisin 0.029 $\$/m^3$ -atıksu, 665.000 m^3 /gün debili bir tesisin 0.013 $\$/m^3$ -atıksu olacağı düşünülebilir.

Biyolojik atıksu arıtma sistemlerinin birim elektrik sarfiyatının ortalama 110 watt/ m^3 -atıksu, 450-550 kw-sa/ton-BOI₅, ileri biyolojik arıtma tesislerinin birim elektrik sarfiyatının da ortalama 320 watt/ m^3 -atıksu 1480 kw-sa/ton-BOI₅ olacağı söylenebilir.

Paşaköy İleri Biyolojik Arıtma Tesisi'nde yaklaşık 40 m lik bir terfide birim toplam işletme maliyeti 0.1145 $\$/m^3$ -atıksu değerinden 0.1329 $\$/m^3$ -atıksu değerine % 16.1 lik bir artış oranı ile yükselmiştir. Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi'nde birim işletme maliyeti 0.0407 $\$/m^3$ -atıksu değerinden yaklaşık 18 m lik bir terfi ile % 20.5 artarak 0.0493 $\$/m^3$ -atıksu değerine yükselmiştir. ASKİ Biyolojik Arıtma Tesisi'nde ise gazdan elektrik enerjisi üretimiyle birim toplam işletme maliyeti 0.0244 $\$/m^3$ -atıksu değerinden % 44.3 azalarak 0.0136 $\$/m^3$ -atıksu değerine düşmüştür.

Paşaköy İleri Biyolojik Arıtma Tesisi'nde nitrifikasyon için de ilave oksijen verilmesi gerektiğinden sadece organik karbon giderimi yapan biyolojik arıtma tesislerinden biyolojik arıtma ünitesi olarak daha fazla elektrik tüketmekte olduğundan ve terfi yüksekliğinin fazla olmasından dolayı birim işletme maliyeti oldukça yüksek çıkmıştır. İleri biyolojik arıtma sistemlerinde (Nütrient gideren sistemler) çamur bekletme süresinin fazla olması sebebiyle içsel solunumla organik kısmın önemli miktarı okside olduğundan çamurun anaerobik çürütülmesinden sadece karbon giderimi yapan aktif çamur prosesi atık çamurlarının çürütülmesiyle açığa çıkacak olan metandan daha az bir metan gazı elde edilecektir.

ASKİ Biyolojik Arıtma Tesisinin terfi yapmaması ve gaz üretimi ile elektrik sarfiyatının %90 lık gibi önemli kısmını karşılaması dolayısıyla birim işletme maliyeti yaklaşık 14-15 m terfi yapan İstanbul'daki Mekanik Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemleri'nin (incelenen iki adet tesise göre) neredeyse birim işletme maliyetine düşmüştür.

Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi'nin elektrik gider maliyeti toplam maliyetinin yaklaşık olarak % 41 ni teşkil etmektedir. Bu sebeple anaerobik çürütücülerden çıkacak gazı elektrige dönüştürecek sistemin teçhiz edilmesiyle ve iyi bir işletme koşullarında işletme maliyeti önemli oranda düşecektir.

Mekanik Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemleri'nin kapasite üzerinden hem birim ilk yatırım maliyeti hem de birim işletme maliyeti Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemleri'ne göre çok daha ekonomiktir.

Anahtar kelimeler: Mekanik Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemleri, Paşaköy İleri Biyolojik Arıtma Tesisi, Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi, ASKİ Biyolojik Arıtma Tesisi, birim işletme maliyeti, elektrik sarfiyatının birim maliyeti, birim toplam işletme maliyeti

ABSTRACT

It is known that as the capacity of treatment plant increases the unit cost of operation decreases. For this reason it is more economical to collect and treat the wastewater at one place as it is possible. However, to collect wastewater at one place depends on distribution of population and topographical form of the housing area.

The electricity consumption of main pumps could be accepted as 4,2 watt-h/1 m³ wastewater (ww)-1 m.

As Mechanical Treatment Plants with Deep Sea Outfall Systems has less mechanical equipment than Biological and Advanced Biological Treatment Plants, being no process that needs expert personnel and if no high capacity main pumps, they can be operated without any engineers. However, one or two engineers should be employed in high capacity plants that wastewater has to pumped. 24-34 personnel including 2 engineers are enough for operation of the mechanical treatment plants with capacity of 350,000-400,000 m³/d and have pumps for 15 m height.

The electricity consumption of mechanical treatment consists of coarse screen, fine screen and aerated grit chamber can be said 3.7 watt-h/m³.

The unit operation cost of a mechanical treatment plant with 350,000-500,000 m³/d will be 0.0043-0.0047 \$/m³-ww and the unit cost of a mechanical treatment plant with odour removal by ozone without Odour Control Unit will be between 0.0047-0.0051 \$/m³-ww. The unit operation cost of mechanical treatment plants with odour control by ozone will be nearly 0.0075 \$/m³-ww. The operation and the unit operation cost of mechanical treatment plants with odour control by ozone with capacity of 300,000-500,000 m³/d can be calculated as follows:

Total operation cost (\$/month) = $0.0075 \cdot Q + [4.2 \cdot Q \cdot H \cdot (YTL/kw-h) \cdot (\$/YTL)]$ (also pumping cost if pumping exists)

Unit operation cost (\$/m³) = $0.0075 + [4.2 \cdot Q \cdot (YTL/kw-h) \cdot (\$/YTL)]$ (also pumping cost if pumping exists)

Q : Wastewater flow rate (m³/month)

H : Pumping head including head loss (m)

A biological or advanced biological wastewater treatment plants are operated according to their capacity. A plant with 60,000 m³/d capacity is operated with 70 persons including 9 engineers, a plant with 230,000 m³/d capacity is operated with 80 persons including 9 engineers and a plant with 665,000 m³/d capacity is operated with 125 persons including 9 engineers.

In the wastewater treatment plants in which sludge is produced and sludge dewatering unit exists (3 plants), in the case of discharging sludge to dewatering unit that solid matter (SM) content more than %4, to get sludge cake with high SM content (> 25%) and low concentrate supernatant, it is determined that optimum polyelectrolyte amount is 3 kg-poly/ 1 tonne dry solid matter.

The average unit cost of electricity consumption can be taken as 0.0117 \$/m³ – ww for biological wastewater treatment systems and the average unit cost of electricity consumption can be taken as 0.034 \$/m³ – ww for advanced biological wastewater treatment systems. The unit operation cost for 60,000 m³/d capacity plant would be 0.081 \$/m³-ww, 0.029 \$/m³-ww for 230,000 m³/d capacity and 0.013 \$/m³-ww for 665,000 m³/d capacity (electricity cost for pumping and energy production from gas are not included).

The unit electricity consumption for biological wastewater treatment plants can be taken 110 watt/m³-ww 450-550 kw-h/tonne-BOI₅ and the unit electricity consumption for advanced biological wastewater treatment plants can be taken 320 watt/m³-ww 1480 kw-h/tonne-BOI₅.

The total unit cost of operation increases 16.1% from 0.1145 \$/m³-ww to 0.1329 \$/m³-ww by 40 m pumping in Paşaköy Advanced Biological treatment Plant. The total unit cost of operation increases 20.5% from 0.0407 \$/m³-ww to 0.0493 \$/m³-ww by 18 m pumping in Tuzla Biological Treatment Plant. The total unit cost of operation also decreases 44.3% from 0.0244 \$/m³-ww to 0.0136 \$/m³-ww by electricity production from gas in ASKİ Biological Treatment Plant.

The operation cost of Paşaköy Advanced Biological Treatment Plant is very high, because of high pumping height and electricity cost for additional oxygen requirement for nitrification process besides the biological treatment plants only for carbon removal. As high sludge retention time, significant amount of the organic part is oxidized by endogenous respiration and in advanced biological treatment plants (nutrient removal systems) the methane produced by sludge digestion is less than in biological treatment plants for only carbon removal by active sludge process. For these reasons, the amount of produced gas per removed organic matter in treatment plants for nutrient removal with advanced biological system should be investigated if it is worth or not for such an investment and the economical analysis of nutrient removal by different processes after biological treatment for only carbon removal to benefit from organic part of wastewater could be studied.

As ASKİ Biological Treatment Plant has no main pumping station and nearly 90% of the electric consumption is covered by gas production, its unit operation cost decreases nearly the unit operation cost of Mechanical Treatment Plants with Deep Sea Outfall Systems in Istanbul (according to two examined plants) which have 14-15 m pumping head.

The cost of electricity is 41% of total cost in Tuzla Biological Wastewater Treatment Plant. For this reason by equipping the system that convert the anaerobic digester gas to electricity, the operation cost will decrease in good operation conditions.

Mechanical Treatment Plants with Deep Sea Outfall Systems' investment and operation cost related to capacity is more economical than biological and advanced biological treatment systems' cost.

Key words: Mechanical Treatment Plants with Deep Sea Outfall Systems, Paşaköy Advanced Biological Treatment Plant, Tuzla Biological Treatment Plant, ASKİ Biological Treatment Plant, unit operation cost, unit cost of electricity consumption, total unit operation cost.

1. GİRİŞ

Sıcak savaşların bitiminden sonra hakimiyetin insan ve silah gücü yerine ekonomik güçle sağlanabileceği, bunun da bilimle olabileceği anlayışının yerleşmesi özellikle Avrupa ülkeleri başta olmak üzere Amerika, Rusya, Japonya gibi devletleri bilimsel ve teknik araştırmalara yönlendirdi. Günümüzde gelişmiş ülkeler olarak adlandırılan bu ülkeler bilimsel buluşlarını ve teknolojik gelişmelerini sanayi ve diğer parasal getirileri olan alanlarda uygulamaya geçirerek ekonomilerini güçlendirme yönünde çalışmışlardır. Her türlü buluş ve gelişmeleri kapitale dönüştürme amacının güdüldüğü günümüzde de artık bütün planlar ekonomik gücü elde tutmaya yönelik yapılmaktadır. Bu sebeple çevreyi korumaya yönelik geliştirilen politikaların, uygulanacak yaptırımların, alınacak önlemlerin veya seçilecek herhangi bir arıtma teknolojisinin çevresel riskleri ile ekonomik yükümlülüğünü birlikte değerlendirerek optimum çözümü sağlamak hassas ekonomik hesapların yapıldığı günümüz dünyasında önem arz etmektedir.

Bilimin ışığı altında yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren başlayan sanayi ve teknolojiye gelişmelerin çevre ve ekolojiye menfi olmayan doğrudan ve dolaylı etkileri olmuştur. Bilim ve teknolojiye ilerlemenin uygulamaya geçirilmesi ile insanın daha önceleri ulaşamadığı bir çok ürünü elde edebilir olmasının kaçınılmaz bir sonucu ve ekosisteme etkisi dolaylı ancak doğrudan etkilerin esas sebebi olarak insan hayatında değişiklikler meydana gelmiştir. Teknolojinin getirdiği imkanlarla hayat alışkanlıkları değişen ve yaşam standartları yükselen insanoğlu, bilgiyi ürüne ve ürünleri de kapitale dönüştürmek ve böylelikle ekonomik olarak güçlü duruma gelme amacı güden ülkelerin tükettirme politikasının da etkisiyle, çevresel etkilerini düşünmeden her alanda çok tüketime yönelmiş ve yönlendirilmiştir. Gerek sanayi faaliyetleri sırasında gerekse sanayileşmenin getirdiği imkanlarla üretilen ürünlerin tüketilmesi sonucunda oluşan ve alıcı ortama doğrudan verilen zararlı atıkların çeşit ve miktarlarındaki aşırı artış dünyamızın kirlenmesine ve ekolojik dengenin bozulmasına sebep oldu. Kirlenmenin mühim boyutlara ulaşması insanların ihmalkarlığından, çevresel etkileri bilinmeyen zararlılığı ancak günümüzde ortaya çıkmış birçok ürünün tüketime sunulmasından veya üretim esnasında herhangi bir amaçla kullanılmasından ve meydana gelen atıkları ekolojiye zarar vermeyecek forma dönüştüren bertaraf veya arıtma yöntemlerinin henüz bilinmiyor oluşundan ileri gelmiştir.

Aşırı tüketime paralel olarak ürünlerin hem üretimi hem taşınması hem de tüketimi

safhalarında oluşan ve ekolojiye zararlılığı giderilmeden alıcı ortama verilen her türlü kirleticinin atığın ekosistemin özümleme kapasitesinin üzerine çıkması ile insanların doğrudan temasta olduğu ekosistem dengesinin bozulması ve insanın yaşamını sürdürebilmesi için kullanması zorunlu olduğu kaynakların (su, hava, toprak) kirlenmesi sonucunda insanların zarar görmeye başlaması ve ileride daha çok zarar göreceğinin anlaşılması bu konuda bilinçli toplumları her geçen gün daha da hassaslaşan önlemler almaya zorladı. Bu önlemler kanuni yaptırımlar ile hem üretim yapan kesimin hem de halkın bilinçlendirilmesini içermektedir. İşte bu şüursuz tüketim dünyamızın yeraltı ve yerüstü kaynaklarının da kontrolsüz ve aşırı kullanılmasına sebep olmuştur. Yapılan araştırmalar daha önceleri dokunulmamış başta fosil yakıtlar olmak üzere diğer yeraltı kaynaklarının (demir, uranyum, bor v.s. madenler gibi) son yüzyılda çok büyük bir kısmının tüketildiğini ortaya koymuştur. Enerji kaynağı sıkıntılarının yakın bir zamanda başlayacağı tahminleri insanları şimdiden alternatif enerji kaynakları konusunda araştırmaya itmiştir.

Enerji kaynağındaki sıkıntılara ilave olarak sanayi ve insan faaliyetleri sonucunda oluşan katı, sıvı ve gaz kirleticilerinin ekolojiye zarar vermeyecek forma dönüştüren arıtma ve bertaraf tesislerinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek oluşu ve bu tesisler için gerekli uygun alanların giderek azalması enerji ve mali kaynakların israf edilmeden daha verimli kullanılması zorunluluğunu gündeme getirmiştir. Bu anlayış doğrultusunda son yıllarda sanayide en az ve en zararsız atık veren proses teknolojileri ve atıklardan madde ve enerji kazanımı sağlayan arıtma teknolojileri kullanılmaya yönelinmiştir. Bununla beraber ekonomik değeri olan atıkların ekonomik değeri kaybolmadan kaynağında etkin ayıklanması ile tekrar kullanılma, geri dönüşüm ve geri kazanma imkanı sağlanmaktadır. Böylece hem bertaraf edilmesi gerekli atık miktarı buna bağlı olarak da gerekli alan ihtiyacı azaltılmış hem de madde ve enerji geri kazanılarak kaynaklar israf edilmemiş olur.

Yerel ölçekte iyi bir çevre kalitesi elde etmek o ülkenin ekonomik seviyesi ile bire bir ilişkilidir. Ekonomik seviyenin göstergesi olarak kişi başına düşen yıllık gayri safi milli gelir (GMG) miktarı kullanılabilir. Bu değer gelişmekte olan ülkelerde 4000\$ ve altı, gelişmiş ülkelerde 10000\$ ve üstü olmaktadır. Çevre yatırımlarının gerek ilk yatırım maliyeti gerekse işletme maliyeti bakımından büyük ekonomik yükümlülüğü vardır. Bu sebeple çevre yatırımları gayri safi milli gelir artışına paralel olarak planlanmalıdır. Gelişmekte olan ülkelerin GMG seviyelerinin gelişmiş ülkelerinkine yakın iktisadi refah seviyelerine ulaşmadıkları sürece, gelişmiş ülkelerin çevre koruma standartlarına uymasını beklemek

gerçekçi ve adil bir yaklaşım olmaz. Aynı dünyayı paylaşan bütün bu ülkelerin ortak hedefi net çevre kalitesinin iyi seviyelere ulaştırılması olmalıdır. Bu bağlamda gelişmiş ülkeler geliştirmekte olan ülkelerin çevre kalitesini artırmaya yönelik girişim ve planlarını finansal ve politik yönden desteklemesi gereklidir. Sanayileşmiş ülkeler, çevre koruma standartlarını genelde bilimsel ve mühendislik gerekliliğinden çok politik tercihler sonucu belirledikleri için hem mali kaynaklarını israf etmekte hem de geliştirmekte olan ülkelerin çevre kalitesinin artırılmasına yönelik yapacağı yatırımlara aktarabileceği mali kaynak sınırlanmaktadır. Böylelikle dünya çapında etkili bir çevre koruma stratejisi izlenmiş olmaz.

Geliştirmekte olan ülkeler yapılması zorunlu çevresel yatırımlarını öncelik sırasına koyup yatırım planlarını ekonomik gücündeki artmaya paralel olarak hayata geçirmeye başlamalıdır. Bu fikri temel alan yaklaşımla kısa ve uzun vadeli çevre koruma standartları belirlemeli ve kısa ve uzun vadeli hedeflere ulaştıracak alternatif çevre koruma planları yapmalıdır. Öncelikle halk sağlığının tehlikeye düşmesini önleyecek mahalli şartlara uygun standartlar oluşturmalıdır. Çevre koruma standartları GMG seviyesindeki artış doğrultusunda giderek artan çevre kalitesi elde etme yolunda geliştirilebilir. Ancak standartlar belirlenirken her zaman bilimsel araştırma sonuçları dikkate alınmalıdır. Gelir seviyesi ne olursa olsun bilimsel dayanağı ve gerekçesi olmadan küçük sağlık riskleri baz alınarak belirlenecek çevre koruma standartları ekonomik kaynakların boşa tüketilmesine sebep olacaktır. Ancak çoğu kez geliştirmekte olan ülkeler gelişmiş ülkelerin sıkı çevre koruma mevzuatlarını aynen kabul etme yoluna gitmektedir. Ekonomik alanda diğer ülkelerle rekabet etme gücünün düşmesine sebep olan bu yaklaşım hem o ülkenin ekonomik gelişimini engellemekte buna bağlı olarak da çevre yatırımlarının durmasına sebep olmaktadır. Bu durum, ülkemizde de örnekleri görülen, çoğu kez standartların uygulanamaması veya işletme giderlerinin yüksek oluşu sebebiyle kurulu atık arıtma tesislerinin işletilememe problemleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bütün ülkelerin ortak hedefi, dünya ölçeğinde sürdürülebilir bir kalkınma ile giderek hem sosyal refah seviyesi ve hem de çevre kalitesi iyileşen çevre ile uyumlu bir toplumsal kalkınmayı gerçekleştirmek olmalıdır. (Öztürk , 1996)

1.1 Amaç

Bu tez çalışmasının amacı, işler halde bulunan evsel Atıksu Arıtma Tesisleri ile Ön Arıtma ve Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinin ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyetleri ile işletme durumu ve çevresel etkilerini birlikte araştırarak ortaya çıkan sonuçları değerlendirmektir. Bu

amaçla halihazırda evsel atıksuları ön arıtmaya müteakip denize deşarj eden iki adet arıtma tesisi, organik karbon giderimi yapan bir adet biyolojik arıtma tesisi, organik karbona ilave nütrient giderimi yapan bir adet ileri biyolojik arıtma tesisi, evsel atıksuların biyolojik olarak arıtılması sonucunda oluşan çamuru anaerobik çürütücülerde stabilize edip açığa çıkan metan gazını jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine çevirmek suretiyle elektrik giderimini belli bir oranda karşılayan bir adet arıtma tesisi incelenmiştir.



2. EVSEL ATIKSULARIN ÖZELLİKLERİ VE ARITILMASI

2.1 Evsel Atıksuların Özellikleri

Evsel atıksu arıtma tesislerinin veya ön arıtma-derin deniz deşarjı sistemlerinin doğru tasarlanması tamamen evsel atıksuyun özelliğinin iyi bilinmesiyle mümkündür. Tasarlanacak olan arıtma tesisine gelecek olan atıksuyun özellikleri, havza içersinde endüstriyel tesis bulunmuyor ise, tamamen bu arıtma tesisi havzasında kalan yerleşim halkının hayat standardının ve hayat alışkanlıklarının bir fonksiyonu olacaktır. Bu sebeple evsel atıksuların özellikleri ülkeden ülkeye, şehirden şehre ve hatta İstanbul gibi atıksu havzalarının fazla olduğu yerlerde havzadan havzaya değişiklik göstermektedir.

Arıtma tesislerinin planlanmasında atıksuyun iki özelliğinin dikkate alınması gerekmektedir.

- **Akım Özellikleri**
- **Atıksuyun Kirlilik Derecesini Yansıtan Özellikleri**

Eğer, mevcut bir tasfiye tesisi varsa, karakteristik değerler, akım ölçümleri ve laboratuvar deneyleri yardımıyla bulunur. Projelendirmeye esas teşkil edecek en doğru veriler, havzanın atıksularını toplayan ana kollektör hattı üzerinde yeterli bir süre devam eden izleme çalışması sonucunda akım ve atıksu karakteristiklerinin ortaya çıkarılması ve bu bölgede hazırlanmış son imar planları dikkate alınarak elde edilir. Bu tür imkanların bulunmaması halinde projelendirme için gerekli hesaplamalar literatür bilgilerine dayanarak yapılmalıdır. Proje süresinin başı ve sonundaki minimum, ortalama, ve maksimum kurak hava debisi ile yağışlı hava akımının pik (yani en büyük) değeri ve belirli süreler devam eden kararlı değeri hesaplanmalıdır. (Muslu, 1996)

2.1.1 Akım Özellikleri

Arıtma tesisine gelecek atıksuların debisindeki zamansal değişimler atıksuyun akım özelliğini gösterir. Arıtma tesisi ünitelerinin boyutlandırılmasında, pompa seçiminde ve kanallardaki hız kontrolünde debinin mevsimsel, günlük ve saatlik değişimlerinin dikkate alınması tesisin iyi dizayn edilmesini ve işletmede karşılaşılabilecek sıkıntıları asgari düzeye indirilmesini temin eder. Tasfiye tesisine gelecek olan debinin miktarı ve gün içersindeki salınımları daha önce de

belirttiğimiz gibi yerleşim halkının hayat standardının ve toplumun genellikle örf, adet, inancı gibi etkenlerin belirlediği hayat alışkanlıklarının bir fonksiyonudur.

Bir günün çeşitli saatlerinde kanala gelecek atıksu debisi o günün ortalama debisine oranı zamanla değişir. Sabah ve akşam saatlerinde maksimum, gece saatlerinde ise minimum akımlar meydana gelir. Oluşacak pik ve minimum debinin ortalama debiye oranının değeri kanala atıksu veren nüfusa bağlıdır.

İller Bankası kanalizasyon yönetmeliğine göre, günün en fazla su sarfedilen bir saatinde debi, o günün ortalama debisinin 2 mislidir. Senenin en çok su sarfedilen gününün ortalama debisi Q_{24} ile gösterilirse $Max Q_{sa} = 2 * Q_{24}$ gündüz saatlerine mahsus ortalama debi $1.5 * Q_{24}$ ile hesaplanabilir.

Alman literatüründe sabah 8'den akşam 20'ye kadarki gündüz saatlerinin ortalaması Q_{18} ile, 24 saatin maksimum debisi $Max Q_{sa} = Q_{14}$ ile gösterilmekte olup bu değerler,

$$Q_{18} = 24/18 * Q_{24} = 1,33 * Q_{24} \quad (1-1)$$

$$Q_{14} = 24/14 * Q_{24} = 1,72 * Q_{24} \quad (1-2)$$

olarak hesaplanır. Gece saatlerine ait ortalama debi ise

$$Q_{37} = 24/37 * Q_{24} = 0,65 * Q_{24} \quad (1-3)$$

kabul edilir.

Minimum debi ve pik debi, kısa bir süre (2 saatten az) devam eden akımı gösterir. Daha uzun süreler devam eden ekstrem akımlara ise süreli ve kararlı akımlar adı verilmektedir. (Muslu,1996)

ABD de ve İSKİ yönetmeliğine göre saatlik pik debileri sırasıyla,

$$p = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{N}} \quad (\text{ABD yönetmeliği}) \quad (\text{Muslu,1996})$$

$$p = \frac{5}{N^{0,2}} \quad N \leq 1000 \Rightarrow p=5, \quad p \leq 1,72 \Rightarrow p=1,72$$

Arıtma tesislerinin boyutlandırılmasında esas alınan ortalama, minimum ve maksimum debilerin hesaplanması aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$N = n \cdot A$$

$$Q_{hes} = \text{Evsel Atıksu Debisi} + \text{Sızma Debisi} + \text{Sanayi Debisi} \quad (1-5)$$

$$Q_{ort} = N \cdot q_{ort} + 0,1 \cdot (\text{Top. Alan}) + \text{Sanayi Alanı} \cdot f \quad (1-6)$$

$$Q_{max} = p \cdot N \cdot q_{ort} + 0,1 \cdot (\text{Top. Alan}) + \text{Sanayi Alanı} \cdot f \quad (1-7)$$

$$Q_{min} = 0,37 \cdot N \cdot q_{ort} + 0,1 \cdot (\text{Top. Alan}) + \text{Sanayi Alanı} \cdot f \quad (1-8)$$

n : Havza içinde kalan yerleşim alanlarının ortalama nüfus yoğunluğu (kişi / ha)

A : Havza alanı (ha)

N : Nüfus (kişi)

p : Pik faktörü (birimsiz)

f : Birim sanayi alanından gelecek debi (lt/sn-ha) (küçük ölçekli sanayi için 0,5 lt/sn-ha, orta ölçekli sanayi için 1,0 lt/sn-ha, büyük ölçekli sanayi için 1,5 lt/sn-ha, maksimum debi için 2,0 lt/sn-ha olarak alınır) (İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi) Kanalizasyon Şartnamesi)

q_{ort} : Birim su sarfıyatı (lt/kişi-gün)

Genel olarak ortalama debi ünitelerin boyutlandırılmasında, maksimum debi pompa seçimi, terfi merkezlerinin haznelerinin boyutlandırılmasında ve kritik minimum bekletme sürelerinin hesabında, minimum debi ise kanallarda hız kontrolü için kullanılmaktadır.

2.1.2 Atıksuyun Kirlilik Derecesini Yansıtan Özellikleri

Atıksu arıtma tesisinin boyutlandırılmasında debilerin yanında kirlletici parametre konsantrasyonlarının da belirlenmesi gereklidir. Bu parametreler, TAKM (Toplam Askıda Katı Madde), TÇKM (Top. Çözünmüş Katı Madde), UAKM (Uçucu Ask. K.M.), KOI, BOI₅, Toplam-N, P, pH, sıcaklık ve (endüstriyel faaliyetler varsa) toksik maddelerdir. Bu parametre değerleri yine mevcut kanal ağı varsa belirli süre devam eden analizlerle ölçülür. Böylece hem parametrelerin konsantrasyonları belirlenmiş olur hem de konsantrasyonlardaki yıl boyunca ve mevsimlik değişimler saplanmış olur. Mecut kanal ağı yoksa evsel atıksularla ilgili daha önceden yapılmış çalışma verileri veya mevcut arıtma tesisi işletme verileri kullanılabilir.

Evsel atıksuların karakterlerini, akım özelliğinde olduğu gibi atıksu havzasında yaşayan insanların hayat standardı ve hayat alışkanlıkları belirler.

Atıksuyun kirlilik derecesini yansıtan özelliklerini üç ana grupta toplayabiliriz. Bunlar:

- Fiziksel Özellikleri
- Kimyasal Özellikleri
- Biyolojik Özellikleri

2.1.2.1 Atıksuyun Fiziksel Özellikleri

Bir madde bulunduğu fazdan diğer bir faz içine verildiğinde ya çözünür ya da bu faz içinde dağılır. Dağılım iri parçalar halinde ve rastgele olabildiği gibi ince bir dağılım olarak homojen yapıda da olabilir. Suyu herhangi bir katı madde ilave edildiğinde bu katı su içerisinde çözünmüş, kolloid ve askıda olmak üzere üç farklı halden birinde veya birkaçında bulunacaktır. Bu haller katı partiküllerine farklı boyut ve davranışlar katar. Genel olarak organik maddeler organik çözücülerde inorganik maddeler de inorganik çözücülerde iyi çözünürler. Çözünmüş maddeler, çözeltide homojen olarak dağılır. Kolloidler ise maddenin su içinde çözünmeden farklı bir faz olarak dağılması ile oluşur. Kolloidlerin askıda maddelerden farkları hem boyutlarının daha küçük olması hem de su içersine homojen olarak dağılmasıdır. Askıda katı maddelere filtre edilemeyen, kolloid + çözünmüş maddelere ise filtre edilebilen katı maddeler de denilmektedir. 0.001 mm den daha büyük çaplı maddeler askıda katılar, 10^{-3} mm ($1\mu\text{m}$) ile 10^{-6} mm arasındaki çaplara sahip maddeler kolloidal katılar, 10^{-6} mm den daha küçük çaplı olanları ise çözünmüş katılar olarak sınıflandırılmıştır.

Atıksu yaklaşık 0.001 mm ($0.45\mu\text{m}$ çaplı) çaplı filtrede süzülendiğinde filtre üzerinde kalanlar Toplam Askıda Katı Madde (Filtre Edilemeyen), filtreden geçen katılar ise Toplam Çözünmüş Katı Madde (kolloid + çözünmüş maddeler) parametreleri olarak ifade edilir. TAKM+TÇKM toplamına Toplam Katı Madde denilir. Katı madde parametrelerinden önemli olan diğer bir parametre ise Çökebilen Katı Madde dir. Evsel karakterli atıksuyun TAKM sinin önemli bir kısmı Çökebilen Katı Madde dir. Bu parametreye ayrıca çökebilen kısım sadece askıda katılardan olduğu için Çökebilen Askıda Katı Madde de denilmektedir. TAKM nin ÇAKM den farkına da Askıda Katı Madde denilir. Organik madde göstergesi olarak gerektiğinde bu parametrelerin Uçucu Katı kısımları belirlenebilir. Bunlardan en çok

kullanılanı Uçucu Askıda Katı Madde (UAKM) parametresidir. Bu parametreleri yeniden düzenleyecek olursak;

Top. K. Madde (TKM) = Top. Askıda K. Madde (TAKM) + Top. Çözünmüş K. Madde (TÇKM)

Top. Askıda K. Madde (TAKM) = Çökebilen Askıda K. Madde (ÇAKM) + Askıda K. Madde (AKM)

Top. Çözünmüş K. Madde (TÇKM) = Kolloid + Çözünmüş K. Madde (ÇKM)

2.1.2.2 Atıksuyun Kimyasal Özellikleri

Atıksuyun kirlilik derecesini yansıtan kimyasal parametrelerin önemli olanları organik karbon, azot, fosfor miktarlarıdır. Organik karbon alıcı ortama ulaştığında mikroorganizmalarca sudaki çözünmüş oksijenle parçalanırlar. Bu durumda sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu azalacağından yüksek oksijen konsantrasyonunda yaşayan canlılar zarar görürler. Hücre sentezi için şart olan besi elementleri (nütrientler) azot ve fosforun mavi-yeşil alglerce kullanılıp alglerin aşırı üreyerek ekolojik dengeyi sağlayan diğer canlıların yok olmasına sebep olması nedeniyle de azot ve fosfor atıksuyun kirliliğini derecesini belirleyen çok önemli parametrelerdendir.

Çevre Mühendisliği'nde atıksudaki organik karbon miktarı genellikle oksijen eşdeğeri olarak BOİ₅ ve KOİ parametreleri ile temsil edilmektedir. Organik maddelerin karbonlu kısmının aerobik koşullarda (havalı ortamda) mikroorganizmalarca biyokimyasal yollarla parçalanması için gerekli oksijen miktarına diğer bir deyişle organik maddenin karbonlu kısmının biyokimyasal olarak ayrıştırılmasındaki oksijen eşdeğerine BOİ (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı) denilir. BOİ, 20 °C'de karışık bir mikroorganizma topluluğu tarafından besin maddesi olarak kullanılan organik maddenin karbonlu kısmının oksitlenmesi esnasında harcadığı oksijen miktarının ölçülmesine dayanan bir *Yaşam Testi* dir.

Teorik olarak organik maddenin tam biyolojik oksidasyonu için sonsuz zaman gereklidir. Fakat pratik amaçlar için reaksiyonun 20 günde tamamlandığı varsayılmaktadır. Bu sürenin uzun olması, 5 gün sonunda organik maddenin önemli oranının oksitlenmesi ve 8-10 cu günden sonra azot bakterilerinin yeterli sayıya ulaşması ile karbonlu maddelere ilaveten azotlu maddelerin oksitlenmesi sözkonusu olacağından bu oksitlenme sonucunda oksijen

tüketiminden ileri gelecek girişimin engellenmesi sebebiyle inkübasyon süresi 5 günle sınırlandırılmış ve bu test BOİ₅ adını almıştır. Evsel ve endüstriyel atıksular ile yapılan araştırmalarda BOİ₅'in, toplam BOİ değerinin % 70-80 ni olduğu bulunmuştur.

Organik maddelerin asit ortamında kuvvetli oksitleyicilerle kimyasal olarak oksitlenmesi için gerekli oksijen eşdeğerine KOİ denilir. KOİ, organik maddenin tamamına yakınının oksijen eşdeğeri olduğundan, BOİ₅ parametresinden daima büyüktür. Evsel atıksular için KOİ / BOİ₅ oranı yaklaşık olarak 0.6-0.7 olarak tespit edilmiştir. Organik madde göstergesi olarak KOİ parametresinin üstünlüğü 3 saat gibi kısa bir sürede belirlenebilmesidir.

2.1.2.3 Atıksuyun Biyolojik Özellikleri

Atıksuyun bakteri, protozoa, mantar ve alg gibi mikroorganizma içeriği biyolojik özelliğini gösterir. Atıksu içerisindeki bazı mikroorganizmalar patojen bazıları ise çürükçül (saprofit) dürler. Hastalık yapıcı patojen mikroorganizmaların tayin ve teşhis edilmesi zor olduğundan miktarları kendisi patojen olmayıp patojen mikroorganizmaların olabileceğine işaret eden indikatör mikroorganizmaların sayımı ile anlaşılmaktadır. Atıksuyun sebep olduğu bakteriyolojik kirlenme derecesi ve buna bağlı olarak insanlara hastalık geçmesi riski *toplam koliform* ve *fekal koliform* gibi gösterge niteliğindeki organizmalarla ölçülür. Sıcak kanlı hayvanların sindirim sisteminde yaşayan bu mikrobiyolojik canlıların gösterge olarak kullanılmasının sebebi bunların çok sayıda olmaları ve dış ortamlarda hastalığa yol açan mikropların çoğundan daha yavaş ölmeleridir.

2.2 Evsel Atıksuların Arıtılması

Evsel atıksular alıcı ortamın ekolojik dengesini bozan ve besin zinciri yoluyla insan bünyesine ulaşarak insan sağlığına zarar veren hastalık yapıcı patojen mikroorganizmalar, organik kirleticiler ve nütrientleri içermektedir. Bu sebeple atıksular membandan itibaren kontrollü olarak toplanması gerekir. Toplanan atıksular insan sağlığına ve ekolojik dengeye zarar vermeyecek ve alıcı ortamın estetik görünümünü bozmayacak şekilde kirletici parametrelerden arındırılarak alıcı ortama verilmelidir.

Su ortamlarında çok çeşitli canlıları yaşamasına imkan vererek ekolojik dengenin bozulmadan devam etmesini temin eden element olan oksijenin sudaki çözünürlüğü bilindiği gibi

düşüktür. Alıcı ortama ulaştığında sudaki çözünürlüğü kısıtlı olan oksijenin mikroorganizmalarca kullanılıp sudaki konsantrasyonunun düşmesine sebep olması nedeniyle organik karbonun ve hücre sentezi için şart olan besi elementleri (nütrientler) azot ve fosforun mavi-yeşil alglerce kullanılıp alglerin aşırı üreyerek ekolojik dengeyi sağlayan diğer canlıların yok olmasına sebep olması nedeniyle de azot ve fosforun atıksudan arındırılması gereklidir.

Atıksu arıtma tesisleri üniteleri gerçekleştirdikleri arıtma çeşitlerine göre aşağıdaki ana gruplara ayrılır:

- Birincil Arıtma (Fiziksel Arıtma)
 - Mekanik Arıtma
 - Ön Çöktürme
- İkincil Arıtma (Organik Karbon Giderimi)
 - Biyolojik Arıtma
 - Kimyasal Arıtma
- Üçüncül Arıtma (Nütrient Giderimi)
 - Biyolojik Nütrient Giderimi
 - Diğer Yöntemler
- Çamur Bertafı

2.2.1 Fiziksel Arıtma

Fiziksel arıtma, atıksu içersindeki kirleticilerin fiziksel işlemlerle giderilebilen kısımlarının atıksudan ayrıldığı arıtma kademesidir. Fiziksel arıtma yukarıda belirtildiği gibi mekanik arıtma olarak ifade edilen kaba ızgara, ince ızgara ve kum tutucu üniteleri ile ön çöktürme havuzlarından meydana gelir ve buna birincil arıtma da denilir.

2.2.1.1 Mekanik Arıtma Birimleri

Mekanik arıtma üniteleri arıtma tesislerinde pompaların sık arızalanmaması ve prosesin aksamadan sürdürülebilmesi ve işletmenin daha kolay daha az öngörülmeven maliyetli olması için son derece önemli olup tesis içinde yer alması zorunludur.

Atıksuların terfi ettirilmesinin gerekli olduğu arıtma tesislerinde terfiden önce atıksu kaba ve ince ızgaradan geçirilip kum tutucularda kumunun çöktürülüp atıksudan ayrılması gereklidir.

Çünkü kumlar pompaların terfi organlarının daha sık aşınıp arızalanmasına sebep olur.

Kaba ve ince ızgaralardaki ızgara açıklığı gelen atıksuyun karakterine bağlı olup genel olarak kaba ızgarada 5-10 cm ince ızgaralarda ise 10-25 mm (özel hallerde 5 mm'ye kadar düşebilir) lik bir ızgara açıklığının seçilmesi tavsiye edilir. Kaba ve ince ızgaraların işletme sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli hususu ızgaralar önünde tutulan maddelerin ızgaraları tıkayıp ızgara önünde suyun şişmesi ile kanalda akım hızının düşerek çökelmelere sebep olmasıdır. (Muslu, 1996) Bu sebeple genellikle ızgarada meydana gelen belirlenmiş bir yük kaybı gerçekleştiğinde ızgara tırmığı otomatik olarak harekete geçip ızgara önündeki çöpleri sıyrıp konveyör üzerine bırakır. Tırmığın hareket etmesiyle çalışmaya başlayan konveyör çöpleri pres makinelerine iletir. Pres makinelerinde sıkıştırılarak hacmi azaltılan ve nem oranı azaltılan maddeler konteynere boşaltılır.

Çeşitli kum tutucular bulunmakla birlikte az bir hacimde kumların tutulması için gerekli yatay hızı sağlamak diğerlerinde daha zor olduğundan genellikle havalandırmalı kum tutucular tercih edilmektedir. Bu tip kum tutucularda havayla hem yağ-köpük gibi hafif maddeler su yüzeyine itilir hem de havanın etkisiyle çökme yolu kısalan kumlar dipteki hazneye birikirler. Yüzeyde tutulan köpük gezer köprülere monte edilmiş sıyrıcılarla köpük haznesine oradan da konteynere gönderilir. Tabanda tutulan kum yine gezer köprüler üzerine monte edilmiş dalgıç pompalarla vasıtasıyla kanala boşaltılır. Bu kanal sulu kumu helezonlu kum ayırıcıya götürür. Kum ayırıcıda kum helezonla konteynere aktarılırken su ise tesis başına gönderilir. Havalandırmalı kum tutucuların dizaynında göz önüne alınması gerekli hususlar bekletme süresi ve verilmesi gerekli hava miktarıdır. Bu değerlerin sırasıyla minimum bekletme süresinin (maksimum debide) 3-4 dakika olması, verilmesi gerekli hava debisinin de 1 m^3 kum tutucu hacmi başına saatte $1-2 \text{ m}^3$ -hava olması tavsiye edilir. (Muslu,1996)

2.2.1.2 Ön Çöktürme Havuzları

Ön çöktürme havuzlarında belli bir bekletme süresinde yerçekimi etkisiyle kendiliğinden çökebilen AKM (ÇAKM) lerin çökertilip atıksudan ayrılması amaçlanır. Atıksu içersinde ÇAKM değeri diğer hususlarda olduğu gibi atıksuyun karakterine bağlıdır. Ancak evsel atıksular üzerinde yapılan çalışmalarda ön çöktürme havuzlarında yeterli bir bekletme süresi ile AKM nin % 50-70 nin, BOI_5 inde % 20-30 nun atıksudan giderildiği tesbit edilmiştir. Çöktürme havuzu tabanından % 3-5 katı madde içeren çamur çekilebilir.

Ön Çöktürme Havuzları dairesel ve dikdörtgen kesitli olarak inşa edilebilmektedir. Ön Çöktürme Havuzlarının yüzey alanı ve hacminin belirlenmesinde göz önüne alınan parametreler bekletme süresi, yüzeysel hidrolik yükleme ve birim savak yükü kriterleridir. Bu değerlerin aşağıdaki aralıkta olması tavsiye edilir.

Çizelge 2.1 Ön Çökeltme Havuzlarının Proje Kriterleri

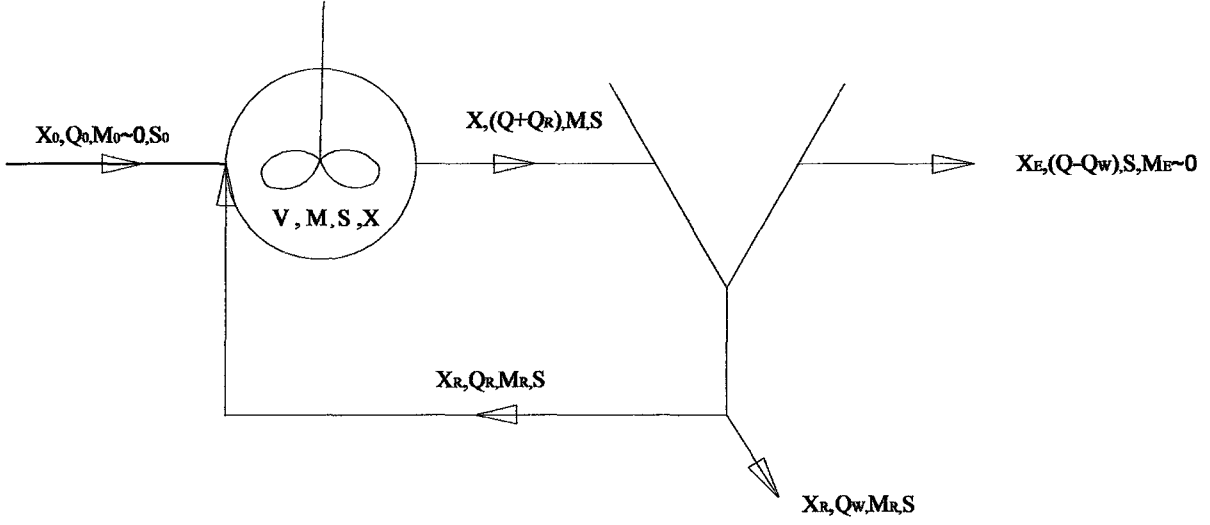
Bekletme Süresi	Yüzeysel Hidrolik Yük (Ortalama Debide)	Birim Savak Debisi
sa	m^3/m^2 -gün	m^3/m -gün
1,5-2,5	32-48	125-500

2.2.2 Biyolojik Arıtma

2.2.2.1 Aktif Çamur Prosesi

Aktif çamur prosesi organik karbon giderimini gerçekleştiren aerobik heterotrofik bir dönüşümdür. Atıksu içerisindeki organik karbonu kullanarak yaşamlarını sürdüren ve üreyen mikroorganizma grubunun organik karbonu yakması için ihtiyaç duyduğu oksijeni havuzlara üfleyiciler vasıtasıyla verip atıksudaki organik karbonun biyokütleyle çevrilmesi sağlanır. Böylelikle atıksudaki organik karbon biyokütleyle ve karbondioksitle dönüştürülmüş ve biyokütleyle dönüşen organik karbon son çökeltme havuzlarında çökeltip sudan ayrılmış olur.

Aktif çamur prosesi geri devirli askıda çoğalan bir sistemdir. Sistemde proses gereği belirli bir mikroorganizma konsantrasyonunun tutulması için son çökeltme havuzunda yoğunlaşan çamur havalandırma havuzuna geri devrettirilir. Aktif çamur prosesi akım şeması Şekil 2.1 de gösterilmekte ve proses ile ilgili kütle denklik hesapları aşağıda verilmektedir.



Şekil 2.1 Aktif Çamur Prosesi Akım Şeması

Sistemin kararlı çalışabilmesi için birim zamanda üretilen biyokütlelerin uzaklaştırılması gereklidir. Sistemin kararlı olarak çalışması için birim zamanda atılması gerekli çamur miktarı (P_x), çamur yaşı ve substrat çıkış konsantrasyonu aşağıdaki denklemlerle hesaplanır.

$$Q_w \cdot X_R = V \cdot \bar{X} / \bar{t}_x = P_x \Rightarrow \bar{t}_x = V \cdot \bar{X} / P_x \quad 1/\bar{t}_x = \mu - k_d \Rightarrow \mu = (1 + k_d \cdot \bar{t}_x) / \bar{t}_x \Rightarrow$$

$$S = \frac{(1 + k_d \cdot \bar{t}_x) \cdot K_s}{\mu_{\max} \cdot \bar{t}_x - (1 + k_d \cdot \bar{t}_x)} \quad (\text{Monod Denklemi}) \quad (2-1)$$

-Reaktördeki Biyokütle

$$M_x = X \cdot V \quad X = (S_0 - S) \cdot Y_{göz} \cdot \bar{t}_x / \bar{t}_h \Rightarrow M_x = Q \cdot \bar{t}_h \cdot X = \frac{Y}{(1 + k_d \cdot \bar{t}_x)} \cdot (S_0 - S) \cdot Q \cdot \bar{t}_x \quad \text{veya}$$

$$M_x = X \cdot V = P_x \cdot \bar{t}_x$$

$$M_x = [Q \cdot (S_0 - S) \cdot Y_{göz}] \cdot \bar{t}_x \quad (2-2)$$

-Çamur Üretimi

$$M_x = X \cdot V = \frac{Y}{(1 + k_d \cdot \bar{t}_x)} \cdot (S_0 - S) \cdot Q \cdot \bar{t}_x \Rightarrow P_x = M_x / \bar{t}_x \quad P_x = (S_0 - S) \cdot Y_{göz} \cdot Q \quad (2-3)$$

-Oksijen Gereksinimi

$$OR = V * \left[\frac{(1 - Y' * f * f_x)}{Y' * f} * \mu * M + k_d * M * f_x \right] \text{ veya}$$

OR = Giderilen substratın O₂ ihtiyacı – Üretilen çamurun oksijen eşdeğeri

$$OR = Q * (S_0 - S) / f - P_x * f_x \quad f_x \cong 1.42 \text{ gr-KOI/gr-UAKM} \quad f = \text{Atıksuyun BOI}_5 / \text{KOI oranı}$$

$$P_x = (S_0 - S) * Y_{göz} * Q \Rightarrow OR = (S_0 - S) * Q * [1/f - Y_{göz} * f_x] \quad (2-4)$$

-Geri Devir Oranının Belirlenmesi

$(Q + Q_R) * M = (Q - Q_W) * M_E + Q_W * M_R + Q_R * M_R$, $Q_R = R * Q \Rightarrow Q * R (M_R - M) = Q * M - Q_W * M_R$,
her iki tarafı $M * V$ ye bölersek

$$R / \bar{t}_h * (M_R / M - 1) = 1 / \bar{t}_h - 1 / \bar{t}_x \Rightarrow R = \frac{1 - \bar{t}_h / \bar{t}_x}{M_R / M - 1} \quad \bar{t}_h / \bar{t}_x \text{ ihmal edilebilecek mertebededir.}$$

Bu durumda;

$$R = 1 / ((M_R / M) - 1) \quad (2-5)$$

(R : Havalandırma Havuzuna Son Çökeltme Havuzu Tabanından Çekilen Çamurdan Devrettirilmesi Gerekli Debinin Giriş Debisine Oranı) (Birimsiz)

Yukarıda kullanılan simgelerin açıklamaları aşağıda verilmektedir.

Q : Debi (m³/sa) X : AKM (Askıda Katı Madde) Konsantrasyonu (mg-AKM/lt)

S : Substrat konsantrasyonu (mg-BOI₅/lt) M : Mikroorganizma konsantrasyonu (mg-AKM/lt)

V : Reaktör hacmi (m³)

0 : Giriş atıksu özelliklerini temsil eden indis

E : Çıkış atıksu özelliklerini temsil eden indis

R : Geri devrettirilen çamur özelliklerini temsil eden indis

Q_w : Sistemden atılması gerekli çamur debisi (m³/sa)

P_x : Sistemden birim zamanda atılması gerekli çamur kütlesi (g/sa)

$\bar{t}_x$: Çamur bekletme süresi veya çamur yaşı (gün)

μ : Mikroorganizmanın spesifik çoğalma hızı (gün⁻¹)

k_d : İçsel solunumla mikroorganizma yokolma hızı (gün⁻¹)

$\bar{t}_h$: Hidrolik bekletme süresi (gün)

Y : Giderilen substrat başına üretilen maksimum biyokütle (içsel solunumla kütle kaybı

dikkate alınmadan hesaplanan değer) miktarı (Teorik veya maksimum dönüşüm oranı) (mg-UAKM/mg-BOİ₅)

$Y_{göz}$: Giderilen substrat başına üretilen net biyokütle miktarı (Net veya gözlenen dönüşüm oranı) (mg-UAKM/mg-BOİ₅)

f_x : Aktif çamur prosesinde çoğalan mikroorganizmaların stokiyometrik değerinin $C_5H_7NO_2$ olduğu kabul edilerek hesaplanmış UAKM birimindeki mikroorganizmanın KOİ eşdeğeri ($f_x \approx 1.42$ gr-KOI/gr-UAKM)

f : Atıksuyun BOİ₅ / KOİ oranı

OR : Sistemin oksijen ihtiyacı (Sisteme birim zamanda verilmesi gereken oksijen miktarı) (kg-O₂ / sa)

2.2.2.2 Son Çöktürme Havuzları

Son çöktürme havuzları aktif çamur prosesinin bir parçasıdır. Havalandırma havuzlarında üreyen mikroorganizmalar burada çökeltilerek bir kısmı proses gereği havalandırma havuzunda tutulması istenilen mikroorganizma konsantrasyonu (teorik optimum değer 2500-4000 mg-AKM / lt) sağlamak amacıyla havalandırma havuzuna geri devrettirilirken diğer kısmı prosesin kararlı halde çalışabilmesi için atılması gerekli çamur olarak yoğunlaştırıcı birime gönderilir.

Son çöktürme havuzları ön çöktürme havuzlarında olduğu gibi dairesel ve dikdörtgen olarak inşa edilebilmektedir. Son çöktürme havuzlarının boyutlandırılmasında dikkate alınan parametreler bekletme süresi, hidrolik yük, katı madde yükü birim savak boyundan savaklanan debidir. Bu değerlerin sırasıyla ortalama debide 2.0-4.0 gün, 15-32 m³/m²-gün, 49-144 kg /m²-gün, 124 m³/m-gün değerleri arasında olması tavsiye edilmiştir. (Muslu,1996)

2.2.3 İleri Biyolojik (Üçüncül)Arıtma

Karbon, azot, fosfor ve kükürt hücre sentezi için gerekli olan, hücredeki kütle oranlarına göre, ana elementlerdir. Bununla birlikte iz elementler olarak adlandırılan kalsiyum, magnezyum, demir v.s. gibi diğer elementler de hücre sentezi için gereklidir. Bu elementler belli oranlarda birleştirilerek hücre sentezi gerçekleştirilir.

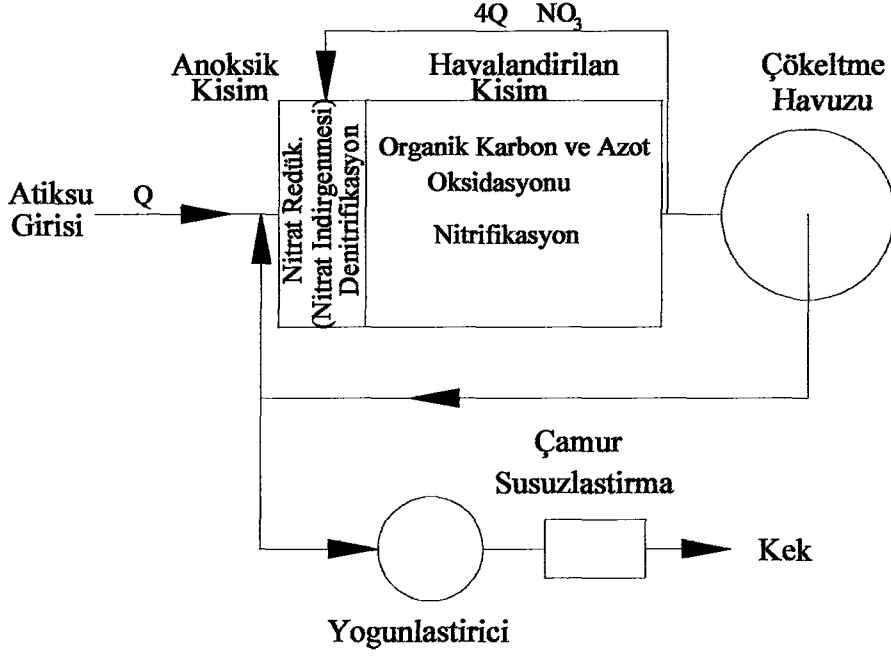
Evsel atıksuda (kanalizasyon hattında oksitlenme koşulları gerçekleşmediği sürece) amonyak (NH_3) ve amonyum (NH_4^+) formunda bulunan azot alıcı ortama verildiğinde hem mikroorganizmaların çözünmüş oksijeni kullanarak bu bileşikleri nitrit (NO_2^{-1}) ve nitrata (NO_3^{-2}) oksitlemek suretiyle oksijen konsantrasyonunu azalmasına hem de mavi-yeşil alglerin aşırı üremesine sebep olarak alıcı ortamın ekolojik dengesini bozar. Bu sebeple azot ve fosforun alıcı ortama verilmeden atıksudan giderilmesi gerekmektedir.

2.2.3.1 Biyolojik Nütrient Giderim Prosesi

Atıksudaki besi elementleri olan azot ve fosforun mikroorganizma bünyesinde tutup çamur olarak uzaklaştırılmasını sağlayan uzun havalandırmalı bir aktif çamur prosesidir. Sistemin çamur yaşı teorik olarak 10-30 gün arasında olmalıdır.

Bu birimde uzun havalandırmalı olarak aktif çamur prosesi ve denitrifikasyon prosesi birlikte gerçekleştirilir. Atıksudaki organik karbon azot ve fosfor oranlarına bakılarak hücrenin elementsel stokiyometrik dağılımında organik karbonun kısıtlayıcı olmaması için ön çökeltme yapılmamalıdır.

Havalandırılmayan havuzda denitrifikasyon bakterileri (anaerobik kemohetotrofik bakteriler) havalandırma havuzunda nitrosomonas ve nitrobakter grubu bakteriler (aerobik kemoototrofik) tarafından nitrata oksitlenmiş (yükseltgenmiş) azot formunu azot gazına (N_2 'ye) indirgemek suretiyle enerji elde ederler ve ürerler. Bu prosesin gerçekleşmesi için ortamda organik karbon bulunmalı, anoksik ortam koşulları sağlanmalı ve nitrat bu havuza verilmelidir. Bu amaçla fosfor tankından gelen atıksu önce anoksik havuza girmekte sonra havalandırılan havuz veya havuzlara gitmektedir. Amonyakın, nitrit ve organik azotun havalandırma havuzunda oksitlenmesi ile oluşan nitrat denitrifikasyonun gerçekleştirilmesi için son havalandırma havuzunun çıkışına yakın bir yerden arıtma tesisine gelen debinin 4 katı kadarı havalandırılmayan (anoksik) havuza geri devrettirilir. Bu prosesin işleyiş şeması Şekil 2.1 de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Biyolojik Nutrient Giderim Proses Şeması

2.3 Arıtma Alternatifi Olarak Atıksu Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemleri

Deniz deşarjı sistemleri Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için uygun bir sürdürülebilir atıksu arıtma alternatifidir. Deniz araştırmaları sonucunda ortaya çıkan deniz ortamının seyreltme koşulları dikkate alınarak iyi tasarlanmış bir deniz deşarjı sistemi ile kirletici parametreler seyreltme ve deniz ortamının tabii arıtma süreçleri vasıtasıyla zararsız konsantrasyonlara düşürülür. Atıksu, deşarj öncesi asgari olarak denizin estetik görünümünü bozan ve/veya deniz ortamındaki ekolojik dengeye doğrudan, besin zinciri yoluyla insanlara dolaylı zararları olan yüzücü maddeler, yağ-gres, ağır metaller, kararlı organik bileşikler (pestisitler gibi) gibi kirletici parametrelerin atıksudan ayrılmasını temin edecek arıtma birimlerini içeren ön arıtmadan geçirilmelidir. Ön arıtma birimleri atıksuyun kirletici parametre çeşitlerine, konsantrasyonlarına ve alıcı ortamın seyreltme oranına bağlı olarak belirlenir. Deniz deşarjı sistemleri alıcı ortamın mevcut durumu dikkate alınarak önceden belirlenmiş şimdiki ve gelecekteki faydalı kullanımını olumsuz yönde etkileyecek parametrelerin deşarj sonrası izlenmesine göre şekillenen bir ön arıtma ile birlikte planlanmalı, ön arıtma birimleri nüfus artışına paralel olarak kademelendirilmeli ve karşılaşılabilecek önemli sıkıntılar (nüfus artışıyla ortaya çıkacak kirletici yük fazlalığı gibi) göz önüne alınarak gerekli arıtma birimi için yerleri ayrılmalıdır.

2.3.1 Deniz Suyunun Özellikleri

Denizin kirlenmemesi ve ekolojik dengesinin bozulmaması düşünüldüğünde (bunun için denize deşarj standartları belirlenmiştir.) denizin arıtılmış sulara alıcı ortam olarak kullanılması veya belirli bir ön arıtmadan sonra yeterli ilk seyrelmeyi sağlayacak bir arıtma ortamı olarak kullanılmasına karar verilmesi denizin mevcut durumu ve gelecekteki kullanım amacı ile denizin hidrografik ve oşinografik özelliklerine bağlıdır.

Atıksuyun deniz ortamında seyrelme oranını, denizin hidrografik (akıntılar med-cezir, dalgalar v.s.) ve oşinografik (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) özellikleri birlikte belirler. Denizlerin hidrografik ve oşinografik özellikleri aynı zamanda diğer su kütleleri (okyanus ve/veya açık denizler) ile olan su alışverişini önemli ölçüde etkiler ve bu irtibat seviyesinin deniz suyu kalitesinin,akıntı ikliminin ve diğer karakteristiklerinin iyi veya kötü yönde değişmesinde çok büyük etkisi vardır. Açık denizlerle su alışverişi iyi olan su kütlelerinin yenilenme periyodu düşük olup (yani sık yenilenen) kirlenme riskleri azdır. Kapalı koy, körfez ve haliç gibi su alışverişinin sınırlı olduğu yerlerde su kütlelerinin yenilenme periyodu 100 yılın üzerinde olabilmektedir. Örneğini İstanbul Haliç'te gördüğümüz bu tür yenilenme periyodunun yüksek olduğu su ortamlarına yapılacak atıksu deşarjları, bu deşarjlar uzun süreli olmasa dahi, anoksik koşulların oluşmasına sebep olur. İşte bu örnek su alışverişi bakımından kendisine avantaj veya dezavantaj sağlayan su kütlelerinin doldurduğu çukurun topoğrafik yapısının, bu oşinografik özelliğine girer, ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu aynı zamanda bize denizin hidrografik (akıntılar, su alışverişi gibi) özelliklerini büyük ölçüde oşinografik (taban topoğrafyası, kara parçaları ile çevrili olma durumu, derinlikle değişen yoğunluk tabakalaşması gibi) özelliklerinin tayin ettiğini kimi zaman da tamamen oşinografik özelliklerinin belirlediğini göstermektedir.

2.3.1.1 Deniz Suyunun Oşinografik Özelliği

Deniz suyunun fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısına ait özelliklerinin tümüne oşinografik özelliği denilir. Yukarıda da belirttiğimiz gibi deniz suyunun, içersine verilen atık sudaki kirleticilerin seyrelmesi ve doğal süreçlerle biyolojik ve kimyasal etkenlerle deniz ortamı için zararsız hale gelmesinde, yani oşinografik özelliğinin çok önemli rolü vardır. Deniz tabanının topoğrafik yapısı, deniz suyunun karalarla çevrili olma durumu, bulanıklılığı, ortalama derinliği, sıcaklığı, yoğunluğu gibi bilgiler fiziksel özelliğine girer. Deniz suyunun pH'sı,

tuzluluğu, organik madde içeriği, tabandaki ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonu gibi bilgiler de kimyasal özelliğine girer. Biyolojik olarak bozulabilen maddelerin bozunma hızı, klorofil miktarı, denizde yaşayan canlı organizma tür ve çeşidi gibi bilgiler de biyolojik özelliğine girer. Bu bilgilerden deniz deşarjı sisteminin seçiminde en çok kullanılanları atıksuyun düzeyde seyrelmesini etkileyen yoğunluk tabakalaşması durumu ve biyolojik olarak bozunabilen maddelerin bozunma hızları ve daha önemlisi koliform mikroorganizmaların yok olma hızlarıdır.

Deniz suyunun yoğunluğu tuzluluk, sıcaklık ve basıncın bir fonksiyonudur. Sahil sularında (derinliğin kısmen az olması sebebiyle) basıncın etkisi ihmal edilebilecek mertebede olduğundan yoğunluğu, tuzluluk ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak kabul edebiliriz. Yoğunlukları farklı sıvıların bir kaba konulduğunda en yoğun sıvı tabanda en düşük yoğunluklu sıvı üstte olacak şekilde yerleştiği gibi tuzluluk ve sıcaklığın etkisi ile farklı yoğunluklara sahip deniz suyu kütleleri bu prensibe uygun olarak yerleşir.

Sahil sularında tuzlu sular alt tabakada daha az tuzlu sular üst tabakada yer alır. Bu durum yoğunluk tabakalaşmasına sebep olan, seyrelme için önemli bir olaydır. Tuzluluğun derinlikle ani olarak değiştiği ara bölgeye **Haloklin** tabakası denilir.

Önemli tuzluluk değerleri farklılığından dolayı kararlı yoğunluk tabakalaşmasının olmadığı denizlerde doğal olarak daha sıcak sular üst kısımlarda, daha soğuk sular alt kısımlarda olacak şekilde derinlikle azalan bir sıcaklık profili gerçekleşecektir. Sıcaklık-derinlik profilinden sıcaklığın aniden değiştiği bölgeye **Termoklin** tabakası denilir.

Yoğunluk üst kısımlarda daha düşük olup derinlikle artarak sabit bir değere yaklaşır. Yoğunluğun derinlikle ani değişim gösterdiği bölgeye **Piknoklin** tabakası denilir.

Genellikle termoklin, haloklin ve piknoklin tabakaları hemen hemen birbiriyle çakışır. Yoğunluk tabakalaşmasının meydana gelip gelmediğine bağlı olarak deşarj sonucu oluşan atıksu tarlası piknoklin tabakasında batmış halde veya su yüzeyine ulaşarak yüzeyde tarla oluşturur. Yoğunluk tabakalaşmasının olduğu denizlerde çok özel haller dışında batmış atıksu tarlası teşekkül eder. Üiform yoğunluklu ortamlarda ise atıksu tarlası su yüzeyine çıkar ve yüzeyde tarla oluşur. Boğazlar ve Marmara Denizi hariç denizlerimizde bahar aylarında deniz ortamı hemen hemen tam karışım halindedir ve bunun sonucu olarak da yoğunluk

tabakalaşması ortadan kalkar. Yaz ve kış aylarında yoğunluk tabakalaşmasından dolayı batmış tarla oluşsa bile bahar mevsimlerinde atıksuların yüzeye çıkması söz konusu olabilir. Buna karşın Boğazlar ve Marmara Denizinde, tabakalı akım (üstte Karadeniz suyu, altta Akdeniz suyu) dolayısıyla sabit ve kararlı bir piknoklin tabakası bulunduğundan her mevsim batmış atıksu tarlası durumu gözlenir. (Öztürk, 1996)

2.3.1.2 Denizin Hidrografik Özelliği

Denizde meydana gelen çeşitli yön ve şiddetteki su hareketleri denizin hidrografik yapısını oluşturur. Bu su hareketleri rüzgarların meydana getirdiği kayma gerilmeleri ve dalgalar ile iki su kütlesi arasındaki yoğunluk farkları ve med-cezir dolayısıyla dengelenmesi gerekli hidrolik yük farklarının oluşması gibi faktörlerin bir veya birkaçının etkisi ile meydana gelir. Daha önce de belirttiğimiz gibi su hareketlerini belirleyen faktörler su kütlesinin karalarla çevrili olma durumu ve karaların yüksekliği, rüzgarı engeller veya hızlarını azaltır, taban topoğrafyası, su derinliği, yoğunluk farklılığı derecesi gibi denizin oşinografik özellikleri ile çok yakından ilişkilidir.

2.3.2 Atıksu Deniz Deşarjı Sistemleri

Deşarjın yapılacağı su ortamının oşinografik ve ekolojik özelliklerine bakılarak deşarj öncesi arıtmanın seviyesi belirlenir. Yerleşim biriminin gelecekteki ihtiyaçları, kullanılmış suların deşarj edileceği su ortamının özellikleri ve kullanma maksatları bakımından optimum çözüm araştırılır.

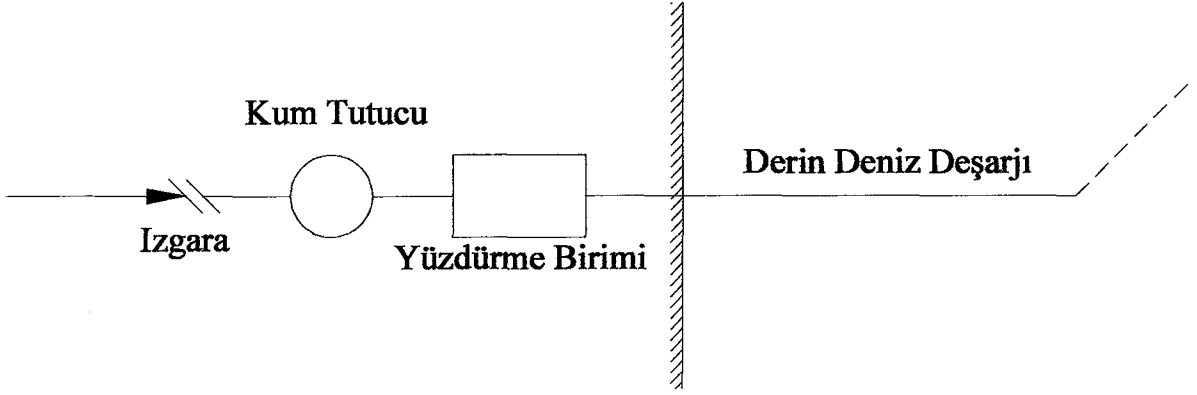
Derin deniz deşarjı hatlarında, çoğu kere elde edilen yüksek mertebede seyrelme dolayısıyla, BOI₅ genellikle önemli bir parametre olmaktan çıkar. Buna mukabil kıyıda yapılan sığ deşarjlarda önemli bir seyrelme olmadığından, kıyı kesiminde halk sağlığı ve çözünmüş oksijen konsantrasyonu bakımından belli bir risk söz konusu olabilir. Organik maddelerin seyrelme yoluyla konsantrasyonlarının azaltılması yanında, deşarj hatlarının atıksu içindeki bakteri ve virüslerin yüzme standartlarını sağlayacak ve gerekli taşınma süresine imkan verecek tarzda planlanması gerekmektedir. Deşarj hattı uzunluğu yetersiz olduğu takdirde deşarj öncesi dezenfeksiyon uygulanarak sahil suyu kalite standartlarının sağlanması yoluna gidilir. Bu durumda dezenfeksiyon işleminin yıllık işletme maliyeti ile deşarj hattının yatırım maliyeti başlıca karar parametreleridir.

Ancak açık denizlerle su alışverişi nispeten sınırlı olan iç deniz ve kapalı körfezlere atıksu deşarjı halinde alıcı ortamda kirleticilerin önemli oranda birikmesi söz konusu olabileceğinden deşarj öncesi arıtmadan sonra derin deniz deşarjı uygulanmalıdır. Özellikle besin maddeleri (N, P) kapalı su ortamlarında birikerek ötrofikasyona yol açabilir. Bu yüzden alıcı ortamda organik madde giderimi ve çözünmüş oksijen eksikliği yönünden çok önemli problemler olmasa bile, deşarj öncesi arıtma ile nütrient giderimi büyük önem taşır.

Nütrientler yanında alıcı ortamın estetik durumunun değişmesine yol açan yüzücü maddeler, yağ-gres, koku ve renk parametrelerinin kontrolü için de deşarj öncesi arıtma gerekmektedir. Bu parametreler özellikle endüstriyel atıksu deşarjlarında önemlerini daha da arttırmaktadır. Deşarjdan önce atıksudan giderilmesi son derece önemli olan parametrelerin, zehirli maddelerin ve ağır metallerin besin zinciri içerisinde birikimi yüksek oranda seyrelme sağlayan derin deniz deşarjı hatları ile önlenabilir. Aynı şekilde biyolojik olarak birikim özelliğine sahip maddelerin alg, midye, kabuklu deniz hayvanları ve balıklarda deniz ortamına göre çok yüksek konsantrasyonlarda biriktirilmesi ve bu deniz canlıların yenmesi sonucunda insan bünyesine geçme riski vardır. Bu sebeple bu tür maddeler için en etkin kontrol yöntemi kaynağında kontrol ve sıfır deşarjdır.

2.3.2.1 Mekanik Ön Arıtmadan Sonra Deşarj

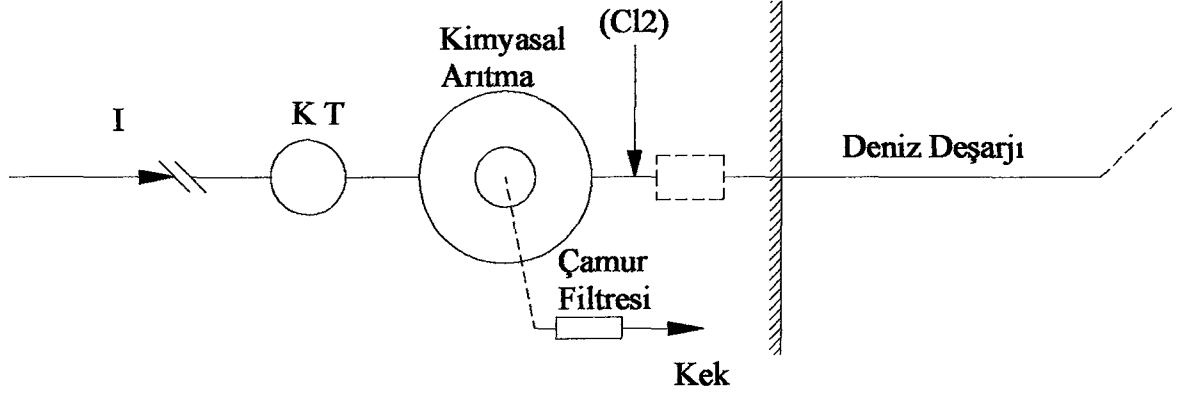
Genellikle akıntının yüksek olduğu dolayısıyla iyi bir seyrelmenin elde edildiği deniz ortamına yapılacak deşarjlardan önce tercih edilen bir ön arıtma metodudur. Tüm diğer deşarjlarda da gözetilmesi gerekli hususlardan olan pestisid, ağır metaller ve klorlu organik bileşiklerin deşarjdan önce kaynağında kontrol edilerek deşarj suyuna karışmasını önlemek gereklidir. Atıksu ızgaralar, kum tutucu ve yüzdürme birimlerini içeren mekanik arıtmadan geçirildikten sonra yeterli uzunluktaki derin deşarj hattı ile deniz suyu ortamına verilir.



Şekil 2.3 Mekanik Ön Arıtmadan Sonra Derin Deniz Deşarjı

2.3.2.2 Kimyasal Ön Arıtmadan Sonra Deşarj

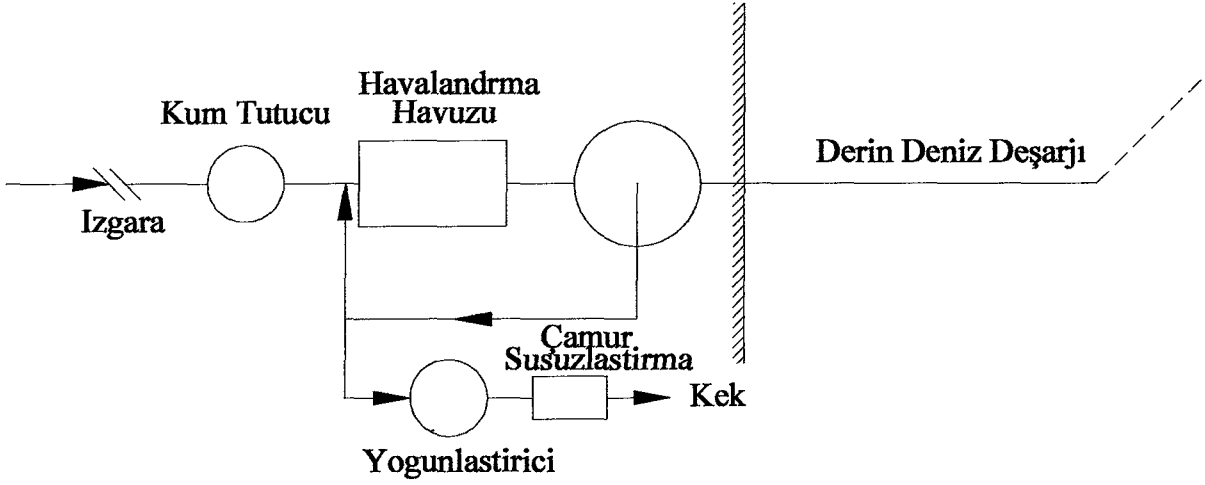
Akıntının daha zayıf ve dolayısıyla gerekli seyrelmenin sağlanması için yapılacak deşarj hattı alternatiflerinin daha pahalı olacağı durumlarda veya deniz canlılarının önemli zarar görme risklerinin söz konusu olduğu hallerde kirletici yüklerin azaltılması amacıyla pıhtılaştırıcı kimyasal madde ilave edilerek kendi ağırlığıyla çökebilen katılarla pıhtılaştırma sonucu çökebilecek boyut ve yoğunluğa ulaşan organik ve inorganik katılar inşa edilecek bir çökeltme havuzu ile sudan ayrılırlar. Daha ekonomik olması halinde atık su böyle bir ön arıtmadan sonra dezenfekte edilerek daha kısa bir hatla denize verilebilir.



Şekil 2.4 Kimyasal Arıtmadan Sonra Derin Deniz Deşarjı

2.3.2.3 İkinci Kademe Biyolojik Arıtma ve/veya Dezenfeksiyondan Sonra Deşarj

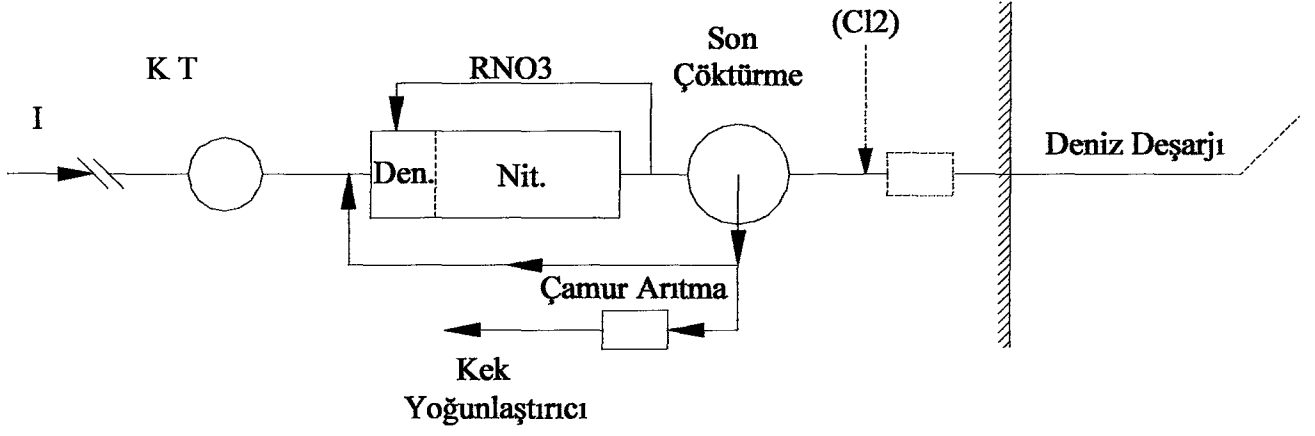
Arazinin kıymetli ve nüfusun yoğun olduğu metropol şehirlerde çamurların nihai bertarafları hem zor hem de pahalı olduğundan aktif çamur prosesine göre 1.5-2.0 misli çamur oluşturan kimyasal arıtma yerine çamurların anaerobik arıtımına ve böylelikle hem oluşan nihai stabil çamur miktarının hem de anaerobik arıtma sırasında elde edilen metanı enerjiye çevirmek suretiyle işletme masraflarının azalmasına da imkan veren aktif çamur prosesi yukarıda ifade edilen amaca hizmet vermek üzere tercih edilebilir.



Şekil 2.5 İkinci Kademe Biyolojik Arıtmayı Müteakip Deniz Deşarjı

2.3.2.4 Üçüncü Kademe Biyolojik Arıtmadan Sonra Deşarj

Üçüncü kademe arıtma ile N, P gibi nütrientler gerekli seviyede giderilir ve çıkış suyu denize deşarj edilir. Bu ancak kapalı deniz ve körfezler için düşünülebilen oldukça pahalı bir çözümdür. Yenilenme periyotları yüksek, açık deniz veya okyanuslarla su alışverişi kısıtlı kapalı deniz, koy ve körfezlere yapılacak deşarjlarda nitrifikasyon riski sebebiyle N, P gibi nütrientlerin deşarjdan önce yeterli seviyede giderilmesi gerekebilir. Bu tip bir ön arıtma için biyolojik azot giderimi prosesi tercih edilebilir. (Öztürk , 1996)



Şekil 2.6. Üçüncü Kademe Biyolojik Arıtmaya Müteakip Deşarj

3. MARMARA DENİZİ ve İSTANBUL BOĞAZI'NIN ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde 1950 li yıllardan beri Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı ile ilgili yapılan araştırma sonuçlarının derlenerek birlikte değerlendirilmesiyle ortaya çıkartılan sonuçları içeren İstanbul Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Master Planı'nının özet bilgileri aşağıda verilmektedir.

İstanbul Kenti, Doğu Akdeniz'in Ege Havzası ile Batı Karadeniz arasında kalan bölgenin en önemli yerleşim merkezidir. Bu bölgeyi çevreleyen denizlerin en önemli oşinografik özelliği, Çanakkale Boğazı'nın Ege Denizi çıkışında ortalama 10 m, Marmara Denizi boyunca 20 m ve İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkışında yaklaşık 50 m derinlikte bulunan bir piknoklin ile birbirinden ayrılmış iki tabakalı bir akımın oluşmasıdır. Piknoklin tabakası kalınlığı çevre şartlarına bağlı olarak değişebilmektedir.

Sistemde yoğunluk değişimleri sıcaklıktan çok tuzluluk değişimleri ile belirlenmekte ve üst tabaka mevsimlik değişimlerden çok etkilenirken, alt tabaka özellikleri bütün yıl boyunca hemen hiç değişmemektedir. Bu hususiyet sebebiyle, sistemi değerlendirirken sadece mevsimlik termal tabakalaşmanın olduğu diğer denizlerle (mesela Adriyatik) karşılaştırma yapmak mümkün değildir.

Karadeniz'in daha az tuzlu üst tabaka suları Türk Boğazlar Sistemin'den geçerek Ege Denizi'ne ulaşırken, daha tuzlu Ege Denizi suları alt tabakadan ters yönde Karadeniz'e akmaktadır. Her iki akım da değişken olmakla birlikte, İstanbul Boğazı'nın üst tabakasında akım ortalama 20 000 m³/sn, alt tabakasında ise ortalama 10 000 m³/sn civarındadır.

Boğaz'daki iki-tabakalı akım kuzey ve güney uçlardaki eşiklerle kontrol edilmekte ve bu eşikler kritik altı ve kritik üstü akım hali oluşturarak ara yüzeyde içsel hidrolik sıçramalara sebep olmaktadır. Ayrıca, Karadeniz ile Marmara Denizi arasında su seviyesi farkı 450 mm'nin üstüne çıktığında alt akım, 100 mm'nin altına indiğinde ise üst akım bloke olabilmektedir. Bütün bu durumlar alt ve üst tabakanın girişim ve karışımına sebep olup, netice itibari ile alt akımın belli oranda Marmara Denizi'ne geri dönmesine sebebiyet vermektedir.

Karadeniz'den Marmara'ya yılda yaklaşık 660 milyar m³ su taşınması (İstanbul'un toplam atıksu

hacmi 2030 yılında 1.7 milyar m³'tür) Marmara Denizi üst tabakasının yaklaşık 3-6 ayda yıkanmasını sağlamakta, ancak alt tabaka sulan 5-7 yılda bir yenilenebilmektedir. Bu değerler Karadeniz'de 500 ve 2000 yıl'dır. Buna göre Marmara Denizi üst tabaka su kalitesi ve trofik durumunun büyük ölçüde Karadeniz'den etkilendiği söylenebilir.

Batı Karadeniz'de kıyıdan itibaren 40-80 km'lik bir bant içinde gelişen siklonik akıntı; Ukrayna, Romanya ve Bulgaristan kıyılarından kaynaklanarak Dinyester ve Tuna gibi nehirlerle gelen seyrelmiş haldeki atık yükleri Boğaz yolu ile Marmara Denizi'ne taşınmaktadır. Bu arada, özellikle kıyılarda 2 gr C (karbon)/m²-gün değerine (Karadeniz'in tamamında 2 milyar ton karbona eşdeğer) ulaşan birincil üretim sonucu, büyük plankton kütleleri de birlikte taşınmaktadır.

Deneyisel verilere göre Marmara Denizi'nde 0.5 ile 1.0 gr C/m²-gün birincil üretim değerlerine (Marmara bölümünde 2.5 milyon ton karbona eşdeğer) ulaşılabilir. Bu yüksek üretim neticesi ölü planktonlar ve organizma artıklarının ayrışması ile çözünmüş oksijen konsantrasyonları 2 mg/l'nin altına düşebilmektedir. Ayrıca, ağır metaller ve çeşitli diğer toksik madde deşarjlarının da Marmara Denizi ve Boğaz'da ekolojiyi olumsuz yönde etkilemekte oldukları tahmin edilmektedir.

İstanbul'dan gelen atıksu yükleri Marmara Denizi'ndeki biyolojik faaliyetleri ve civardaki kıyı sularının kalitesini belirgin ölçüde etkilemektedir.

Yukarıda verilen bilgiler ve yararlı kullanımlar ve bu kullanımların gerektirdiği ulusal/uluslararası su kalite kriterleri açısından ele alındığında aşağıdaki sonuçlara varılabilir:

- Boğaz-Marmara Birleşimi ile Boğaz'ın kuzey çıkışına kadar uzanan kesiminin halihazırda sadece sınırlı rekreasyonel maksatla kullanıma uygun olacağı,
- Su ürünlerinin tür ve sayısı olarak giderek azaldığı ve doğal ekolojik yapının korunamadığı.

Buna karşın, Boğaz - Karadeniz Birleşiminin halen pek çok yararlı kullanıma uygun olduğu görülmektedir. Uygulanacak atıksu uzaklaştırma stratejileri sonucunda Boğaz ve Marmara Denizi'nin bazı kesimlerinin yüzmeye dahil rekreatif maksatlı kullanımlara uygun hale gelmesi, bu kesimlerde en azından su kalitesine karşı çok hassas olmayan su ürünleri elde edilebilmesi

beklenmektedir.

Ayrıca, Boğaz'ın kuzey kesimi ve Karadeniz kıyıları ekolojik bir değer olarak korunmaya devam edilmelidir. Aynı zamanda, uygulanacak strateji Türkiye'de geçerli deşarj ve alıcı ortam standartlarını sağlamalı ve Türkiye'nin imzaladığı uluslararası antlaşmalara (Karadeniz Protokolü gibi) uyum göstermelidir.

İstanbul'un atıksularının uzaklaştırılması konusunda 1970 yılından beri çeşitli çalışmalar yapılmış olup, gerek bu bilgiler gerekse alıcı su ortamları ile ilgili mevcut bilgi ve veriler üzerinde yapılan değerlendirmeler ve gerçekleştirilen 3 Boyutlu modelleme çalışmasının özetlenmesi sonuçları, kısa vadeli bir atıksu uzaklaştırma stratejisinin formüle edilmesine ve uzun vadeli bir stratejinin de temelini oluşturulmasına imkan tanımaktadır. Bu konuda yapılan tüm değerlendirmelerin ışığı altında aşağıdaki teklifler getirilmektedir.

- Avrupa Topluluğu (AT) Talimatnamesi'nde belirlendiği şekilde Marmara Denizi, özellikle de kıyı suları hassas sular olarak tanımlanmalıdır. Diğer bir deyişle, Marmara Denizi'ne yapılacak deşarlarda "besi maddesi" giderimi dikkatlice değerlendirilmelidir. Bu hedefe ulaşmak için aşağıdaki önlemlerin alınmasını gerektirir:
 - Marmara Denizi'ne olabildiğince az deşarj yapılarak atık yükünün etkisinin düşürülmesi için, atıksuların Boğaz alt akıntısı ile Karadeniz alt sularına taşınacak şekilde deşarj yerlerinin seçilmesi. Dolayısıyla, bu deşarj yerlerinin uzun vadeli karadaki taşıyıcı sistem altyapısı ile de uyumlu olarak seçilmelidir.
 - Marmara Denizi alt tabakasına deşarj yapacak arıtma tesislerinin, uzun vadede üçüncü derece arıtmaya geçilecek şekilde ikinci derece arıtmalardan başlayarak kademeli olarak planlanması
 - Üçüncü derece arıtmaların, önceden yapılacak araştırmalarla birincil üretimde kısıtlayıcı olduğu tespit edilen ve ispatlanan besi maddesinin giderilmesine yönelik olarak tasarlanması gerekli ve zorunlu görülmektedir.
- Boğaz alt akıntısının, ilgili AT Talimatlarında belirtildiği gibi sadece birinci derece arıtmadan geçirilmiş deşarj sularını Karadeniz alt tabakasına taşımak için kullanılması uygun görülmekle birlikte alıcı ortam kalitesinde gözlenecek olumsuz değişiklikler veya ulusal/uluslararası standartlarda getirilecek yeni kısıtlamalar veya beklenmeyen nüfus artışı, dolayısıyla atık yüklerindeki aşırı artışlar neticesi oluşabilecek durumlara uyum sağlamak

üzere, bütün birinci derece arıtma sahalarında tesislerin kapasitenin arttırılması veya arıtma derecesinin yükseltilmesi gayesiyle, uzun vadede genişletilmelerine imkan sağlayacak koşullar oluşturulmalıdır.

- Yukarıdaki maddelerde belirtildiği gibi Marmara-Boğaz Birleşimi, Boğaz boyunca ve Boğaz-Karadeniz Birleşiminde sürekli su ve sediment kalitesi ile ekolojik değişimler izlenmelidir.
- Ayrıca, AT standartları ile özellikle Karadeniz ülkeleri arasında ve Türkiye'ce çeşitli ülkelerle imzalanan anlaşmaların çok iyi takip edilerek, bu anlaşmaların getireceği yükümlülükler imza öncesi ilgili diğer kurumlara iyi anlatılmalıdır. Batı Karadeniz'den taşınan yükler sebebiyle Boğaz ve Marmara'nın gördüğü zarar da uluslararası platformda tartışılmak üzere gündeme getirilmelidir.

İstanbul, Doğu Akdeniz'in Ege Havzası ile Karadeniz arasında, Çanakkale Boğazı, Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nın oluşturduğu Türk Boğazlar Sistemi'nin ana yerleşim merkezidir. Bu sistemin en önemli özelliği, bir "piknoklin" ile birbirinden ayrılmış iki tabakalı akım oluşturmastır. Piknoklin'in derinliği Çanakkale Boğazı'nda 10 m, Marmara Denizi'nde 20-25 m ve İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkışında 50 m arasında değişir. Sistemde yoğunluk değişimleri sıcaklıktan çok tuzluluğa bağlı olduğu için piknoklin yerine "haloklin" teriminin kullanılması daha uygun olabilir.

Daha az tuzlu olan Karadeniz üst tabaka suları Türk Boğazlar Sistemi'nden geçerek Ege Denizine akarken, daha tuzlu Akdeniz suları ise alt tabakadan aksi yönde Karadeniz'e geçer.

Marmara Denizi'nin yüzeyden 30 m daha aşağıda bulunan kısmı anoksik değilse de genelde 1-2 mg/l çözülmüş oksijen konsantrasyonu ile devamlı bir çözülmüş oksijen eksikliği içindedir. Bu durum, denizler ve bu denizlerin çevrelediği civar alanlar için çevresel açıdan büyük bir önem taşımaktadır. Alt tabakanın Çanakkale Boğazı kanalıyla Ege Denizi'nden sürekli olarak beslenmesine rağmen alt akımlardaki su İstanbul Boğazına ve buradan da kuzeye doğru akar. Denizdeki akıntı son derece yavaştır.

10 m ile 30-40 m arasındaki derinlikteki ara tabakada belirgin bir sıcaklık, tuzluluk ve dolayısıyla yoğunluk tabakalaşması görülmektedir. Düşey yönde karışımı engelleyen aşırı

yoğunluk tabakalaşması sebebiyle, sudaki çözünmüş oksijen ve diğer bütün su kalitesi bileşenlerinin düşey yöndeki konsantrasyon değişimleri oldukça yüksektir.

Marmara Denizi'nin yüzey dalgaları nadiren 1 m.yi aşmaktadır ve bu durum ile sadece fırtınalı dönemlerde karşılaşılmaktadır. Bununla beraber üst ve alt tabakalar arasındaki dalgalar, birkaç saatlik sürelerle ve dalga genliği birkaç metre olarak gözlenmiştir. Bu dalgalar Marmara Denizi'ne deşarj olan Boğaz üst tabakasından açığa çıkan enerjiden veya rüzgarın yüzeyde yaratmış olduğu etkiden ileri geliyor olabilir. Genelde birkaç metrelik seiche (kabaran dalga) genliği ile karşılaşılmaması yüzünden, zaman zaman dalga genliğinin (amplitude) 10 metre veya daha fazla olabileceği sonucu çıkartabilmektedir.

Balıkçılık açısından, son senelerde Marmara Denizi Karadeniz'in arkasından 2. gelmekte ve ülkenin toplam deniz ürünlerinin % 20'sini karşılamaktadır. Son yirmi senede tutulan balık miktarında artış görülmekle beraber, tür çeşitliliği oldukça azalmıştır. 1980'lerde Marmara Denizi'nde bulunan 167 balık türünden yalnız 34'ünün ticari değeri bulunmaktadır. Bu türlerin yaklaşık yarısı deniz dibinde yaşarken (bentik), diğer yarısı ise üst tabakalarda (pelajik) yaşamaktadır.

Denize deşarj edilen İstanbul atık suları en çok aşağıdaki bölgeleri etkilemektedir.

- İstanbul Boğazı - Marmara Denizi Birleşimi (BMB)
- İstanbul Boğazı
- İstanbul Boğazı- Karadeniz Birleşimi (BKB)

Çeşitli kurumlarca yapılmış çalışmalardan derlenen verilerden ve özellikle İSKİ'nin günümüze kadar yaptırdığı izleme çalışmalarından yararlanılarak, bu üç alanın oşinografik özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

3.1 İstanbul Boğazı'nın Oşinografik Özelliği

İstanbul Boğazı, Marmara Denizi İle Karadeniz'i birbirine bağlayan 31 km uzunluğunda bir kanaldır. Genişliği 0.5 km ile 3.5 km arasında, derinliği ise 30 m (Beşiktaş) ile 110 m (Kandilli) arasında değişmektedir. Marmara çıkışının 3 km kadar kuzeyinde Üsküdar - Sarayburnu arasında derinliği 33 m olan bir eşik ve Karadeniz çıkışından 4 km kadar açığında

derinliği 60 m olan ikinci bir eşik bulunmaktadır

3.1.1 Hidrodinamik Özellikler

İstanbul Boğazı boyunca Karadeniz'den Marmara'ya olan üst akım ile Marmara'dan Karadeniz'e ulaşan alt akım yıllık ortalama debilerinin belirlenmesi yönünde şimdiye kadar yapılmış olan çalışmaların toplu sonuçları Çizelge 3.1 de özetlenmiştir. Boğaz'daki akışları belirleyen temel kriter, Boğaz'ın iki ucu arasındaki su seviyeleri arasındaki farkın değişimidir.

Ortalama deniz seviyesine göre bu farkın + 450 mm ile - 100 mm arasında değişmesi, alt veya üst akımı tamamen bloke edebilmektedir. Üst akım tuzluluğunun ‰o 19, alt akım tuzluluğunun‰o 35 olduğu düşünülerek Boğaz boyunca 4 istasyonda üst ve alt akımın aylık değişimi incelenmiştir. Bu şekle göre Kasım ayında üst akımın blokajı, Nisan ayında da alt akımın blokajı mümkün gözükmemektedir. Bu blokajların (özellikle alt akım blokajının) yıl içindeki oluşum yüzdeleri, atık su deşarjlarının yaratabileceği risklerin değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Mevcut bilgiler alt tabaka blokajının yılın yaklaşık %10'unda oluştuğunu göstermektedir. Güçlü kuzey rüzgarlarının hakim olduğu zamanlarda Karadeniz'den Marmara Denizi'ne akım artarak üst tabakanın derinliğinin de artmasına sebep olmaktadır. Hakim rüzgar yönü güney olduğu anda ise tam tersi bir durum gözlenmektedir. Diğer taraftan Karadeniz'e tatlı su girdisi de mevsime bağlı olarak değişmekte ve bu da Karadeniz'den Marmara'ya olan akış miktarını etkilemektedir.

İstanbul Boğazı fiziksel yapısı, her iki (kuzey ve güney) uğta bulunan eşiklerde farklı yoğunluktaki tabakaların karışımını belirlemektedir. İstanbul Boğazı'nın iki tabakalı akım özelliği, eşiklerin varlığı veya boğaz genişliğindeki değişiklikler sebebiyle kritik altı veya kritik üstü akım hali oluşturarak içsel bir hidrolik sıçramaya ve tabakalar arasında karışım ve girişimin artmasına sebep olmaktadır. Kuzey ve güneydeki eşiklere ek olarak, Kandilli'de 110 m derinliğindeki dar geçitte üçüncü bir belirleyici bölüm bulunmaktadır. Aynı şekilde. Beşiktaş önlerindeki 36 m derinliğindeki eşikte çok az miktarda da olsa düşey karışma gözlenmektedir.

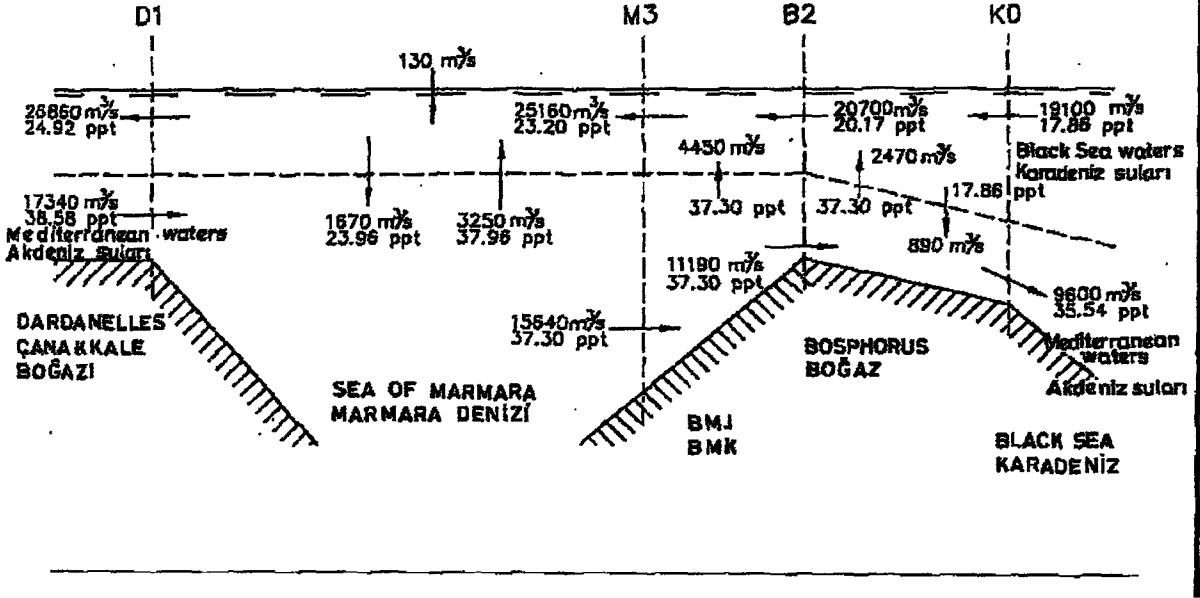
Çizelge 3.1 Marmara ve Karadeniz'e Giden Akımların Debi Tahminleri

Referanslar	Marmara'ya Giden Üst Akım		Karadeniz'e Giden Üst Akım		Marmara'ya Giden Net Debi	
	km ³ /yıl	m ³ /sn	km ³ /yıl	m ³ /sn	km ³ /yıl	m ³ /sn
Möler (1931) ^{1,2} (Akıntı Gözlem 1917)	398	12600	193	6100	205	6500
Özturgut (1971) ³ (Karadeniz'deki Su/Tuz Dengesi)	548	17400	249	7900	299	9500
Sümer (1981/ 87) ^{1,4} (İki-Tabaka Modeli)	620	19700	230	7300	390	12400
METU (1990) ^{1,5} (İki-Tabaka Modeli)	670	21300	170	5500	500	158000
Orhon (1993) ⁶ (ODTÜ Modeli)	600	19100	262	8400	338	10700
OEJV (1994)	600	19100	303	9600	297	9500

Notlar:

- 1) Boğaz boyunca yıllık ortalama seviye farkı(Ah) 330 mm olarak kabul edilmiştir.
 - 2) Ortalama tekniğiyle, gerçekleşenin altında tahmin edildiği sanılmaktadır.
 - 3) Karadeniz'e giren nehirsel akımların 1970 yılından beri % 25 oranında azaldığı kabul edilmiştir.
 - 4) İdealleştirilmiş model, girişimin olmaması durumu.
 - 5) Kısmen kalibre edilmiş girişi göz önüne alan model
 - 6) 1990 yılındaki ODTÜ modeli uyarlanarak kullanılmıştır.
- (İstanbul Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Master Planı, 1997)

Çanakkale Boğazı, Marmara Denizi, İstanbul Boğazı'nda alttan Akdeniz'in yoğun sularının üstten Karadeniz'in daha az yoğun sularının aktığı iki tabakalı kararlı akım vardır. Bu akımların ortalama debileri ve alt ve üst akım arasındaki su alış-verişinin nerelerde ne kadar olduğunu gösteren şema Şekil 3.1 de görülmektedir.



Şekil 3.1 Türk Boğazlar Sistemi Akım Düzeni (ÖEJV, 1994)

Boğaz boyunca iki tabaka arasındaki karışımın bir sebebi de düşey yöndeki girdaplardır.

Boğazın kritik altı akımların görüldüğü Kandilli - Karadeniz-Boğaz Birleşimi arasındaki bölümünde düşey türbülansın aniden yavaşladığı ve çok az bir karışmanın olduğu kabul edilmektedir. Kandilli ile Boğazın güney girişi arasında ise bu karışım nispeten daha fazladır. Bugüne kadar yapılan araştırmalar iki tabaka arasındaki bu karışımlarla ilgili kesin rakamsal değerler elde edilmesini sağlayacak yeterlilikte olmamıştır. Nitekim; Boğaz boyunca alt ve üst tabakanın kalınlıklarını bu durumu doğrulamaktadır. İki tabakalı akımda tabakalar arasındaki ara yüzeyde karışım oranı, kritik altı ve kritik üstü akımlar durumunda yoğunluk gradyanları ile yerel hızların bir fonksiyonudur ve 3 boyutlu bir modelle simülasyonu yapılabilir. Ayrıca Boğazda yatay girdaplar ve koriolis etkileri de akımları değiştirebilmektedir. (İstanbul Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Master Planı, 1997)

4. ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN İLK YATIRIM VE İŞLETME MALİYETLERİ

Atık su Arıtma Tesisleri ve Ön Arıtma Deniz Deşarjı Sistemleri betonarme yapılardan, mekanik ekipmanlardan ve borulardan meydana gelmektedir. Atık su Arıtma Tesisleri ve Ön Arıtma Deniz Deşarjı Sistemlerinin ekonomik ömürleri boyunca toplam maliyetleri tesisin kurulu hale getirilmesi için gerekli ilk yatırım maliyeti ile işletme maliyetlerinden oluşmaktadır. Betonarme yapıların ekonomik ömürleri ortalama 50 yılken önemli mekanik ekipmanların ise 10-20 yıl arasında değişmektedir.

Bir çevre yatırım projesinin fizibilite çalışmaları yapılırken tahmini toplam proje bedeli, projenin hane başına maliyeti ve bu maliyetin hane gelirine oranı belirlenmeli ve öngörülen projenin maliyet ve beklenen faydalarını değerlendiren fayda maliyet analizi sonuçları dikkate alınmalıdır. Ancak çoğu kez yapılan yatırımlarla elde edilen faydanın parasal değerini belirlemek mümkün olmadığı gibi parasal değeri olmayan faydalar da sağlanabilir. Aynı amaca hizmet vermek üzere geliştirilen alternatif çevre koruma projelerinin uygun olanının seçilmesinde esas teşkil edecek hususlar şunlar olmalıdır:

- İlk yatırım maliyetinin nasıl finanse edileceği ve geri ödeme koşullarının nasıl olacağı yani amortisman bedelinin ne olacağı
- Tesisin toplam maliyetinin (İlk yatırım + işletme maliyetleri) kişi başına düşen değeri ve tesisin hizmet edeceği toplumun bu maliyeti karşılayıp karşılayamayacağı
- Her bir alternatif projenin uygulanması sırasında ve/veya işler haldeyken karşılaşılabilecek sıkıntıların göz önüne alınarak risk analizlerinin yapılması
- Projelerin ekipman ihtiyaçlarının belirlenmesi ve seçilecek ekipmanların yedek parça fiyatları ve temin kolaylığı ile bu ekipmanların verimli(ekonomik) ömürlerinin ne olduğu
- Sistemin enerji ihtiyacı,enerji fiyatlarının ne olduğu ve elektrik kesintisi durumu
- Yetişmiş eleman ihtiyacı gerekliliği
- Tesisin alan ihtiyacı ve tesisin kurulacağı muhitte tesis için gerekli uygun ve yeterli alanın bulunup bulunamayacağı ve arsa fiyatları
- Oluşacak çamur miktarı,çamur bertaraf alternatiflerinin (Düzenli depolama sahalarına götürme, yakma, kompostlaştırma v.s.) maliyet ve işletme durumları
- Bölgenin topoğrafik ve iklim yapısı

- Tesisin işletme kolaylığı
- Tesislerin verimliliği ve esnekliği

Yukarıda belirttiğimiz hususların hepsini bir bütün olarak değerlendirerek optimum çözümü veren proje seçilmelidir. İstanbul gibi alan sıkıntısının çekildiği metropol şehirlerde oluşan çamur miktarı büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple bu tip yerlerde arıtma prosesi çamur bertaraf stratejileri ile birlikte değerlendirilerek fazla çamur üretimine yol açacak arıtma prosesleri mümkün olduğunca tercih edilmemelidir. Hava sıcaklığının yeterli olduğu ve alan sıkıntısının çekilmediği bölgelerde fakültatif havuzlar, havalandırma lagünler gibi ilk yatırım ve işletme maliyeti düşük, enerji ihtiyacı az, işletmesi kolay ancak alan ihtiyacı büyük olan arıtma tesisleri tercih edilebilir. Arıtma tesisi üniteleri ve proses çeşidi seçimi için genel olarak şu söylenebilir. Standartları sağlamak koşulu ile pompa gibi mekanik ekipman ihtiyacı az olan, az yer kaplayan, oluşan çamur miktarı düşük, esnekliği yüksek ve işletmesi kolay olan çevre koruma projeleri uygulama projesi olarak seçilmelidir.

4.1 İlk Yatırım Maliyetleri

Atıksu Arıtma Tesisleri ve Ön Arıtma Deniz Deşarjı Sistemleri'nin ilk yatırım maliyetleri arıtma ünitelerinin, işletme binasının, varsa terfi merkezleri binalarının inşa edilmesi, mekanik ekipmanların satın alınması ve monte edilmesi, üniteler arası boruların döşenmesi, ünitelere gerekli elektrik temini için güç istasyonlarının, trafoların, voltaj yükseltme cihazlarının kurulması ve ekipmanların otomatik olarak çalıştırılması için gerekli otomasyon sistemine ait cihazların kurulmasından meydana gelir. Ayrıca Deniz Deşarjı Sistemleri'nde deşarj hattının döşenmesinin maliyeti ilk yatırım maliyetine dahil edilecektir. Arıtma tesislerinin kurulması için yapılan harcamalar iki ana grupta değerlendirilir. Bunlar **inşa maliyeti** ve **elektrik-mekanik işleri maliyeti** dir.

4.2 İşletme Maliyetleri

Arıtma tesislerinin işletme maliyeti enerji tüketim maliyeti ve işletme giderleri olmak üzere iki ana bileşenden meydana gelir. Özelleştirilmiş bir arıtma tesisinin işletmesini yürüten ekibi aşağıdaki ana gruplar altında sıralayabiliriz:

- İdari Personel ve Mühendisler

- Kontrol Amirleri
- İdari İşler Personeli
- Güvenlik Personeli
- Temizlik İşleri Personeli
- Peyzaj İşleri Personeli
- Çamur Kamyonu Şoförleri
- Servis ve Tesis İçi Şoförleri
- Makine Bakım Ekibi
- Makinistler

Bir arıtma tesisinin işletme giderleri aşağıdaki ana gruplardan meydana gelmektedir.

- Personel Maaşları
- Personel Yemek Giderleri
- Akaryakıt Giderleri
 - Çamur Kamyonları Akaryakıt Gideri
 - Servis Aracı Akaryakıt Gideri
 - Çöp Kamyonu Akaryakıt Gideri
 - Vinç
 - Kalorifer Yakıtı
- Kimyasal Madde Giderleri
 - Polielektrolit
 - Laboratuvar
- Araç Bakım Giderleri
- Kırtasiye Giderleri
- Temizlik Malzemesi ve Çay-Şeker Giderleri
- Mekanik-Elektrik Sarf ve Yedek Parça Giderleri
- Su Tüketim Giderleri
- Diğer Giderler
 - İnşaat Tadilat ve Boya İşleri
 - Telefon Giderleri
 - Temsil Giderleri
 - İlk Yatırım Harcamaları

- Öngörülmeven Giderler

Yukarıda belirtilen işletme giderleri mekanik arıtmadan (kaba ızg. + ince ızg. + kum tutucu) arıtma üniteleri bulunan yani çamur oluşup da çamur susuzlaştırma işlemi yapması gerekli arıtma tesislerinin hepsi için geçerli olup sadece değerlerinde değişiklik gösterir. Mekanik Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinde çamurla alakalı polielektrolit giderleri, çamur kamyonu akaryakıt ve bakım giderleri ile şoför maaşları giderleri olmayacaktır.

Arıtma tesislerinin elektrik tüketimini yapan üniteleri aşağıdaki gibi ayırıp incelemek arıtma tesislerinde birim hacim atık su başına veya birim giderilen BOİ₅ başına elektrik tüketimini hangi ünitelerin değişiminden daha çok etkilenebileceğini ortaya koymak açısından daha iyi bir yaklaşım olacaktır.

- Ana Terfi Merkezi
- Ön Arıtma Birimi
 - Kaba Izgara
 - İnce Izgara
 - Kum Tutucu
- Ön Çöktürme Birimi
- Biyolojik Arıtma Birimi
 - Havalandırma Havuzları
 - Son Çöktürme Havuzları
- Yoğunlaştırma Birimi
 - Yoğunlaştırma Havuzları
 - Çamur Yüzdürme (DAF) Birimi
 - Mekanik Yoğunlaştırıcılar
- Çamur Çürütme Ünitesi
- Çamur Susuzlaştırma Ünitesi

4.2.1 Ana Terfi Merkezleri

Bir atık su arıtma tesisi girişinde atık suların terfi ettirilme gerekliliği yerleşimin dağılımına ve seçilen arıtma tesisinin yerine bağlıdır. Terfi yüksekliğinin fazla olduğu arıtma tesislerinde

terfi için sarf edilen enerji tesisin toplam enerji tüketimi içerisinde çok önemli bir orana sahip olabilir.

4.2.2 Ön Arıtma Birimlerinin Elektrik Sarf Eden Ekipmanları

Ön arıtma birimlerine Mekanik Arıtma Üniteleri de denilmektedir. Mekanik arıtma üniteleri kaba ızgara, ince ızgara ve kum tutucu ünitelerinden meydana gelir.

Kaba ve ince ızgaralarda elektrik tüketen ekipmanlar ızgara tırmıkları, konveyörler ve preslerdir. Tırmıkların çalışma saatleri atık sudaki ızgara malzemeleri miktarına, çalışma mekanizmasına, tırmığın kat etmesi gerekli yola bağlı olarak değişmektedir. Tırmıkların seviye ve zaman ayarlı ve manuel olarak çalıştırılabilme mekanizmaları vardır.

Çeşitli kum tutucular bulunmakla birlikte iyi bir çökeltme veriminin elde edilmesi, az bir hacimde kumların tutulması için gerekli olan sabit bir yatay hızın sağlanması diğerlerinde daha zor olduğundan ve organik maddelerin çökmesini önlemek, kanal şebekesinde uzun bir süre hareket eden atık suyun bir ön havalandırmasını sağlamak amaçları güdülerek genellikle havalandırılmalı kum tutucular tercih edilmektedir. Havalandırılmalı kum tutucularda elektrik sarfı yapan ekipmanlar hava blowerleri, köprüler, dalgıç kum pompaları ve helezonik kum ayırıcı ekipmanlarıdır.

4.2.3 Ön Çökeltme Havuzunun Elektrik Sarf Eden Ekipmanları

Ön çökeltme havuzlarında elektrik sarf eden ekipmanlar çamur sıyrıcılar ve çamur pompalarıdır. Ön çökeltme havuzlarında yüksek konsantrasyonlu çamur elde edildiğinden çamur debisi düşüktür. Bu sebeple düşük kapasiteli pompalar kullanılacağından ön çökeltme havuzlarının elektrik sarfıyatı da düşük olmaktadır.

4.2.4 Biyolojik Arıtma Birimi Elektrik Sarf Eden Ekipmanları

Biyolojik arıtma birimleri havalandırma havuzları ve son çöktürme havuzlarından meydana gelir. Bu hem sadece karbon giderimi yapan ikincil arıtma prosesi için hem de karbona ilave olarak azot ve fosfor gideren ileri biyolojik arıtma prosesi için geçerlidir. Karbon gideren konvansiyonel aktif çamur prosesinde sadece ihtiyaç duyulan hacimde havalandırma

havuzları inşa edilir ve organik karbonun giderilmesi için gerekli oksijen havuzların tamamına verilir. İleri biyolojik arıtma tesisinde ise denitrifikasyonun gerçekleştirilmesi için uzun süreli havalandırma havuzlarına ilave olarak anoksik (havalandırılmayan) havuz inşa edilir ve karbon ve azotun giderilmesi için gerekli oksijen havalandırma havuzlarına verilir. Bu sebeple ileri biyolojik arıtma prosesi için gerekli havalandırma havuzu hacmi ve oksijen gereksinimi aynı debi ve kirletici konsantrasyonlu atıksuyun konvansiyonel arıtma tesisinde arıtılması için gerekli havalandırma havuzu hacmi ve oksijen gereksiniminden daha fazla olacaktır.

Aktif çamur prosesinin oksijen ihtiyacı karşılanmasında kullanılan havalandırıcılar genellikle turbo bloverlerdir. Bu birimde elektrik sarfı yapan ekipmanlar bloverler ve hava filtreleridir. Bu ekipmanlar aynı tesiste hizmet gören diğer ekipmanlara göre en çok elektrik tüketen ekipmanlardır.

Son çökeltme havuzlarındaki ekipmanlar ise çamur sıyrıcılar ve geri devir için gerekli çamuru devreden ve atılması için gerekli fazla çamuru ilgili birime gönderen çamur pompalarıdır.

5. İNCELENEN ARITMA TESİSLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Hali hazırda evsel atık suları ön arıtmaya müteakip denize deşarj eden iki adet arıtma tesisi, evsel atık su arıtımı yapan bir adet biyolojik arıtma tesisi, nütrient giderimi yapan bir adet ileri biyolojik arıtma tesisi, evsel atık suların biyolojik olarak arıtılması sonucunda oluşan çamuru anaerobik çürütücülerde stabilize edip açığa çıkan metan gazını jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine çevirmek suretiyle elektrik giderimini belli bir oranda karşılayan bir adet arıtma tesisi incelenerek arıtma dereceleri de dikkate alınarak işletme maliyetlerinin ve elektrik enerjisi tüketiminin nelerden meydana geldiği, maliyeti oluşturan bileşenlerin farklı durumlarının toplam işletme maliyetini nasıl etkilediği belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tesislerin karşılaştırılmasında İSKİ ve ASKİ kurumlarının bir yıllık işletme verilerinden ve bilgilerinden faydalanılmıştır. İSKİ arıtma tesislerinin işletmesini ihale ile özel bir şirkete vermiş ve kontrolünü üstlenmiştir.

Tesislerin ilk yatırım maliyetleri Alman Markı (DM), Amerikan Doları ve Türk Lirası olarak kayda geçilmiş olup dolar olarak hesaplananlar dolar olarak aynen alınmış, DM olarak hesaplananlar inşa yılındaki T.C. Merkez Bankası'nın arşiv bilgilerinden çapraz kurlar ve TL değerlerinden gidilerek dolara çevrilmiş ve dolar olarak kıyaslama yapılmıştır. Mark (DM) Euro çapraz kuru 1.956 (Euro/Mark = 1.956) , Euro : 1.745 YTL , Dolar : 1,340 YTL alınarak çevirmeler yapılmıştır.

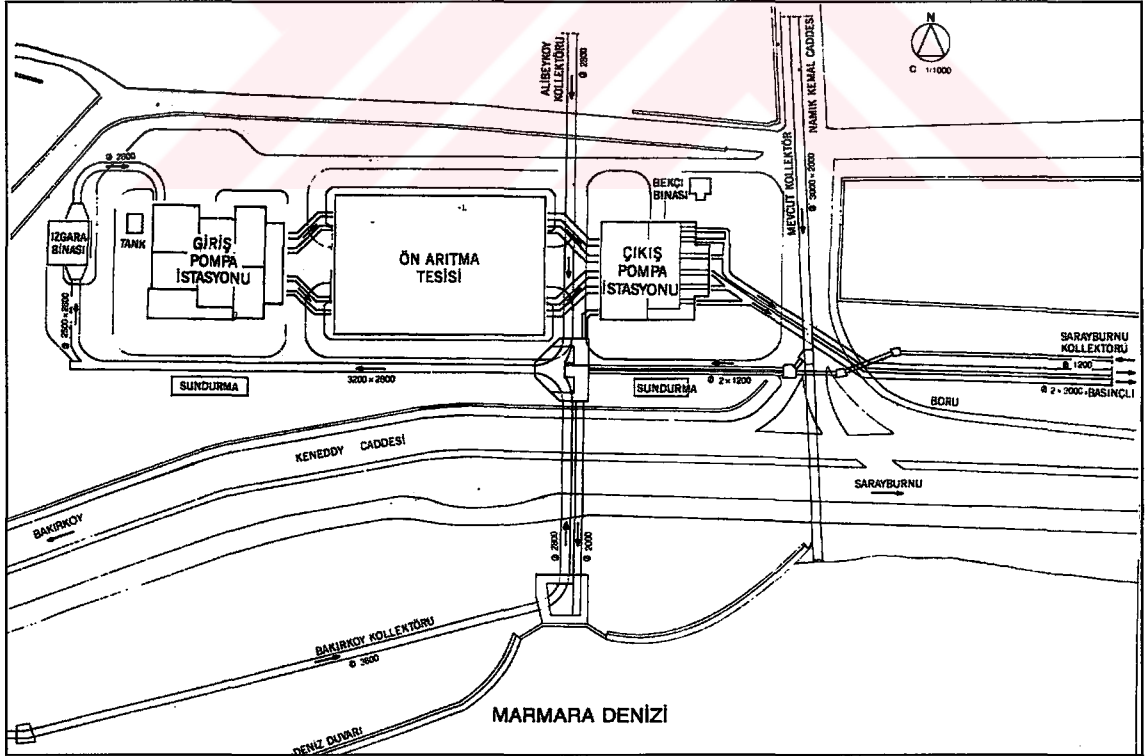
Terfi merkezlerindeki birim atık suyu birim yüksekliğe terfi etmek için harcanan elektrik enerjisinin belirlenmesinde işletmedeki yetkililerin verdiği bilgiler, işsonu projelerinden faydalanılarak bulunan ortalama terfi yükseklikleri kullanılmıştır.

5.1 Yenikapı Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemi

Yenikapı Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemi'nin deniz deşarjı ile birlikte inşası 1985-1988 yılları arasında tamamlanmış olup 1988 yılında işletmeye alınmıştır. Proje kapasitesi 864.000 m³/gün olarak belirlenmiştir. Yenikapı Arıtma Tesis Güney Haliç Kanalizasyon Projesinin önemli bir kısmı olan ön arıtma tesisi Yenikapı'da kurulmuştur. Alibeyköy Kollektörü, Eyüp, Haliç ve Fatih Tünelleri, Sarayburnu ve Bakırköy Kollektörleri ile taşınan atık sular Yenikapı Ön Arıtma Tesisine ulaştırılmaktadır.



Şekil 5.1 Yenikapı Arıtma Tesisi Görünüşü



Şekil 5.2 Yenikapı Ön Arıtma ve Deniz Deniz Deşarjı Sisteminin Yerleşim Planı

5.1.1 Tesis Ünitelerinin Tanıtımı

5.1.1.1 Kaba Izgara Binası

Ön Arıtma Tesisine gelen atık sular, -5.35 kotunda tesise bu yapıdan girmektedir. Atık sular burada bulunan 80 mm çubuk aralıklı iki adet kaba ızgaradan geçirilmektedir. Izgaralarda tutulan malzemeler zaman, seviye ayarlı ve manuel olarak çalıştırılabilen ancak normal işletme koşullarında seviye ayarlı olarak çalışan tırmıklar vasıtasıyla ızgaralar üzerinden alınarak, konveyör bantla bir hidrolik preste sıkıştırılır. Bu presleme sonucu katı atıkların rutubet oranı % 40-60 arasına düşürülmüş olur. Preslenen bu katı atıklar çöp konteynerlerine boşaltılarak çöp döküm sahasına götürülür.

Kaba ızgara binasındaki ekipmanlara ait pano, ortamdaki gazlardan zarar görmemesi için ayrı bir oda içerisine kurulmuştur. Bu odanın havası devamlı olarak vantilatörlerle temizlenmekte olup, bu vantilatörlerin durması halinde panonun enerjisi otomatik olarak kesilmektedir.

5.1.1.2 Giriş Pompa İstasyonu

Kaba ızgaradan geçirilen atık su giriş terfi merkezinin haznesine gelir. Atık sular buradan 9000 m³/sa debi kapasiteli dördü asıl biri yedek olmak üzere toplam beş adet pompa ile ön arıtma binasına terfi edilir. Pompa emiş ağzının üst kotu -7.10 m dir. Haznede su seviyesi maksimum su seviyesinin -0.10 m minimum su seviyesinin de -3.35 m arasında tutulacak şekilde pompalar devreye girer. Yedek pompanın bastığı atık su diğer dört pompanın hattından istenen havuza verilebilir.

Giriş ana atık su pompaları PLC (Programmable Logistic Control) ünitesi su seviyesine göre tam otomatik olarak, kumanda odasında bulunan kontrol masasındaki şalterlerle yarı otomatik olarak ve pompa motorunun panosunda bulunan şalterle manuel olarak üç şekilde çalışabilmektedir.

Yukarıda anlatılan üç çalıştırma şekli asıl pompalar için geçerlidir. Yedek pompa PLC ünitesi ile tam otomatik olarak çalıştırılmadığından yalnız yarı otomatik veya manuel olarak çalıştırılabilir.

5.1.1.3 Ön Arıtma Tesis

Ön Arıtma Tesisinde Güney ve Kuzey olarak iki tarafta ikişer adet olmak üzere dört adet havuz vardır. Debilerin eşit dağılmasını sağlamak üzere her pompa bir havuza atık suyu basar. Ayrıca aynı tarafta bulunan iki havuz arasında (ızgaralardan önce) bir bağlantı vanası vardır. Havuzların hemen önüne çubuk aralığı 20 mm olan ince ızgaralar yerleştirilmiştir. Kaba ızgarada olduğu gibi ince ızgara tırmıkları ızgarada tutulan malzemeleri konveyör üzerine sıyırlar ve konveyör hareketi ile konteynere boşaltılırlar. Bu tesiste havalandırılmalı kum tutucu tercih edilmiştir. Her bir taraf (Kuzey ve Güney) için dördü asıl biri yedek toplam beş adet tesis olarak toplam on adet blover bulunmaktadır. Kum tutucu havuzları arasında irtibatın bulunduğu iki havuzdan meydana gelir. Bunlar kumun tutulduğu ana akımın geçtiği havuz ve havanın etkisiyle yüzeye çıkan köpük ve yağın itildiği durgun yan havuzdur. Havuzlar üzerinde (Kuzey ve Güneyde birer adet olmak üzere) gezer köprü vardır. Gezer köprüde; her havuzda bir adet olmak üzere iki adet kum pompası ve köpük havuzlarındaki yüzen maddeleri köpük toplama haznesine sıyıran iki sıyırıcı vardır. Kum pompaları kum tutucu tabanındaki haznede biriken büyük oranda su içeren kumlu suyu emerek köprü üzerindeki kum ayırıcıya boşaltırlar. Kum ayırıcı dibinde yoğunlaşan kum konteynerlere doldurulur duru su ise kum tutucu havuzuna verilir.

5.1.1.4 Çıkış Pompa İstasyonu

18.000 m³/sa atık suyun deşarj edilebileceği iki cazibe hattı mevcuttur. 6.000 Volt'da çalışan 700 kW gücünde, devir sayısı değiştirilebilen (frekans konvertörlü) dört adet atık su pompalarının debileri saatte 10.800 m³'tür. Bu pompalar seviyeye bağlı olarak PLC tarafından tam otomatik olarak, operatör vasıtasıyla yarı otomatik veya iki operatör vasıtasıyla manuel olarak çalıştırılabilirler. Pompalar PLC ile tam otomatik olarak çalıştığında, Sherbius sistemiyle su seviyesinin yüksekliğine göre motorların devri ayarlanır. Eğer yarı otomatik veya manuel çalıştırılırsa devir ayarı operatörler tarafından yapılır.

5.1.1.5 Ozonlama Sistemi

Izgara ve havuzlar gibi ıslak hacimlerde insan sağlığına ve makinelere zarar verecek Hidrojen Sülfür v.s. gibi gazları havalandırma sistemiyle topladıktan sonra çevreye zarar vermeden uzaklaştırılmasını sağlamak üzere bu sistem ön görülmüştür. Kaba ızgarada bir adet, ön

arıtmada üç adet fan vasıtasıyla emilen pis hava atmosfere verilmeden önce koku yapan gazlar ozonla reaksiyona sokularak kokusuz formdaki hallerine dönüştürülür. ($H_2S + \text{ozon} \rightarrow H_2SO_4$)

Ozon sistemi; 3 adet ozon jeneratörü, bu jeneratörlerin ikişer adet hava kompresörü ve birer adet yedek kompresörden oluşur. Ayrıca 4 adet yıkama suyu pompası, 4 adet soğutma suyu pompası, 4 adet dozlama pompası vardır. Ozon jeneratörlerine basılan hava, jeneratör içerisindeki cam tüplerden geçerken üretilmiş yüksek gerilim elektriğine maruz kaldığından ozon haline dönüşür. Üretilmiş ozon ile yıkama suyu pompalarının bastığı su mikserle karıştırılarak arıtma kulelerinin yukarı kısmından çıkmakta olan pis kokulu hava üzerine püskürtülür. Böylece pis kokulu hava filtrelenmiş olarak kokusuz halde dışarı çıkar. Soğutma suyu pompaları ozon jeneratörlerim soğutma amacıyla kurulmuştur. Soğutma kulelerinde soğutulan su jeneratöre gönderilerek soğutma işlemi yapılır. Aynı zamanda ısınmış suyu soğutma kulelerine basar.

5.1.1.6 Deniz Deşarjı

Mekanik olarak temizlenen atıksular, karadan 2200 mm çaplı 2400 m uzunluğundaki 2 betonarme boru ve denizden 1600 mm çaplı, 1180 m uzunluğundaki çelik boru hattından geçerek, Ahırkapı mevkiinden boğazın 60 m derinliğinden dip akıntısına deşarj edilir.

5.1.2 Tesisin İşletme Verilerinin Değerlendirilmesi

İşletme giderlerinin incelenmesi konusunda da belirtildiği gibi bu tesis mekanik arıtma sonrası deniz deşarjı yapan bir tesis olduğundan çamur yoğunlaştırma ve çamur susuzlaştırma ile çamurun uzaklaştırılması gibi çamur bertarafı ile ilgili işletme maliyetleri bulunmamaktadır. Ayrıca bilgi birikimi olan ve yetişmiş eleman ile ekipman azlığı dolayısıyla bakım ekibi ihtiyacı, ekipman yedek parça giderleri, bakım-onarım giderleri ve öngörülme-yen gider maliyetlerinde ikincil ve üçüncül arıtma yapan arıtmalara göre azalmalar olacaktır.

Yenikapı Ön Arıtma Tesisi'nde 2004 yılında ön arıtmadan geçirilen debi ve harcanan elektrik enerjisi ile birim hacim atıksu başına tüketilen elektrik enerjisi değerlerinin aylara göre değişimi ve bunların ortalama, minimum ve maksimum değerleri Çizelge 5.1 de özetlenmiştir. Bu tesise ait ilk yatırım ve genel işletme verileri de Çizelge 5.2 de toplu halde gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Yenikapı Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemi'nde 2004 Yılına Ait Arıtılan Debi Miktarı ve Harcanan Elektrik Enerjisi Değerleri

Aylar	Debi		Enerji Tüketimi	Birim Sarfiyat
	m ³ /gün	m ³ /ay	kw-sa/ay	w-sa/m ³
Oca.04	521832,0	16176792,0	1113008,0	68,8
Şub.04	477464,0	13846456,0	945682,0	68,3
Mar.04	498361,0	15449191,0	1053025,0	68,2
Nis.04	455873,0	13676190,0	924500,0	67,6
May.04	494758,0	15337498,0	1022388,0	66,7
Haz.04	479850,0	14395500,0	1003261,0	69,7
Tem.04	423706,0	13134886,0	905641,0	68,9
Ağu.04	523335,0	16223385,0	1095805,0	67,5
Eyl.04	470280,0	14108400,0	966278,0	68,5
Eki.04	536539,0	16632709,0	1142365,0	68,7
Kas.04	497820,0	14934600,0	995625,0	66,7
Ara.04	441419,0	13683989,0	938523,0	68,6
Ortalama	485103,1	14799966,3	1008841,8	68,2
Maksimum	536539,0	16632709,0	1142365,0	69,7
Minimum	423706,0	13134886,0	905641,0	66,7

Çizelge 5.2 Yenikapı Arıtma Tesisine Ait İlk Yatırım ve Genel İşletme Verileri

Arıtma Tipi	Kapasite	Ortalama Arıtılan Debi	Deşarj Uzunluğu	Deşarj Derinliği	İlk Yatırım Maliyeti		Personel Sayısı		Atılan Çöp Miktarı	Atılan Kum Miktarı
					Tesis	Deniz Deş.	Müh.	İşçi		
	m ³ /gün	m ³ /gün	m	m	(10 ³) \$	(10 ³) \$	kişi	kişi	m ³ /ay	m ³ /ay
Mekanik Arıtma+Deniz Deşarjı	864000	485103	2*1180	60,0	15100	12510	2	32	149	424

Yenikapı Ön Arıtma ve Derin Deniz Deşarjı Sistemi'nin işletme giderinin birim maliyeti, elektrik sarfiyatının birim maliyeti ve toplam birim işletme maliyeti değerleri açılımları ile

birlikte Çizelge 5.3 de verilmektedir.

Çizelge 5.3 Yenikapı Arıtma Tesisi Birim İşletme Maliyeti

İşletme Gideri	Elektik Sarfıyatı	Elektik Sarfıyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Gideri	Elektik Sarfıyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Giderinin Birim Maliyeti	Elektrik Sarfıyatının Birim Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
86000	1008840	142246	228246	770,1	1273,8	2044,0	0,0043	0,0072	0,0115

Terfide tüketilen elektrik enerjisi harici sadece mekanik arıtma ünitelerinde harcanan elektrik enerjisinin birimlere göre dağılımı ve toplam değerleri Çizelge 5.4 de verilmektedir.

Çizelge 5.4 Yenikapı Arıtma Tesisi Terfi Hariç Arıtma Kısımının (KKB+MAK) Elektrik Sarfıyatı Paylaşımı

Giriş Ana Pompa İstasyonu	Mekanik Arıtma Birimi							Toplam
Hava Emiş Fanları ve Hava Veren Fanlar	Kaba Izgara	İnce Izgara	Konveyörler	Köprüler	Kum Pompası	Blover	Toplam	
kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay
58800	400	660	200	6340	16200	28800	52600	111400

Tesiste toplam harcanan ortalama elektrik enerjisi 1008840 kw-sa/ay ve mekanik arıtma için sarfedilen enerji 111400 kw-sa/ay olduğuna göre sadece terfi için sarfedilen ortalama enerji bu iki değerlerin farkı olan 897440 kw-sa/ay değerinde ve terfi merkezinin elektrik sarfıyatının toplam elektrik sarfıyatı içerisindeki oranı ~% 88.9 olacaktır. Bu durumda birim hacimdeki atıksuyu birim yüksekliğe çıkartmak için harcanan enerji Çizelge 5.5 de verildiği gibi olur.

Çizelge 5.5 Yenikapı Arıtma Tesisi Terfi Pompalarının Birim Elektrik Sarfıyatı

Ortalama Arıtılan Debi	Terfinin Elektrik Sarfıyatı	Terfi Yüksek.	Birim Hacim Atıksuyu Birim Yüksekliğe Çıkarma Elektrik Sarfı
m ³ /gün	kw-sa/ay	m	watt-sa/1m ³ su-1 m
485103	897440	13,6	4,53

Tesiste koku kontrolü için giriş ana pompa istasyonuna, ön arıtma binasına ve çıkış pompa

istasyonuna hava emiş fanları ile hava veren fanlar teçhiz edilmiş olup giriş pompa istasyonundakiler hariç diğer fanlar ve gaz arıtımı yapan ozon sistemi kokunun azalması sebebiyle 5 yıldır kullanılmamaktadır. (İSKİ Yenikapı Arıtma Tesisi Verileri)

Eğer sistemde terfi gerekmeseydi ve böylece arıtma tesisinin yaptığı arıtma işlemini koku kontrol birimi dahil mekanik arıtma olarak ve koku kontrol birimi hariç mekanik arıtma olarak iki farklı durumda dikkate alacak olursak birim elektrik sarfiyatları Çizelge 5.6 da çıkartılan sonuç gibi olurdu. Atıksuları toplayıp arıtma tesisini iskan alanlarından uzağa kurmanın dolayısıyla tesisin üzerini açık yapabilmenin mümkün olduğu, yılın çoğu zamanında hava akımı (esinti) sebebiyle tesiste oluşacak kokunun tesis üzerine çökmeden seyrelerek taşınabildiği, deşarj için gerekli hidrolik yükün sağlanabildiği dolayısıyla atıksuların tesise zemine yakın kotlarda getirebilmenin mümkün olduğu (eğer İstanbul'daki tesislerde olduğu gibi kanal akar kotu zeminden 7-8 m aşağıda ise arıtmanın gerçekleştirilebilmesi için atıksu zemin kotuna veya daha üst kotlara basılması için pompa konulmalıdır. Pompanın kontrol, işletme ve bakımının yapılabilmesi için elemanların inmesi gerektiği durumlar olacaktır. Zeminden bu kadar aşağıda olması dolayısıyla burada hava sirkülasyonu çok az olacağından gaz birikmesi meydana gelir. Ayrıca arıtma tesisi bölge olarak da hava akımının sınırlı olduğu bir yere kurulmuş ise gaz birikmesi ve zehirlenme riski çok daha fazla olacaktır. En azından bu koşulların bulunduğu arıtma tesislerinin bu kısımlarına hava emiş fanları ve hava veren fanlar konulmalıdır.) durumlarda koku kontrolü ile ilgili yatırım ve işletme maliyeti söz konusu olmayacaktır. Koku kontrolünün gerektiği arıtma tesislerindeki mekanik arıtma kısmı(MAK)'ndan ileri gelecek birim işletme maliyeti Çizelge 5.7 de gösterilmiştir. Bu değerler terfi gerektirmeyen Mekanik Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemlerin tasarımında işletme maliyeti öngörüsü için referans olabilir.

Çizelge 5.6 Yenikapı Arıtma Tesisi'nin Birim Elektrik Sarfiyatı

Ortalama Arıtılan Debi	Terfinin Elektik Sarfiyatı	KKB Dahil MAK'ın Elektik Sarfiyatı	Sadece MAK'ın Elektik Sarfiyatı	Toplam Elektik Sarfiyatı	KKB Dahil MAK'ın Birim Elektik Sarfiyatı	Sadece MAK'ın Birim Elektik Sarfiyatı	Tesisin Toplam Birim Elektik Sarfiyatı
m ³ /ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	watt-sa/m ³	watt-sa/m ³	watt-sa/m ³
14800000	897440,0	111400,0	52600,0	1008840	7,5	3,6	68,2

KKB : Koku Kontrol Birimi

MAK : Mekanik Arıtma Kısım

Çizelge 5.7 Yenikapı Arıtma Tesisi Koku Kontrol Ekipmanları Dahil Mekanik Arıtma Kısımının Birim İşletme Maliyeti

İşletme Gideri	Elektik Sarfıyatı	Elektik Sarfıyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	Toplam İşletme Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu
86000	111400	15707	101707	910,8	0,0051

Hava akımının yeterli olduğu alanlara kurulmuş olan tesislerde koku giderilmesi ve zehirli hidrojen sülfür (H₂S) gazının arıtılması için gerekli ekipmanlara ihtiyaç duyulmayacağından hem bu ekipmanlar tesise kurulmayacak hem de dolayısıyla çalıştırılmayacaktır ve elektrik sarfıyatı sadece mekanik arıtmadan kaynaklanacaktır. Böyle bir durumda aynı işletme koşullarında birim işletme maliyeti Çizelge 5.8 de gösterildiği şekilde bir işletme maliyeti tablosu ortaya çıkar.

Çizelge 5.8 Yenikapı Arıtma Tesisi Koku Kontrol Ekipmanları Hariç Mekanik Arıtma Kısımının Birim Elektrik Sarfıyatı

İşletme Gideri	Elektik Sarfıyatı	Elektik Sarfıyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	Toplam İşletme Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu
86000	52600	7417	93417	836,6	0,0047

Yenikapı Arıtma Tesisi ile ilgili öne çıkan sonuçları toparlarsak aşağıdaki çizelgeler özet olarak gösterilebilir.(Çizelge 5.9, Çizelge 5.10, Çizelge 5.11)

Çizelge 5.9 Yenikapı Arıtma Tesisi Genel İşletme Verileri Özeti

Ortalama Arıtılan Debi	Personel Sayısı		İşletme Gideri	Terfinin Elektik Sarfıyatı	KKB Dahil MAK'nın Elektik Sarfıyatı	Sadece MAK'nın Elektik Sarfıyatı	Terfi Dahil Toplam Elektik Sarfıyatı	Terfinin Elektik Sarfıyatı Bedeli	KKB Dahil MAK'nın Elektik Sarfıyatı Bedeli	MAK'nın Elektik Sarfıyatı Bedeli	Toplam Elektrik Sarfıyatı Bedeli
	Müh.	İşçi									
m ³ /gün	kişi	kişi	(10 ³) \$/yıl	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl
485103	2	32	770,1	897440,0	111400,0	52600,0	1008840	1133,2	140,7	66,4	1273,8

Çizelge 5.10 Yenikapı Arıtma Tesisi Terfi Dahil, Terfi Hariç ve Terfi ve Koku Kontrol Ekipmanlarının Hariç Olduğu Durumlar İçin Tesisin Toplam Birim İşletme Maliyeti

Ortalama Arıtılan Debi	İşletme Gideri (1)	Terfinin Elektrik Sarfıyatı Bedeli (2)	KKB Dahil MAK'nın Elektrik Sarfıyatı Bedeli (3)	MAK'nın Elektrik Sarfıyatı Bedeli (4)	Toplam Elektrik Sarfıyatı Bedeli (5)	1+3 Birim İşletme Maliyeti	1+4 Birim İşletme Maliyeti	1+5 Birim İşletme Maliyeti
m ³ /gün	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
485103	770,1	1133,2	140,7	66,4	1273,8	0,0051	0,0047	0,0115

Çizelge 5.11 Yenikapı Arıtma Tesisi Birim Elektrik Sarfıyatı Özeti

Ortalama Arıtılan Debi	Terfinin Elektrik Sarfıyatı (1)	KKB Dahil MAK'nın Elektrik Sarfıyatı (2)	Sadece MAK'nın Elektrik Sarfıyatı (3)	Toplam Elektrik Sarfıyatı (1+2+3)	KKB Dahil MAK'nın Birim Elektrik Sarfıyatı (2)	Sadece MAK'nın Birim Elektrik Sarfıyatı (3)	Tesisin Toplam Birim Elektrik Sarfıyatı (1+2+3)
m ³ /ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	watt-sa/m ³	watt-sa/m ³	watt-sa/m ³
14800000	897440,0	111400,0	52600,0	1008840	7,5	3,6	68.2

5.2 Kadıköy Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemi

5.2.1 Genel

İnşası 2003 yılında tamamlanan ve aynı yıl işletmeye alınan bu tesis Kadıköy, Maltepe, Üsküdar ve Ümraniye İlçeleri'nin atık suları gelmektedir. Bu tesis, Yenikapı Arıtma Tesisinde olduğu gibi, atıksuyu mekanik arıtmadan sonra İstanbul Boğazı'nın akıntılı dip sularına deşarj eden Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemi olarak işlev görmektedir.

Tesis nüfus artışına paralel olarak iki kademede planlanmış olup, 1.kademede 2010 yılına kadar 2.230.000 eşdeğer nüfusa 2. kademede 2020 yılı için 3.000.000 nüfusa tekabül eden sırasıyla ortalama 7,2 m³/sn ve ortalama 9.95 m³/sn hesap debili atık suyu arıtması öngörülmüştür.

Tesise üç bölgeden gelen ana atıksu toplayıcıları tesis önünde bir şaftta birleşmektedir. Maltepe İlçesi sahilinden olan Ø1400 mm. çapla başlayıp Marmara Denizi Kıyısı'ndaki Maltepe ve Kadıköy İlçeleri'nin atıksularını toplayarak Ø3600 mm. çapla Kadıköy'de Ø3960 mm. çaplı Moda Tüneli'ne bağlanmaktadır. Kurbağalıdere ve kolları üzerinden Ümraniye'de

Ø1000 mm. ile başlayan kollektör hatlarının mansaba doğru çapı büyüyerek Kurbağalıdere'nin denizle birleştiği bölgede Ø 2400 mm.'ye ulaşmakta ve Moda Tüneli'ne bağlanmaktadır. Moda Tüneli'nden gelen atıksularla Salacak bölgesi'nin atıksularını toplayan Ø 1200 mm.'lik kolektör hattı tesis önündeki şaftta birleşerek tesise girmektedir.

5.2.2 Tesis Ünitelerinin Tanıtılması

Tesise atık sular giriş terfi merkezinden alınmaktadır. Burada sekiz adet pompa bulunacak ve sular önce çubuk ızgaradan geçirilecektir, daha sonra ön arıtma binasında sular ince ızgaralar, havalandırılmalı kum tutucu ve yağ tutucudan geçirilerek arıtılacaktır.

Arıtılmış atık sular 8 adet pompa ile denizin -51,50 m. derinliğinden boğazın dip akıntılarına verilmektedir. Deşarj hattı üzerinde 13 adet difüzör bulunmaktadır. Deşarj hattının kıyıdan uzaklığı 2280 m. dir. Deşarj hattı deniz tabanında açılan hendeğe gömülü dışı beton kaplı 2200 mm. çapında çelik borulardan teşkil edilmiştir.

Tesis teknik açıdan mümkün olan en az yükseklikteki binaları, çevre duvarları, mimarisi ve peyzajı ile çevreye uyumlu ve insanları rahatsız etmeyen bir görünümde olması amaçlanmıştır.

5.2.2.1 Kaba Izgara ve Giriş Terfi Merkezi

Tesise -12.20 m akar kotuyla giren atık su ızgara açıklığı 80 mm olan kaba ızgaradan geçirildikten sonra terfi merkezi haznesine gelir. Atıksular halihazırda 8 adet 1,83 m³/sn debi kapasiteli pompalarla terfi ettirilmekte ve pompa sayısı ikinci kademedeki toplam 12 adete çıkacaktır. Pompaların emme ağızları -14.3 m kotunda olup hazne içersindeki su seviye kotlarını minimum -10.46 m ve maksimum -7.80 m aralıkta tutacak şekilde pompalar sırayla devreye girerler. Pompalar atık suyu 0.95 m kotuna yükseltirler. Bu da ortalama 8.8 m ile 11.5 m arasında değişen bir terfi yüksekliğine tekabül eder. Kaba ızgaralar seviye ayarlı olarak çalışmaktadır. Izgara önü ile ızgara arkası su seviyesi farkı 15 mm ye ulaştığında ızgara tırmıkları ve buna bağlı olarak da konveyör otomatik olarak çalışmaya başlar. Izgaraya takılmış olan iri malzemeler tırmıkla konveyör üzerine sıyrılır ve konveyörle çöp kabına taşınır. Yükseltilmiş sular bir kanalla ön arıtma binasına gönderilir. Terfi merkezi içinde suların hareketini yönlendiren mekanik kapaklar (penstoklar) pompaları hareket ettiren

motorlar, elektrik panoları ve ekipmanların kontrolünün yapıldığı kumanda odası bulunmaktadır. Bu bina içinde atık suların boşaltılacağı acil tahliye savağı ve geçici savak da bulunmaktadır.

5.2.2.2 Ön Arıtma Binası

Giriş terfi merkezinde -3.00 m. kotuna yükseltilmiş sular iki kanalla ön arıtma binasına getirilir. Bina içerisinde bu kanallar ikiye ayrılarak toplam dört kanal oluşturulur. Her kanal üzerinde mekanik kapaklar mevcut olup, sular değişik kanallara yönlendirilebilmektedir.

Her kanalda birer adet 20 mm çubuk aralıklı ince ızgaralar vardır. İnce ızgaralar da kaba ızgaralar gibi seviye farkı prensibiyle çalışmaktadır. Ancak hem kaba ızgara olsun hem ince ızgara olsun atık suyun karakterine bağlı olarak istenildiğinde manuel veya zaman ayarlı olarak çalıştırılabilir. İnce ızgara tırmıkları da seviye farkı 8 mm ye ulaştığında konveyörle birlikte çalışmaya başlar ve tutulan malzemeler tırmıkla konveyör üzerine oradan da konteynere boşaltılır.

Atık su ince ızgara kanallarından sonra bu kanalların devamı olarak dört ayrı kanaldan dört adet havalandırılmalı kum tutucu havuzlarına gelir. Organik maddelerin çökmesini önlemesi, kanal şebekesinde uzun bir süre hareket eden atık suyun bir ön havalanmasını ve iyi bir çökme veriminin elde edilmesi için gerekli olan sabit bir yatay hızın sağlanması gibi avantajları düşünülerek diğer tesislerdeki gibi bu tesiste de havalandırılmalı kum tutucu tercih edilmiştir. Kum tutucu havuzu tabanına yakın olarak yerleştirilmiş difüzörler vasıtasıyla havuza hava üflenir. Kum tutucunun dibindeki hazneye biriken kumlar gezer köprü üzerine monte edilmiş olan dalgıç pompalarla kum ayırma hunisine aktarılır. Huni dibine çöken kum burgulu konveyör ile katı halde atık kabına boşaltılır. Huni üzerinden taşan su bir hatla ince ızgara önüne verilir. Ayrıca kum tutucu havuzlarında yüzeye çıkacak olan yağ ve köpükler, yine köprü üzerinde bulunan yüzey sıyrıcılar vasıtasıyla sıyrılıp konveyör üzerine bırakılır. Köpükler konveyörle köpük konteynerine boşaltılır.

Kaba ve ince ızgara ile kum tutucu ünitelerinde Mekanik Arıtmaya tabi tutulan atık sular bir toplayıcı kanalda birleşerek çıkış terfi merkezine gönderilirler. Atık suyun kum tutucudan savaklanma kotu yani ön arıtmadan çıkış kotu -0.60 m dir.

5.2.2.3 Çıkış Terfi Merkezi

Ön arıtma çıkışında denize deşarj edilmesi için yeterli yüke sahip olmayan atık suyu ikinci bir terfi yaptırılması gerekmektedir. Ön arıtmadan geçirilen atık sular çıkış terfi merkezi haznesine gelir. Çıkış terfi merkezi şekil ve fonksiyon itibarıyla giriş terfi merkeziyle aynı özelliktedir. Hazne akar kotu -6.62 m olup pompalar hazne içersindeki su seviye kotlarını minimum -5.17 m ve maksimum -1.60 m aralıkta tutacak şekilde pompalar sırayla devreye girerler. Pompalar normal işletme şartlarında atık suyu 2.00 m kotuna yükseltirler. Özel hallerde basma kotu 8.05 m ye kadar çıkabilmektedir. Bu da ortalama 3.60 m ile 7.20 m arasında değişen bir terfi yüksekliğine tekabül eder. Hazne içine biriktirilen sular birinci kademede 8, ikinci kademede ilave edileceklerle birlikte toplam 12 adet 1,83 m³/sn debi kapasiteli pompalarla terfi ettirilmektedir. Yükseltilmiş sular terfi merkezi içindeki bir çıkış haznesinde toplanmakta buradan cazibeyle deşarj hattı içinden boğazın dip sularına verilmektedir.

5.2.2.4 Koku Kontrol Binası

Giriş terfi merkezi, ön arıtma binası ve çıkış terfiinde kokuya ve zehirlenmeye sebep olan H₂S gazı havalandırma boruları vasıtası ile koku kontrol ünitesinde toplanacak ve toplanan kirli hava ozon jeneratörü ile elde edilen O₃ (ozon) ile reaksiyona sokularak H₂S gazı H₂SO₄ (sülfürik asit)'e dönüştürülmek suretiyle kirli havadan arındırılır.

5.2.2.5 Deniz Deşarjı

Deniz deşarj hattı, deniz tabanına açılmış hendekler içine yerleştirilmiş ve üzeri betonla kaplanarak korunan Ø2200 mm. çapındaki çelik borulardan meydana gelmektedir. Deşarj hattı 100 m si difüzör kısmı olmak üzere toplam 2280 m. uzunluğundadır. Atık su denize difüzör kısmındaki 13 adet 500 mm çapındaki deliklerle verilmektedir.

5.2.3 Tesisin İşletme Verilerinin Değerlendirilmesi

Kadıköy Ön Arıtma ve Derin Deniz Deşarjı Sistemi'nin 2004 yılında ön arıtmadan geçirdiği atıksu debisi ve enerji tüketimi ile birim elektrik sarfiyatının aylara göre değişimi ve bunların ortalama, minimum ve maksimum değerleri Çizelge 5.12 de gösterilmiştir. Bu tesise ait ilk

yatırım ve genel işletme verileri de Çizelge 5.13 de toplu halde gösterilmiştir.

Çizelge 5.12 Kadıköy Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemi'nde 2004 Yılına Ait Arıtılan Debi Miktarı ve Harcanan Elektrik Enerjisi Değerleri

Aylar	Debi		Enerji Tüketimi	Birim Sarfiyat
	m ³ /gün	m ³ /ay	kw-sa/ay	w-sa/m ³
Oca.04	401886,0	12458466,0	962541,0	77,3
Şub.04	301737,0	8750373,0	805677,0	92,1
Mar.04	359489,0	11144159,0	981827,0	88,1
Nis.04	273426,0	8202780,0	829036,0	101,1
May.04	284683,0	8825173,0	807128,0	91,5
Haz.04	325392,0	9761760,0	882033,0	90,4
Tem.04	294677,0	9134987,0	853150,5	93,4
Ağu.04	343339,0	10643509,0	956857,5	89,9
Eyl.04	314504,0	9435120,0	861016,5	91,3
Eki.04	375959,0	11654729,0	963895,5	82,7
Kas.04	365817,0	10974510,0	930258,0	84,8
Ara.04	328771,0	10191901,0	926380,0	90,9
Ortalama	330806,7	10098122,3	896650,0	89,4
Maksim	401886,0	12458466,0	981827,0	101,1
Minimum	273426,0	8202780,0	805677,0	77,3

Çizelge 5.13 Kadıköy Arıtma Tesisine Ait İlk Yatırım ve Genel İşletme Verileri

Arıtma Tipi	Kapasite	Ortalama Arıtılan Debi	Deşarj Uzunluğu	Deşarj Derinliği	İlk Yatırım Maliyeti		Personel Sayısı		Atılan Çöp Miktarı	Atılan Kum Miktarı
					Tesis	Deniz Deş.	Müh.	İşçi		
	m ³ /gün	m ³ /gün	m	m	(10 ³) \$	(10 ³) \$	kişi	kişi	m ³ /ay	m ³ /ay
Mekanik Arıtma+Deniz Deşarjı	625000	330806	2280,0	51,5	43050	19340	2	22	78	54

İşletme giderinin birim maliyeti, elektrik sarfiyatının birim maliyeti ve toplam birim işletme maliyeti değerleri açılımları ile birlikte Çizelge 5.14 de verilmektedir. Terfide tüketilen elektrik enerjisi harici sadece mekanik arıtma ünitelerinde harcanan elektrik enerjisinin birimlere göre dağılımı ve toplam değerleri Çizelge 5.15 de verilmektedir.

Çizelge 5.14 Kadıköy Arıtma Tesisi Birim İşletme Maliyeti

İşletme Gideri	Elektik Sarfiyatı	Elektik Sarfiyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Gideri	Elektik Sarfiyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Giderinin Birim Maliyeti	Elektik Sarfiyatının Birim Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
64000	896650	126428	190428	573,1	1132,2	1705,3	0,0047	0,0094	0,0141

Çizelge 5.15 Kadıköy Arıtma Tesisi Terfi Hariç Arıtma Kısımının (KKB+MAK) Elektrik Sarfiyatı Paylaşımı

Giriş Ana Pompa İstasyonu	Mekanik Arıtma Birimi								Çıkış Pompa İstasyonu	Ozonlama Ünitesi	Toplam
Hava Emiş Fanları ve Hava Veren Fanlar	Kaba İzgara	İnce İzgara	Konveyörler	Köprüler	Kum Pompası	Kum Ayırıcı	Blover	Toplam	Hava Emiş ve Hava Veren Fanlar	Ozon Jeneratörü,Hava Komp. Ve Yıkama Suyu Pomp.	
kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay
73210	1850	480	2070	2850	5760	2850	21600	37460	74120	78560	263350

Tesisin toplam elektrik sarfiyatı 896650 kw-sa/ay ve terfi hariç tesiste harcanan ortalama elektrik enerjisi tüketimi 263350 kw-sa/ay olduğundan sadece terfi için harcanan elektrik enerjisi

$$= 896650 - 263350 = 633300 \text{ kw-sa/ay}$$

olarak bulunur. Terfi merkezinin elektrik sarfiyatının toplam elektrik sarfiyatı içerisindeki oranı ~% 70.6 dır. Bu durumda birim hacimdeki atıksuyu birim yüksekliğe çıkartmak için harcanan enerji Çizelge 5.16 da verildiği gibi olur.

Çizelge 5.16 Kadıköy Arıtma Tesisi Terfi Pompalarının Birim Elektrik Sarfiyatı

Ortalama Arıtılan Debi	Terfinin Elektrik Sarfiyatı	Terfi Yüksek.	Birim Hacim Atıksuyu Birim Yüksekliğe Çıkarma Elektrik Sarfi
m ³ /gün	kw-sa/ay	m	watt-sa/1m ³ su-1 m
330806	633300	15,1	4,23

Eğer sistemde terfi gerekmeseydi ve böylece arıtma tesisinin yaptığı arıtma işlemini koku kontrol birimi dahil mekanik arıtma olarak ve koku kontrol birimi hariç mekanik arıtma olarak iki farklı durumda dikkate alacak olursak birim elektrik sarfiyatları Çizelge 5.17 de çıkartılan sonuç gibi olurdu. Koku kontrolünün gerektiği arıtma tesislerindeki mekanik arıtma kısmı(MAK)ndan ileri gelecek birim işletme maliyeti Çizelge 5.7 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.17 Kadıköy Arıtma Tesisi'nin Birim Elektrik Sarfiyatı

Ortalama Arıtılan Debi	Terfinin Elektrik Sarfiyatı (1)	KKB Dahil MAK'ın Elektrik Sarfiyatı (2)	Sadece MAK'ın Elektrik Sarfiyatı (3)	Toplam Elektrik Sarfiyatı (1+2+3)	KKB Dahil MAK'ın Birim Elektrik Sarfiyatı (2)	Sadece MAK'ın Birim Elektrik Sarfiyatı (3)	Tesisin Toplam Birim Elektrik Sarfiyatı (1+2+3)
m ³ /ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	watt-sa/m ³	watt-sa/m ³	watt-sa/m ³
10098120	633300,0	263350,0	37460,0	896650	26,1	3,7	88,8

Çizelge 5.18 Kadıköy Arıtma Tesisi KKB Dahil MAK'ın Birim İşletme Maliyeti

İşletme Gideri	Elektrik Sarfiyatı	Elektrik Sarfiyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	Toplam İşletme Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu
64000	263350	37132	101132	905,7	0,0075

Koku giderimi için herhangi bir işlem yapılmasının gerekmediği hallerde ise Çizelge 5.19 da gösterildiği şekilde bir işletme maliyeti tablosu ortaya çıkar.

Çizelge 5.19 Kadıköy Arıtma Tesisi KKB Hariç MAK'nın Birim İşletme Maliyeti

İşletme Gideri	Elektik Sarfiyatı	Elektik Sarfiyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	Toplam İşletme Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu
64000	37460	5282	69282	620,4	0,0051

Kadıköy Arıtma Tesisi ile ilgili öne çıkan sonuçları toplarsak aşağıdaki çizelgeler özet olarak gösterilebilir.(Çizelge 5.20, Çizelge 5.21, Çizelge 5.22)

Çizelge 5.20 Kadıköy Arıtma Tesisi Genel İşletme Verileri Özeti

Ortalama Arıtılan Debi	Personel Sayısı		İşletme Gideri	Terfinin Elektik Sarfiyatı	KKB Dahil MAK'nın Elektik Sarfiyat	Sadece MAK'ın Elektik Sarfiyatı	Terfi Dahil Toplam Elektik Sarfiyatı	Terfinin Elektik Sarfiyatı Bedeli	KKB Dahil MAK'nın Elektik Sarfiyatı Bedeli	Sadece MAK'ın Elektik Sarfiyatı Bedeli	Toplam Elektik Sarfiyatı Bedeli
	Müh.	İşçi									
m ³ /gün	kişi	kişi	(10 ³) \$/yıl	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl
330806	2	22	573,1	633300,0	263350,0	37460,0	896650	799,7	332,5	47,3	1132,2

Çizelge 5.21 Kadıköy Arıtma Tesisi Terfi Dahil, Terfi Hariç ve Terfi ve Koku Kontrol Ekipmanlarının Hariç Olduğu Durumlar İçin Tesisin Toplam Birim İşletme Maliyeti

Ortalama Arıtılan Debi	İşletme Gideri (1)	Terfinin Elektik Sarfiyatı Bedeli (2)	KKB Elektik Sarfiyatı Bedeli (3)	MAK'ın Elektik Sarfiyatı Bedeli (4)	Toplam Elektik Sarfiyatı Bedeli (5)	1+3 Birim İşletme Maliyeti	1+4 Birim İşletme Maliyeti	1+5 Birim İşletme Maliyeti
m ³ /gün	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
330806	573,1	799,7	332,5	47,3	1132,2	0,0075	0,0051	0,0141

Çizelge 5.22 Yenikapı Arıtma Tesisi Birim Elektrik Sarfiyatı Özeti

Ortalama Arıtılan Debi	Terfinin Elektik Sarfiyatı (1)	KKB Dahil MAK'ın Elektik Sarfiyatı (2)	Sadece MAK'ın Elektik Sarfiyatı (3)	Toplam Elektik Sarfiyatı (1+2+3)	KKB Dahil MAK'ın Birim Elektik Sarfiyatı (2)	Sadece MAK'ın Birim Elektik Sarfiyatı (3)	Tesisin Toplam Birim Elektik Sarfiyatı (1+2+3)
m ³ /ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	watt-sa/m ³	watt-sa/m ³	watt-sa/m ³
10098120	633300,0	263350,0	37460,0	896650	26,1	3,7	88,8

5.3 Paşaköy İleri Biyolojik Arıtma Tesisi

Paşaköy Arıtma Tesisi, Ömerli içme suyu havzasında bulunan Sarıgazi, Samandra, Sultanbeyli, Alemdağ, Yenidoğan ve Sultanbeyli yerleşim bölgelerinin atıksularının İstanbul için çok önemli bir içme suyu rezervi olan Ömerli Barajı'na gitmesini önlemek için inşa edilmiş karbon, azot ve fosfor giderimi yapan ileri bir biyolojik arıtma tesisidir. Atık su alıcı ortam deşarj standardına uygun bir kalitede arıtılarak tünelle Riva Deresi vasıtasıyla Karadeniz'e verilmektedir.

5.3.1 Arıtma Tesisi Üniteleri

5.3.1.1 Su Alma Yapısı ve By-Pass Odası

Atıksu, su alma yapısı kanalıyla Paşaköy Deresi'nden ve kolektör hattı tamamlandıktan sonra doğrudan kolektörden By-pass yapısına alınacaktır. By-pass yapısı arıtma tesisine atık suyun kontrollü bir şekilde verilmesini sağlamaktadır. Arıtma tesisine girişi sürgülü kapaklarla sağlanan atıksu , arıtma tesisinde herhangi bir arıza meydana geldiğinde by-pass hattından tünele oradan da Riva Deresi'ne gönderilebilecektir.

5.3.1.2 Giriş Terfi Merkezi ve Terfi Hattı

By-pass yapısından tesise alınan su terfi ettirilmeden önce ızgara aralığı 5 cm olan mekanik temizlemeli 2 adet kaba ızgaradan geçirilmektedir. Izgaralarda herhangi bir arıza oluştuğunda veya bakımı gerektiğinde bakımı yapılan ızgaranın kanal girişi sürgülü kapakla kapatılır. Kaba ızgaralar duruma göre zaman ayarlı veya seviye ayarlı olarak otomatik çalıştırmakta olağan üstü durumlarda manuel çalıştırılabilmektedir. Kaba ızgarada tutulan maddeler hareketli ızgaradan konveyöre konveyörden de çöp kabına iletilmektedir.

Kaba ızgaradan geçen atık su giriş ana terfi pompalarının haznesine gelir. İkisi asıl biri yedek olan üç adet sabit debili ana terfi pompası 2 adet de değişken debili pompa bulunmaktadır. Atıksu Ø1200 mm çaplı çelik boru hattı ile 39 m (yük kayıplarıyla yaklaşık 40.3 m) terfi ettirilmektedir.

Organik maddenin biyolojik olarak parçalanmasından ortaya çıkan gazların emilmesi için terfi

pompaları hazneleri üzerine ve belirli aralıklarla Ø600 mm çaplı emme ağızlıkları bırakılarak terfi merkezi binası içindeki gazlar toplanmaktadır. Bunun sağlanması için 2 adet kompresör işlev görmektedir.

5.3.1.3 İlk Arıtma Birimleri

Terfi edilen atık su ince ızgaraların bulunduğu iki paralel kanala dağıtılmak üzere dağıtım odasına (TDO1) gelir. Atıksu ızgara açıklığı 1 cm olan mekanik temizlemeli 2 adet ince ızgaradan geçirilir. Izgarada tutulan katı maddeler bantlı konveyörle ızgara atıkları presine iletilmektedir. Burada sıkıştırılan katılar konteynerde toplanmaktadır.

İnce ızgaradan geçirilen atık su havalandırmalı kum tutucu havuzlarına gelir. Organik maddelerin çökmesini önlemek , kanal şebekesinde uzun bir süre hareket eden atık suyun bir ön havalanmasını sağlamak ve iyi bir çökme veriminin elde edilmesi için gerekli olan sabit bir yatay hızın sağlanması amaçları güdülerek kum tutucunun tabanına yerleştirilmiş difüzörler vasıtasıyla ikisi asıl biri yedek olmak üzere üç adet bloverden hava üflenir. Kum tutucunun dibindeki hazneye biriken kumlar gezer köprü üzerine monte edilmiş olan dalgıç pompalarla kum ayırma hunisine aktarılır. Huni dibine çöken kum burgulu konveyör ile katı halde atık kabına boşaltılır. Huni üzerinden taşan su bir hatla parshal savağı önünde ana atık su ile birleştirilir. Ayrıca kum tutucu havuzlarında yüzeye çıkacak olan yağ ve köpükler, havalandırılan havuzlar üzerinden çekmek mümkün olmadığından ana havuzlar yanında bu havuzlarla bağlantılı küçük havuzlardaki durgun yüzeyli su üstünden yine köprü üzerinde bulunan yüzey sıyrıcılar vasıtasıyla sıyrılıp köpük haznesine alınır oradan da bir dalgıç pompa ile çamur depolama havuzlarına basılır.

İlk arıtmadan geçirilen atık su debisi ölçülmek üzere Parshal savağına gelir. Kaydedilen debi ölçüm sonuçları ile ekipmanların kapasite ayarları yapılır.

5.3.1.4 Biyolojik Fosfor Giderme Ünitesi

Biyolojik arıtma biriminde üreyen ve sistemin kararlı çalışması için atılması gerekli fazla çamur DAF (Dissolved Air Floation)(Çözülmüş Hava Yüzdürmesi) ünitesine basılır. Çamur DAF ünitesinde yüzdürülerek daha konsantre olarak su yüzeyinde toplanır. DAF'ta çamurdan arındırılmış atıksu, ilk arıtmadan geçirilen esas atıksu, geri devrettirilen çamur, çamur

susuzlaştırma ünitesinin süzöntü (sentrat) suyu TDO2 dağıtım odasında birleşerek biyolojik fosfor ünitesine girer. Biyolojik fosfor ünitesi seri olarak çalışan 3 adet havuzdan meydana gelmektedir.ÇAKM (Çökebilir Askıda Katı Madde)'nin çökelmeden askıda tutulabilmesi için her bir havuzda 2 adet (toplam 6 adet) yavaş karıştırıcı ile karıştırılır. Üremek ve enerji elde etmek için aktif çamur prosesini gerçekleştiren bilinen mikroorganizmaların kullandıkları fosfordan daha fazla fosforu kullanma özelliğine sahip olan bu mikroorganizmalar dışındaki bazı mikroorganizmaların havasız ortamda bünyelerindeki fosforu bırakarak oksijenli ortama geldiğinde bıraktığından çok daha fazlasını bünyelerine alabilme yetenekleri bulunmaktadır. Mikroorganizmaların bu yeteneklerinden faydalanarak fosfor gidermeyi amaçlayan bu ünite, havalandırma havuzları öncesinde havasız (anoksik) koşullar hakimdir. Böylelikle mikroorganizmaların bu üniteye fosforu atık suya bırakmaları sağlanmaktadır.

5.3.1.5 Biyolojik Karbon , Azot ve Fosfor Giderme Birimleri

Bu birimde uzun havalandırılmalı olarak aktif çamur prosesi ve denitrifikasyon prosesi birlikte gerçekleştirilir. Bunun için bu ünite toplam hacmi 40.000 m³ olan 4 adet seri bağlı havuzdan müteşekkildir. Normal çalışma şartları altında iki havuz sürekli havalandırılmalı (Havuz 3 ve 4) bir havuz sürekli havalandırmasız (anoksik) (Havuz 1) bir havuz da yaz aylarında havalandırmasız kış aylarında havalandırılmalı olarak işletilmektedir. Hava üç adet üfleyciden havuz tabanına yerleştirilmiş seramik difüzörler vasıtasıyla verilmektedir. Hava miktarı 4 adet motorlu kelebek vana ile ayarlanır.

Hücresel elementel stokiyometrik dağılımında organik karbonun kısıtlayıcı olmaması için ön çökeltme yapılmamakta ve ÇAKM nin askıda tutulabilmesi, hava kabarcıklarının yolunu uzatarak havalandırma verimini arttırmak ve homojen karışımın sağlanmak üzere her bir havuz için 4 adet muz tipi karıştırıcı kullanılmaktadır.

Havalandırılmayan havuzda denitrifikasyon bakterileri (anaerobik kemoheterotrofik bakteriler) havalandırma havuzunda nitrosomonas ve nitrobakter grubu bakteriler (aerobik kemoheterotrofik) tarafından nitrat oksitlenmiş (yükseltgenmiş) azot formunu azot gazına (N₂'ye) indirgemek suretiyle enerji elde ederler ve ürerler. Bu prosesin gerçekleşmesi için ortamda organik karbon bulunmalı, anoksik ortam koşulları sağlanmalı ve nitrat bu havuza verilmelidir. Bu amaçla fosfor tankından gelen atık su önce anoksik havuza (havuz-1) girmekte sonra sırasıyla, havalandırılan havuzlar olan ikinci, üçüncü ve dördüncü havuzlara

gitmektedir. Amonyagın, nitrit ve organik azotun havalandırma havuzunda oksitlenmesi ile oluşan nitrat dördüncü havuzdan çıkışa yakın bir yerden gelen debinin 4 katı kadarı birinci (havalandırılmayan) havuza geri devrettirilir.

Fazla çamur, son çöktürme havuzunun dibinde anaerobik koşullar meydana geleceği bu durumda da mikroorganizmaların bünyesindeki fosforu suya bırakacağı düşüncesi ile 2 ve 4 nolu havalandırma havuzlardan alınmaktadır.

Çekilen fazla çamur yoğunlaştırılmak üzere DAF (Dissolved Air Flotation) (Çözünmüş Havayla Yüzdürme) ünitesine çıkış suyu da durultma havuzuna gider.

5.3.1.6 Son Çökeltme Havuzları

Atık sudaki organik maddelerin ve besi maddelerin biyokütleyle dönüştürülmesi dolayısıyla havalandırma havuzu yüksek konsantrasyonda AKM (ortalama 6000 mg/lt) içerir. Havalandırma havuzu çıkış suları önce TDO3 oradan da TDO4 dağıtım odalarına gelir. TDO4 dağıtım odasından sürgülü kapaklarla kontrol edilerek her biri 42 m çaplı 3.2 m ortalama derilikli 4500 m³ hacme sahip 4 adet dairesel çökeltme havuzlarına dağıtılır.

Dibe çökelen çamur yarım döner köprüye monteli dip sıyrıcıları ile çamur toplama konisine itilir. Ortalama yaklaşık 15.000 mg/lt KM konsantrasyonuna ulaşan çökelti çamuru biyolojik fosfor ünitesinin başındaki dağıtım odasına (TDO2) basılmak üzere cazibe ile geri devir terfi pompalarının haznesine gelir. Çökelti çamuru akış yönüne göre aynı tarafta olan çökeltme havuzlarının 2 si yine çökeltme havuzları ile aynı tarafta bulunan terfi merkezine verecek biçimde 2 adet geri devir terfi merkezi bulunmaktadır. Geri devir terfi merkezlerinde dördü asıl biri yedek olmak üzere 5 adet toplamda da 10 adet dalgıç pompa hizmet görmektedir. Yine döner köprü üzerine monte edilmiş olan köpük sıyrıcılar havuz üzerinde oluşan köpük ve yağları havuz içine savakların dibine yerleştirilmiş hazneye iletirler. Bu haznelerden aynı tarafta bulunan 2 çökeltme havuzunun köpükleri bir rögarda toplanıp oradan bir dalgıç pompa vasıtasıyla o taraftaki geri devir terfi merkezine basılır.

5.3.1.7 Çözünmüş Hava İle Yüzdürme (DAF) Ünitesi

Bu üniteye katı madde oranı düşük fazla çamuru çamur susuzlaştırma ünitesinde istenilen

verimi elde edebilmek için sağlaması gerekli minimum katı madde oranına yükseltmeyi amaçlar. Bunun için yüzdürme havuzundan alınan duru suda atmosfer basıncından yüksek bir basınçla hava çözündürülerek havuza geri devrettirilir. İçinde yüksek basınçla hava çözündürülmüş su havuza verildiğinde atmosfer basıncı ile karşılaşacak ve atmosfer basıncındaki doygunluk konsantrasyonundan fazla olan hava atmosfere çıkmaya çalışacaktır. Yukarı çıkarken de katı maddeleri su yüzeyine biriktirecek böylece daha yoğun bir çamur elde edilmiş olacaktır.

DAF havuzu 16 m çapında 3 m ortalama derinlikli 600 m³ hacme sahip dairesel bir havuzdur. 2 ve 4 nolu havalandırma havuzlarından çekilen fazla çamur 2 si asıl biri yedek olmak üzere 3 adet kuru pompa ile DAF ünitesine basılır. Emme ağzı çamur giriş borusu altında bulunan 2 si asıl biri yedek olarak çalıştırılan kuru pompa ile çekilen duru su 6.1 m³ hacimli maksimum 6 bar basınç uygulayabilen tankta hava çözündürülerek havuza geri devrettirilir.

Yüzeye çıkan yoğun çamur (% 3-4 KM) döner köprüye monteli sıyrıcı ile hazneye itilir. Yoğun çamur cazibe ile toplandığı hazneden çamur depolama tankına akar. Katı maddeden arındırılmış duru su ise fosfor havuzunun başındaki dağıtım odasına (TDO2) cazibe ile gider.

5.3.1.8 Çamur Biriktirme Havuzu

Bu ünite çamur susuzlaştırma ünitesine kontrollü olarak çamur verilmesini ve santrifüjlerde arıza çıktığında prosesin belirli bir süre aksamadan devam etmesini sağlar. 27 m çaplı 4.3 m ortalama derinlikli 2460 m³ hacme sahip dairesel bir havuz olan bu ünite DAF tan gelen çamurun bu havuzdan hiç çekilmeden 1 ila 2 gün arasında depolanmasına imkan verir.

Yukarıda da bahsedildiği gibi mikroorganizmaların fosforu suya bırakmamaları için sürekli havalandırılmakta ve homojen dağılım için 4 adet karıştırıcı pervane ile karıştırılmaktadır. Havalandırmayı biri asıl biri yedek iki adet blover yapmaktadır. Hava havuza havuz dibine yerleştirilmiş seramik difüzörlerden verilir.

5.3.1.9 Çamur Susuzlaştırma Birimi

Çamur depolama havuzundaki çamur belirli bir seviyeye geldiğinde çamur susuzlaştırma binasında bulunan çamur besleme pompaları tarafından çekilerek santrifüjlere dağıtılmaktadır.

Toplam 4 adet santrifüjle susuzlaştırma işlemi gerçekleştirilir. Çamuru yumaklaştırarak katı madde oranının istenilen değere yükselmesini sağlayan polielektrolit yardımcı kimyasal olarak kullanılmaktadır. Binanın alt katında optimum sentrat suyu çıkışı temin edecek uygun su-polielektrolit karışımı bir tankta hazırlanarak pompalar ile ikinci katta bulunan santrifüj girişine basılır.

Susuzlaştırılan çamur helezonik pompalarla çamur silosuna iletilir. Katı maddeden arındırılmış süzüntü (sentrat) suyu 2 adet dalgıç pompa ile biyolojik fosfor ünitesinin başındaki dağıtım odasına (TDO2) gönderilir.

5.3.2 Tesis Ünitelerinin Boyutları

Tesis ünitelerinin boyutları Çizelge 5.23 de verilmektedir.

Çizelge 5.23 Paşaköy Arıtma Tesisi Ünite Boyutları

SU ALMA YAPISI VE GİRİŞ TERFİ MERKEZİ	
By-pass Hattı Çapı	2200 mm
Kaba Izgara Sayısı/Çubuk Aralığı	2 adet / 50mm
Terfi Hattı Sayısı ve Çapı	2 hat / 1200 mm
İNCE IZGARA VE KUM TUTUCU	
İnce Izgara Sayısı / Çubuk Aralığı	2 adet / 10 mm
Kanal Boyutları	H:2.5 m W:2 m
Kum Tutucu Sayısı	2 adet Havalandırmalı K.T.
Kum Tutucu Boyutları	L:19.0m H:3.6m W:4.3m V:380m ³
BİYOFOSFOR HAVUZLARI	
Havuz Sayısı	3 adet
Havuzun Boyutları (Bir havuz için)	L:19.0m H:3.6m W:4.3m V:2934m ³
BİYOLOJİK KARBON,AZOT VE FOSFOR GİDERİM ÜNİTESİ	
Aerobik (havalandırılan) Havuz Sayısı	3 adet
Anoksik (havalandırılmayan) Havuz Sayısı	1 adet
Havuzun Boyutları (Bir havuz için)	L:19.0m H:3.6m W:4.3m V:10000m ³
SON ÇÖKTÜRME HAVUZLARI	
Havuz Sayısı	4 adet Dairesel Hav.
Havuzun Boyutları (Bir havuz için)	R:42.0m H _{ort} :3.2m V:4500m ³
ÇAMUR YÜZDÜRME ÜNİTESİ (DAF)	
Havuz Sayısı	1 adet Dairesel Hav.
Havuzun Boyutları	R:16.0m H _{ort} :3.0m V:600m ³
Basınçlandırma Tankı Boyutları	R:1.8m H _{ort} :2.4m V:6.1m ³
ÇAMUR DEPOLAMA HAVUZU	
Havuz Sayısı	1 adet Dairesel Hav.
Havuzun Boyutları	R:27.0m H _{ort} :4.3m V:2460m ³
Difüzör Sayısı / Çapı	340 adet / 9"

5.3.3 Tesisin İşletme Verilerinin Değerlendirilmesi

Paşaköy Arıtma Tesisi'nde 2004 itibariyle arıtılan atıksu debisi ve kirletici yük değerlerinin aylara göre değişimi ve bunların ortalama, minimum, maksimum değerleri Çizelge 5.24 de ve tesise ait ilk yatırım ve genel işletme verileri de Çizelge 5.25 de verilmektedir.

Çizelge 5.24 Paşaköy Arıtma Tesisinde Giderilen Kirletici Yük Miktarları

Aylar	Debi		AKM		BOI ₅		KOI	
	m ³ /gün	m ³ /ay	kg/gün	ton/ay	kg/gün	ton/ay	kg/gün	ton/ay
Oca.04	58064,0	1799984,0	6385	197,9	3874	120,1	6801	210,8
Şub.04	58384,0	1693136,0	6498	201,4	4843	150,1	8233	255,2
Mar.04	56463,0	1750353,0	8434	261,5	6820	211,4	12771	395,9
Nis.04	64041,0	1921230,0	14901	461,9	15294	474,1	27077	839,4
May.04	56126,0	1739906,0	15768	488,8	16442	509,7	28423	881,1
Haz.04	58933,0	1767990,0	17892	554,7	13950	432,5	24786	768,4
Tem.04	50471,0	1564601,0	21303	660,4	15063	467,0	27715	859,2
Ağu.04	54331,0	1684261,0	26017	806,5	13605	421,8	22919	710,5
Eyl.04	53415,0	1602450,0	24173	749,4	15218	471,8	26166	811,1
Eki.04	61178,0	1896518,0	17609	545,9	14493	449,3	24568	761,6
Kas.04	67445,0	2023350,0	18526	574,3	15856	491,5	27727	859,5
Ara.04	73755,0	2286405,0	21749	674,2	16249	503,7	30653	950,2
Ortalama	59383,8	1810848,7	16604,6	514,7	12642,3	391,9	22319,9	691,9
Maksim	73755,0	2286405,0	26017,0	806,5	16442,0	509,7	30653,0	950,2
Minimum	50471,0	1564601,0	6385,0	197,9	3874,0	120,1	6801,0	210,8

Çizelge 5.25 Paşaköy Arıtma Tesisi İlk Yatırım ve Genel İşletme Verileri

Arıtma Tipi	Kapasite	Ortalama Arıtılan Debi	İlk Yatırım Maliyeti	Personel Sayısı		Atılan Çamur Miktarı	Kimyasal Madde Sarfı
				Müh.	İşçi		
	m ³ /gün	m ³ /gün	(10 ³) \$	kişi	kişi	ton/ay	ton/ay
İleri Biyolojik Arıtma	100000	59384	44100	9	60	497,1	0,39

Bu tesiste pompaların elektrik panoları arıtma tesisinden ayrı olduğundan sadece pompaya ait elektrik faturası gelmektedir. Bu değerlerin 11 aylık ortalaması 317259 kw-sa/ay olarak bulunmuştur. Birim hacim atıksuyu birim yüksekliğe çıkartmak için harcanan enerji değeri ve bu değere ulaştıran parametreler Çizelge 5.26 da özetlenmiştir. Tesisin sadece arıtma ünitelerinin ve terfi dahil toplam birim elektrik sarfiyatları (birim hacim arıtılan atıksu başına) Çizelge 5.27 de, sadece arıtma ünitelerinin birim giderilen kirleticiler başına sarf ettiği elektrik enerjisi Çizelge 5.28 de, terfi dahil tesisin toplam elektrik sarfiyatı üzerinden birim giderilen kirleticiler başına sarf ettiği elektrik enerjisi Çizelge 5.29 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.26 Paşaköy Arıtma Tesisi Terfi Pompalarının Birim Elektrik Sarfiyatı

Aylık Ortalama Debi	Aylık Ortalama Elek. Tüket.	Toplam Terfi Yüksekliği	Birim Terfi Yüksekliğinin Birim Sarfı
m ³ /ay	kw-sa/ay	m	Watt-sa/ 1m ³ su-1 m
1810848,7	317259	40,3	4,35

Çizelge 5.27 Paşaköy Arıtma Tesisi Terfi Dahil ve Terfi Hariç Birim Elektrik Sarfiyatı

Ortalama Arıtılan Debi	Terfi Hariç Elektrik Sarfiyatı	Terfi Dahil Elektrik Sarfiyatı	Terfi Hariç Birim Elektrik Sarfiyatı	Terfi Dahil Birim Elektrik Sarfiyatı
m ³ /gün	kw-sa/ay	kw-sa/ay	watt-sa/m ³	watt-sa/m ³
1810850	581607	898866	321,2	496,4

Çizelge 5.28 Paşaköy Arıtma Tesisinin Sadece Arıtma Kısımının Giderilen Kirleticiler Başına Birim Elektrik Sarfiyatı

Aylık Ortalama Debi	Aylık Ortalama AKM	Aylık Ortalama BOI ₅	Aylık Ortalama KOİ	Aylık Ortalama Elek. Tüket.	Birim Elektrik Sarfiyatı			
m ³ /ay	ton/ay	ton/ay	ton/ay	kw-sa/ay	w-sa/m ³ -atıksu	Kw-sa/ton-AKM	Kw-sa/ton-BOI ₅	Kw-sa/ton-KOİ
1810848,7	514,7	391,9	691,9	581607	321,2	1129,9	1484,0	840,6

Çizelge 5.29 Paşaköy Arıtma Tesisi Terfi Dahil Giderilen Kirleticiler Başına Birim Elektrik Sarfıyatı

Aylık Ortalama Debi	Aylık Ortalama AKM	Aylık Ortalama BOİ ₅	Aylık Ortalama KOİ	Aylık Ortalama Elek. Tüket.	Birim Elektrik Sarfıyatı			
m ³ /ay	ton/ay	ton/ay	ton/ay	kw-sa/ay	w-sa/m ³ -atık su	Kw-sa/ton-AKM	Kw-sa/ton-BOİ ₅	Kw-sa/ton-KOİ
1810848,7	514,7	391,9	691,9	898866	496,4	1746,2	2293,6	1299,1

Terfi merkezinin arıtma tesisi toplam elektrik enerji tüketimi içersindeki oranı $(= (317259/898866) \cdot 100)$ % 35.3 olmaktadır. Toplam elektrik sarfıyatının işletme maliyeti içersindeki oranı;

Toplam işletme maliyeti : 321740 YTL

Toplam elektrik sarfıyatının bedeli : 126740 YTL

Elektrik sarfıyatının toplam işletme maliyetine oranı $= 126740/321740 \cdot 100 = \% 39.4$ olarak hesaplanır.

Terfi maliyeti hariç tesisin elektrik sarfıyatının işletme maliyetine oranı da;

Toplam işletme maliyeti : 277007 YTL

Toplam elektrik sarfıyatının bedeli : 82007 YTL

Elektrik sarfıyatının toplam işletme maliyetine oranı $= 82007/277007 \cdot 100 = \% 29.6$ olarak hesaplanır.

Havuzlara ortalama 17500 m³/sa debide hava verilmektedir. Buradan ortalama hava debisi $Q_{\text{hava}} = 17500 \cdot 24 = 420000$ m³/gün olarak hesaplanır. Tesise gelen ortalama debi 59384 m³/gün olduğundan 1 m³ atıksuya verilen hava

Birim hava debisi $= 420000/59384 = 7.07$ m³-hava/ m³-atıksu olmaktadır.

Tesisin birim elektrik sarfıyatı özet tablosu Çizelge 5.30 da, terfi dahil birim işletme maliyeti Çizelge 5.31 de terfi hariç birim maliyeti ise Çizelge 5.32 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.30 Paşaköy Arıtma Tesisi Birim Elektrik Sarfıyatı Özet Tablosu

Ortalama Arıtılan Debi	Terfi Hariç Elektrik Sarfıyatı	Terfi Dahil Elektrik Sarfıyatı	Aylık Giderilen Ortalama BOİ ₅	Terfi Hariç Birim Elektrik Sarfıyatı		Terfi Dahil Birim Elektrik Sarfıyatı	
				Arıtılan Birim Hacim Atıksu	Giderilen Birim Miktar BOİ ₅	Arıtılan Birim Hacim Atıksu	Giderilen Birim Miktar BOİ ₅
m ³ /gün	kw-sa/ay	kw-sa/ay	ton/ay	watt-sa/m ³	Kw-sa/ton-BOİ ₅	watt-sa/m ³	Kw-sa/ton-BOİ ₅
1810850	581607	898866	391,9	321,2	1484,1	496,4	2293,6

Çizelge 5.31 Paşaköy Arıtma Tesisi İşletme Maliyetini Oluşturan Ana Grupların Maliyet Değerleri Özeti

Ortalama Arıtılan Debi	İşletme Gideri	Terfi Hariç Elektrik Sarfıyatı	Terfi Dahil Elektrik Sarfıyatı	Terfi Hariç Elektrik Sarfıyatının Bedeli	Terfi Dahil Elektrik Sarfıyatının Bedeli	Terfi Hariç Toplam İşletme Maliyeti	Terfi Dahil Toplam İşletme Maliyeti	Terfi Hariç Birim İşletme Maliyeti	Terfi Dahil Birim İşletme Maliyeti
m ³ /gün	YTL/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
59381	195000	581607	898866	82007	126740	2480,7	2881,3	0,1145	0,1329

Tesisin işletme gideri toplam işletme maliyetinin

Toplam işletme maliyeti : 277007 YTL

İşletme gideri : 195000 YTL

Elektrik sarfıyatının toplam işletme maliyetine oranı = $195000/277007 \times 100 = \% 70.4$ 'ü olmaktadır.

Çizelge 5.32 Paşaköy Arıtma Tesisi Birim İşletme Maliyeti Özet Tablosu

Ortalama Arıtılan Debi	İşletme Gideri	Terfi Hariç Elektrik Sarfıyatının Bedeli	Terfi Dahil Elektrik Sarfıyatının Bedeli	İşletme Giderinin Birim Maliyeti	Terfi Hariç Elektrik Sarfıyatının Birim Mali.	Terfi Dahil Elektrik Sarfıyatının Birim Mali.	Terfi Hariç Birim İşletme Maliyeti	Terfi Dahil Birim İşletme Maliyeti
m ³ /gün	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
59381	1746,3	734,4	1135,0	0,0806	0,0339	0,0524	0,1145	0,1329

5.4 Ankara Merkezi Biyolojik Arıtma Tesisi

Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi (ASKİ) Genel Müdürlüğü, 2002 yılı I. Aşama için yaklaşık 4 milyon eşdeğer nüfusa hizmet vermek üzere inşa edilen Avrupa'nın en büyük tesislerinden birinin kesin kabulünü 2000 yılı Mayıs ayında yaparak tesisi devralmıştır.

Ankara Büyükşehir Belediyesi 1980'li yılların sonunda, Ankara halkının ve çevresinin sağlığını doğrudan etkileyerek hastalıklara neden olan atık su kirliliği konusunda çevre koruma önlemlerinin geliştirilmesi ihtiyacını belirlemiştir. Bunun sonucunda ASKİ 1988 yılında evsel ve endüstriyel atık sular ile ilgili Ankara Büyükşehir Belediyesi Atıksu Kirliliği

Fizibilite Çalışmasını (FÇ) gerçekleştirecek Müşaviri görevlendirmiştir. Bir yıl içinde gerçekleştirilen Fizibilite Çalışması, 1989 yılı Ekim ayında tamamlanmıştır.

Proje aşaması ve ihale ilanı sonrasında Türk-Alman Konsorsiyumu ile yapılan sözleşme 1992 yılında imzalanmıştır. Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi'nin beş yıllık inşaa dönemi sonunda, sözleşmede belirtildiği gibi 1 Ağustos 1997 tarihinde işletmeye açılmıştır. Altı aylık işletmeye alma ve iki yıllık eğitim ve işletme dönemleri sonrasında Kesin Kabul Tutanağı 12 Mayıs 2000 tarihinde imzalanmış ve ASKİ, tesisi ve işletme sorumluluğunu devralmıştır.

Yeni Atıksu Arıtma Tesisi, günde 765.000 m³ atık su arıtma kapasitesi ile aktif çamur prosesi bazında projelendirilerek inşaa edilmiştir. Tesisin genişletilmesi, 2025 yılında yaklaşık 6 milyon eşdeğer nüfusa hizmet verebilecek kapasitede olup, azot ve fosfor giderimi ünitelerinin eklenmesine uygun şekildedir.

Bu projenin yatırım finansmanı ASKİ özkaynakları ve Federal Alman Cumhuriyeti'nden kredi kuruluşu Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) kanalıyla sağlanmıştır.

Arıtma tesisinin 1997 yılı Ağustos ayında işletmeye alınmasından önce Ankara Çayı ve Sakarya Nehrine dökülen bütün evsel atıksular ile endüstriyel atıksuların neredeyse tamamı arıtılmadan sisteme karışmakta idi. Bunun sonucunda Ankara Çayı'ndaki BOİ₅ konsantrasyonu ortalama 145 mg/l iken pik zamanlarda 350 mg/l' ye ulaşmaktaydı. Kurak yaz aylarında Ankara Çayı açık bir kanalizasyondan farklı değildi. Ankara Büyükşehir Belediyesi şehrin atık suyunu nehre bırakmadan önce arıtmak için çalışmalara başladı. Tesis için gerekli olan arıtma seviyesi, su kalitesi ve su kullanımı ile ilgili yürürlükteki deşarj standartları baz alınarak belirlenmiştir. Arıtmanın esas amacı, alıcı su havzalarındaki su kalitesini IV.sınıftan II.sınıfa çıkarmak ve akarsulardaki BOİ₅ konsantrasyonunu ortalama 8 mg/l'nin altına düşürmektir. Sarıyar Barajının gelecekteki su temini, tarımsal sulama, balıkçılık ve rekreasyon için kullanımı da dikkate alınmıştır. (ASKİ.)(Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi)

5.4.1 Temel Tasarım Kriterleri

1988/89 Fizibilite çalışmalarında sonuç olarak mekanik ve biyolojik atık su arıtmalı (aktif çamur prosesi), havalandırmasız çamur özümleme ve susuzlaştırmalı konvansiyonel atık su

arıtma tesisi, mali açıdan en ekonomik ve teknik açıdan en uygun çözüm olarak seçilmiştir. ASKİ Arıtma Tesisi Proje Öngörülleri Çizelge 5.33 de verilmiştir.

Çizelge 5.33 ASKİ Arıtma Tesisi Proje Öngörülleri

Hedef Yıl	2002	2010	2025
Genişletme aşamaları	1.Aşama (güncel aşama)	2.Aşama	3.Aşama
Proses hattı sayısı	2½	3	4
Tahmini nüfus	3.277.000	3.970.000	4.859.000
Eşdeğer nüfus	3.920.000	4.833.000	6.288.000
Ortalama atık su miktarı, m ³ /gün	765.000	971.000	1.377.000
Ortalama kuru hava debisi, m ³ /sn	8,85	11,24	15,94
Maksimum kuru hava debisi, m ³ /sn	10,19	12,93	18,33
Maksimum yağışlı hava debisi, m ³ /sn	17,71	22,48	31,88
BOİ ₅ yükü (60 gr/kişi/gün), kg/gün	235.175	290.000	377.300
Ham ve fazla çamur (%1.5 KM, yoğunlaştırılmamış), m ³ /gün	20.907	25.778	33.538
Özümlenmiş çamur (%3.3 KM), m ³ /gün	6272	7733	10.061
Bant filtre presi sonrasında çamur keki (%30 KM), m ³ /gün	704	869	1130
Çıkış Suyu (arıtılmış su)			
BOİ ₅ konsantrasyonu, mg/l	< 30		
Filtre edilebilir katılar, mg/l	< 30		

5.4.2 Tesisin Yeri ve Genel Vaziyet Planı

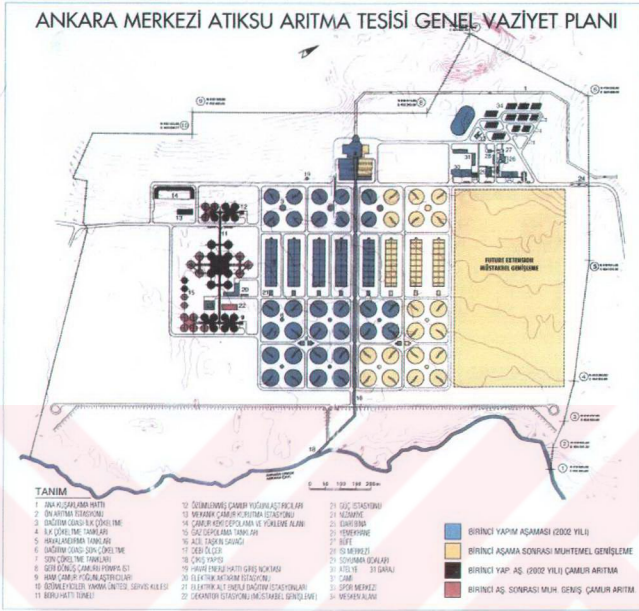
Tesis alanı şehir merkezinin batısında 45 km mesafede, Ankara Çayı akıntısı yönündeki Tatlar köyünün (Sincan yakınında) yanında yer almaktadır. Tesisin yeri, 2025 yılında dahi şehir

yerleşiminin dışında kalacağı dikkate alınarak seçilmiştir. Şehrin ve arıtma tesisinin topografyası, atık suyun arıtma tesisine taşınmasında pompa istasyonu gerektirmeyecek şekilde tasarlanmasını mümkün kılmıştır. Kanalizasyon sisteminde toplanan bütün atık sular tesise tamamen cazibeyle ulaşmaktadır.

2025 hedef yılı için tesis alanı 182 hektar alanı kapsamaktadır ve ilk aşamada yaklaşık 1/3'ü kullanılmıştır. Tesis 2002, 2010 ve 2025 yıllarında üç aşamada genişletilecektir. Ağustos 1997'deki ilk aşamada işletmeye 4 modülün Şekil 5.4 deki ASKİ Arıtma Tesisi Genel Vaziyet Planında mavi renkle gösterilen 2.5 modülü ile başlanmıştır.

Şekil 5.3 ASKİ Arıtma Tesisinin Görünümü

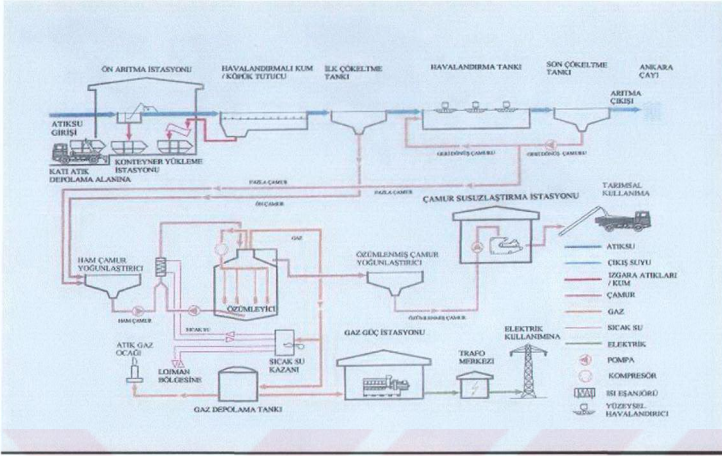




Şekil 5.4 ASKİ Arıtma Tesisi Genel Vaziyet Planı

Ankara Merkezi Atık su Arıtma Tesisi'nde arıtma için kullanılan proses, anaerobik çamur stabilizasyonlu aktif çamur tekniği ve bant filtre presli mekanik çamur suyu alma tekniğidir. Aktif çamur tesis tekniği, teknik kriterlere göre seçilmiştir ve maliyet unsurları gözetildiğinde en uygun çözümü sergilemektedir

Atık su arıtma tesisi şu anda (1.aşama) kaba ve ince ızgaralar ile kum tutuculardan oluşan ön arıtma aşamasını kapsamaktadır. Yüzen ve askıdaki katı maddeleri bertaraf etmek için her biri 50 m çapında on (10) ön çökeltme tankı ile her biri 55 m çapında yirmi (20) son çökeltme tankı yapılmıştır. Doksan (90) adet havalandırıcı beş havalandırma tankı (35 x 153 m) aktif çamur prosesini sağlamaktadır. Arıtma prosesi sonrasında Ankara Çayı'na giden çıkış suyunun BOİ₅ değeri limit değer olan 20 mg/l'nin altındadır.



Şekil 5.5 ASKİ Arıtma Tesisi Akım Şeması

Çamur özümleme işlemi sekiz adet ısıtılmalı özümleyicide (toplam 90.000 m^3) yapılmaktadır. Çamur özümleme öncesinde her biri 25 m çapındaki yedi adet ham çamur yoğunlaştırıcıdan ve özümleme sonrasında beş adet özümlemiş çamur yoğunlaştırıcıda yoğunlaştırılmaktadır. Özümlemiş ve yoğunlaştırılmış çamur, altı adet bant filtresi ile kuru madde kapsamı $>9\%$ olacak şekilde susuzlaştırılmaktadır. Susuzlaştırılan çamurun bir kısmı Atık su Arıtma Tesisi yakınındaki ekim alanlarına kamyonlarla taşınmaktadır. Çamurun diğer bir kısmı, Belediyenin daha sonra tarımsal amaçla kullanması için tesis alanındaki boş araziye serilip, güneşe maruz bırakılarak kurutulmaktadır. Ayrıca, Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü ile yapılan protokol çerçevesinde, arıtma tesisinden çıkan organik arıtma çamurlarının (biyokatı) tarımsal amaçlı kullanılabilirliği araştırılmış olup, sonuçlar teknik yayın haline getirilmiştir.

Özümleme tanklarında açığa çıkan biyogaz iki adet silindirik gaz tankında (her biri 4.000 m^3) depolanmaktadır. Blok tipte termal güç istasyonunda bulunan her biri 1.650 kW kapasiteli iki elektrik jeneratörü, gazı elektrik enerjisine çevirmektedir ve şu anda tesisin toplam enerji ihtiyacının yıllık ortalama yaklaşık 90% 'nı karşılamaktadır.

5.4.3 Arıtma Tesisi Üniteleri

5.4.3.1 Ön Arıtma Ünitesi

Ön arıtma ünitesi suyun arıtım için uygun hale getirildiği bölümdür. Ön arıtma giriş yapısı için zararlı olabilecek veya operasyonu etkileyecek maddelerin uzaklaştırılmasını kapsar. Bu maddeler kağıt parçaları, tahta, odun parçaları, teneke, pet şişe, her türlü plastik maddeler, kum, gres, yağ, zift ve yüzey pisliliğini içerir. Bu maddeleri tutmak için kullanılan metot ızgaradan geçirme ve kum tutucu havuzlarında kumun, yağ ve gresin uzaklaştırılması metodudur. Kaba ızgaralarda 40 mm den büyük, ince ızgaralarda 15 mm den büyük katı maddeler alınarak tam otomatik dolum istasyonunda konteynerlere boşaltılmaktadır. Bu bölümde sudan ayrılan kaba atıklar ve kum tutucu havuzlarında tutulan kum, çöp depolama alanına transfer edilmektedir. Yüzeyde toplanan pislik köpük pompası vasıtası ile döner eleğe gönderilir. Suyla beraber gelen aşırı miktardaki kumun giriş öncesinde tutulabilmesi için, atıksu tesise alınmadan önce iki adet büyük ön kum tutucu havuzundan (1500 m³) geçmektedir. Havuzlar periyodik olarak temizlenmektedir. Ön arıtma ünitesinde bir de Demir Sülfat Dozlama Ünitesi bulunmaktadır. Buradan giriş suyuna Demir sülfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) çözeltisi dozlanarak özümleme tanklarında açığa çıkan biyogaz içerisindeki Hidrojen Sülfür (H_2S) oranının düşürülerek, biyogaz motorlarında ve tesisatta oluşabilecek korozyona karşı önlem alınmaktadır.

5.4.3.2 Ön Çökteltme Tankları

Kum tutuculardan çıkan su dağıtım odası vasıtası ile ön çökteltme tankına gönderilir. Bu bölümde ön arıtma sisteminde çöktürülemeyen, askıda kalan ve yüzebilen maddeler uzaklaştırılır. Ön çökteltme tankında dairesel hareketli köprüye bağlı sıyrıcılar vasıtası ile dibe çöken bu maddeler toplanarak cazibe ile ham çamur yoğunlaştırıcılarına gönderilir. İyi bir ön çökteltme tankı giren sudaki askıda katı madde miktarının %60-70, BOİ_5 miktarının %25-30'unu arıtabilir. Ön çökteltme tankından savaklanan su, aktif çamur ile karıştırılarak biyolojik arıtma için havalandırma tanklarına gönderilir.

5.4.3.3 Havalandırma Havuzları

Ön çökteltmeden çıkan atık su havalandırma tanklarına giriş yapar. Bu tesiste ilk aşamada

organik karbon giderimini gerçekleştiren konvansiyonel Aktif Çamur Prosesi tercih edilmiştir. Toplam 10 adet dikdörtgen havalandırma havuzu bulunmaktadır. Havalandırma yüzeyel aerotörler ile gerçekleştirilmektedir. Havalandırma tanklarında sabit bir mikroorganizma konsantrasyonunun sağlanması amacıyla son çöktürme tanklarında çöken çamurun gerekli olan miktarı havalandırma havuzlarının girişinden sisteme geri döndürülür.



Şekil 5.6 ASKİ Arıtma Tesisi Havalandırma Havuzundan Bir Görünüş

5.4.3.4 Son Çöktürme Havuzları

Aktif çamur prosesinin bir parçası olan son çöktürme havuzlarına havalandırma havuzlarında üreyen mikroorganizmalar gönderilir ve su içerisindeki aktif çamur burada çökeltilerek bir kısmı proses gereği havalandırma havuzunda tutulması istenilen mikroorganizma konsantrasyonu sağlamak amacıyla havalandırma havuzuna geri devrettirilirken diğer kısmı prosesin kararlı halde çalışabilmesi için atılması gerekli çamur olarak ham çamur yoğunlaştırıcılara gönderilir. Son çöktürme havuzlardan temizlenmiş olarak savaklanan su alıcı ortam olan Ankara Çayı'na deşarj edilir.

5.4.3.5 Ham Çamur Yoğunlaştırıcılar

Ön çöktürme tanklarından gelen ham çamur ve son çöktürme tanklarından gelen fazla çamur karıştırılarak çamur yoğunlaştırma havuzlarına katı madde oranının yükseltilmesi amacıyla gönderilir. Çamur, havuzlarda yaklaşık iki gün bekletilir. Dikey karıştırıcılar sayesinde farklı bölgelerde çamur fazı oluşumu engellenmektedir. Tankın yüzeyinden savaklanan su tekrar bir arıtım için tesis girişine pompalanır.

5.4.3.6 Çamur Çürütücü Tankları

Ham çamur tanklarından alınan yoğunlaşmış çamur, pompa vasıtası ile ısı eşanjöründen geçirilerek ısıtılır ve özümleme tanklarına pompalanır. Özümleme, çürüten veya bozunabilen organik maddelerin biyolojik olarak parçalanmasıdır. Özümleme prosesi anaerobik şartlarda uygun pH değeri olan 7,0-7,5 arasında 35 °C'de iki üç hafta sürer. Bu işlemde son ürün olarak çürümeyen ve bozunmayan katı maddeler kalmaktadır. Üstten alınan gaz filtrelerden geçirilerek gaz depolama tanklarına gönderilir. Açığa çıkan gaz karışımı yaklaşık olarak % 70 oranında metan, % 27 oranında karbondioksit ve % 3 oranında diğer gazları içerir. Açığa çıkan bu biyogaz, elektrik üretiminde, sıcak su ihtiyacının karşılanmasında ve özümleme tanklarında karıştırma işleminde kullanılır.

Şekil 5.7 ASKİ Arıtma Tesisi Çamur Çürütme Ünitelerinin Görünüşü



5.4.3.7 Biyogaz Güç İstasyonu

Biyogaz Güç İstasyonunda özümleme tanklarında açığa çıkan biyogazı kullanarak elektrik enerjisi üreten gaz motorları tesis edilmiştir.



Şekil 5.8 ASKİ Arıtma Tesisi Biyogaz Güç İstasyonunun Görünüşü

5.4.3.8 Özümlemiş Çamur Yoğunlaştırıcıları

Özümleme tanklarında çürütülen çamur, özümlemiş çamur yoğunlaştırıcılarına alınır ve iyice yoğunlaşması sağlanır. Yoğunlaşan çamur pompayla çekilir ve mekanik çamur susuzlaştırma istasyonuna gönderilir. Yüzeyinden alınan yüksek BOI_5 içeriği olan su tekrar arıtım için tesis girişine pompalanır.

5.4.3.9 Çamur Susuzlaştırma Ünitesi

Bu bölümde, özümlemiş çamur yoğunlaştırıcılarından gelen çamura belirli oranda katyonik polielektrolit çözeltisi dozlanarak flokleşmesi sağlanır. Bant filtre preslerinin yardımıyla da çamurun suyu alınır. Kuru madde miktarı %4-6'dan %25-30'a çıkartılır. Bant filtre preslerden süzülen su, tekrar arıtım için ön arıtma ünitesine pompalanır. Suyu alınmış çamur (biyokatı) depolama alanına veya tarımda toprağın kalitesini iyileştirmek amacıyla, talepte bulunan köylülerin tarlalarına sevk edilmektedir.



Şekil 5.9 ASKİ Arıtma Tesisi Mekanik Susuzlaştırma Ünitesi (Bant Filtre) Görünüşü

5.4.4 Tesis Ünitelerinin Boyutları

Tesisin temel dizayn veri değerleri Çizelge 5.34 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.34 ASKİ Arıtma Tesisi Ünite Boyutları

TEKNİK VERİLER	
TEMEL DİZAYN VERİLERİ	
Toplam Tesis Alanı	182 Ha
Ana Toplayıcı	3,45x4,60 m Kutu Kesit-Cazibeli Akış
Eşdeğer Nüfus	3,9 milyon (2002) - 6,3 Milyon (2025)
Kuru Hava Debisi:	765.000 m ³ /gün(2002) - 1.377.000 m ³ /gün(2025)
Pik Debi:	1.530.000 m ³ /gün(2002) - 2.754.000 m ³ /gün(2025)
Çamur keki Miktarı	700 m ³ /gün (2002) - 1.130 m ³ /gün (2025)
Gaz Üretimi	60.000 m ³ /gün (2002) - 96.000 m ³ /gün (2025)
Enerji İhtiyacı	10 Mw

BİRİNCİL ARITMA KISMI	
Toplam Alan	11.1000m ²
Kaba Izgara	40 mm
İnce Izgara	15 mm
Havalandırılmalı Kum Tutucu Havuzların Hacmi	584m ³
Yüzey Alanı	209m ²
Bekletme Süresi	11 dak.
İLK ÇÖKELTME HAVUZU	
Dairesel Çökeltme Havuz Sayısı	10 Adet Dairesel Havuz
Bir Tankın Hacmi	7600 m ³
Yüzey Alanı	1.963 m ²
Çapı	50 m
Derinlik	5 m
Bekletme Süresi	1.5 sa
HAVALANDIRMA HAVUZLARI	
Havalandırma Havuzu Adedi	10 Adet Dikdörtgen Kesitli Havuz
Bir Havuzun Hacmi	13.000 m ³
Yüzey Alanı	2.600 m ²
Derinlik	5 m
Bekletme Süresi	4 sa

SON ÇÖKTÜRME HAVUZLARI	
Çökeltme Havuzu Sayısı	20 Adet Dairesel Havuz
Bir Hav. Hacmi	9.600 m ³
Yüzey Alanı	2.376 m ²
Çapı	55 m
Derinliği	5 m
Bekletme Süresi	3 sa
GERİ DEVİR POMPA İSTASYONU	
Geri Devir Pompası Sayısı	3 Adet
Maksimum Kapasitesi	1.84 m ³ /sn
HAM ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRICILAR	
Yoğunlaştırıcı Adedi	7 Adet Dairesel Yoğunlaştırıcı
Havuzların Hacmi	1.964 m ³
Yüzey Alanı	491 m ²
Çap	25 m
Derinlik	4 m
Bekletme Süresi	2 gün
ANAEROBİK ÇAMUR ÇÜRÜTÜCÜLER	
Tank Sayısı	8 Adet Silindirik Tank
Tankların Hacmi	11.250 m ³
Çapı	25 m
Yükseklik	35 m
Bekletme Süresi	14 gün

GAZ DEPOLAMA TANKI	
Depolama Tankı Sayısı	2 Adet Silindirik Tank
Tankların Hacmi	4.000 m ³
Çapı	22 m
Yüksekliği	17 m
ÇÜRÜTÜLMÜŞ ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRICI	
Özümlemiş Çamur Yoğunlaştırıcı Sayısı	5 Adet Dairesel Yoğunlaştırıcı
Hacim	1.964 m ³
Yüzey Alanı	491 m ²
Çapı	25 m
Derinliği	4 m
Bekletme Süresi	2 gün
MEKANİK ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA İST.	
Belt Filtre Pres Sayısı	6 Adet
Maksimum Kapasite	180 m ³ /sa
Toplam Alan	1.450 m ²
BİYOGAZ GÜÇ İSTASYONU	
Gaz-Elektrik Jenaratörü Adedi	2 Adet
Elektrik Üretimi	2x1,6 Kw
Toplam Alan	1.350 m ²

5.4.5 Tesisin İşletme Verilerinin Değerlendirilmesi

Tesisin 2004 yılına ait arıtmadan geçirdiği atıksu debisi ve enerji tüketiminin aylara göre değişimi ve bunların ortalama, minimum ve maksimum değerleri Çizelge 5.35 de

gösterilmiştir.

Çizelge 5.35 ASKİ Arıtma Tesisi Yıllık Ortalama Debi ve Elektrik Tüketim Değerleri

Aylar	Debi		Günlük Ort. Elektrik tüketimi	Toplam Elektrik tüketimi
	m ³ /ay	m ³ /g	kw-sa/g	kw-sa/ay
Oca.04	20.198.037	651.550	75.425	2.338.189
Şub.04	20.141.815	694.545	73.911	2.143.413
Mar.04	21.563.233	695.588	75.641	2.344.861
Nis.04	20.922.589	697.420	76.280	2.288.408
May.04	21.546.900	695.061	74.793	2.318.584
Haz.04	20.030.770	667.692	76.528	2.295.827
Tem.04	20.195.626	651.472	77.691	2.408.410
Ağu.04	19.787.522	638.307	74.587	2.312.199
Eyl.04	19.836.281	661.209	75.793	2.273.781
Eki.04	19.482.256	628.460	64.704	2.005.809
Kas.04	18.321.790	610.726	69.915	2.097.463
Ara.04	19.894.060	651.712	76.752	2.379.301
Ortalama:	20.160.073	661.979	74.335	2.267.187
Maksimum:	21.563.233	697.420	77.691	2.408.410
Minimum:	18.321.790	610.726	64.704	2.005.809

Tesiste 2004 yılında arıtılan debi ve kirletici yüklerinin aylara göre değişimi ve bunların ortalama, minimum ve maksimum değerleri Çizelge 5.36 da, arıtılan debi ve giderilen kirletici yükler başına birim elektrik sarfiyatı ve bunların ortalama, minimum ve maksimum değerleri Çizelge 5.37 de gösterilmiştir. Gazdan üretilen ortalama elektrik enerjisi çıkartıldığında arıtılan debi ve giderilen kirletici yükler başına birim elektrik sarfiyatı ve bunların ortalama, minimum ve maksimum değerleri de Çizelge 5.38 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.36 ASKİ Biyolojik Arıtma Tesisi Yıllık Ortalama Giderilen Kirlетici Yükleri

Aylar	Toplam Akış	Günlük Ortalama Akış	Giderilen AKM Yüğü		Giderilen KOİ Yüğü		Giderilen BOİ Yüğü	
	m ³ /ay	m ³ /g	ton/gün	ton/ay	ton/gün	ton/ay	ton/gün	ton/ay
Oca.04	20.198.037	651.550	150,1	4653,6	222,6	6901,7	128,4	3979,0
Şub.04	20.141.815	694.545	127,6	3700,1	239,6	6948,9	138,9	4028,4
Mar.04	21.563.233	695.588	145,9	4524,0	233,4	7234,5	136,3	4226,4
Nis.04	20.922.589	697.420	141,9	4257,7	235,8	7073,9	126,9	3807,9
May.04	21.546.900	695.061	158,1	4901,9	225,7	6996,3	130,7	4050,8
Haz.04	20.030.770	667.692	144,2	4326,6	214,7	6441,9	130,9	3926,0
Tem.04	20.195.626	651.472	134,4	4166,4	197,7	6127,4	129,6	4018,9
Ağu.04	19.787.522	638.307	173,6	5382,2	205,5	6371,6	128,3	3977,3
Eyl.04	19.836.281	661.209	184,6	5538,3	253,2	7597,3	143,5	4304,5
Eki.04	19.482.256	628.460	148,5	4603,7	228,1	7072,1	128,2	3974,4
Kas.04	18.321.790	610.726	119,9	3598,4	246,1	7383,7	138,0	4140,7
Ara.04	19.894.060	651.712	135,6	4138,0	263,3	8037,2	144,7	4416,5
Ortalama:	20.160.073	661.979	147	4.483	230	7.016	134	4.071
Maksimum:	21.563.233	697.420	185	5.538	263	8.037	145	4.416
Minimum:	18.321.790	610.726	120	3.598	198	6.127	127	3.808

Çizelge 5.37 ASKİ Arıtma Tesisi Yıllık Ortalama Giderilen Kirlетiciler Başına Birim Elektrik Sarfıyatı

Aylık Ortalama Debi	Aylık Ortalama AKM	Aylık Ortalama BOİ ₅	Aylık Ortalama KOİ	Aylık Ortalama Elek. Tüket.	Birim Elektrik Sarfıyatı			
m ³ /ay	ton/ay	ton/ay	ton/ay	kw-ay	w/m ³ -atık.	kw/ton-AKM	kw/ton-BOİ ₅	kw/ton-KOİ
20.160.073	4482,6	4070,9	7015,5	2267187	112,5	505,8	556,9	323,2

Tesisin ilk yatırım ve yıllık ortalama değеrler üzerinden genel işletme verileri Çizelge 5.39 da, birim işletme maliyeti değеrleri de Çizelge 5.40 da özetlenmiştir.

Çizelge 5.38 ASKİ Arıtma Tesisi Yıllık Ortalama Giderilen Kirleticiler Başına Net Birim Elektrik Sarfıyatı

Aylık Ortalama Debi	Aylık Ortalama AKM	Aylık Ortalama BOI ₅	Aylık Ortalama KOİ	Aylık Ortalama Elek. Tüket.	Aylık Ortalama Elek. Üretimi	Net Birim Elektrik Sarfıyatı			
m ³ /ay	ton/ay	ton/ay	ton/ay	kw-ay	kw-ay	w/m ³ -atıksu	kw/ton-AKM	kw/ton-BOI ₅	kw/ton-KOİ
20160073,0	3937,0	1693,7	3714,0	2267187,0	2081995,0	9,2	47,0	109,3	49,9

Çizelge 5.39 ASKİ Arıtma Tesisi İlk Yatırım ve Genel İşletme Verileri

Arıtma Tipi	Kapasite	Ortalama Arıtılan Debi	İlk Yatırım Maliyeti	Personel Sayısı		Atılan Çamur Miktarı	Kimyasal Madde Sarfı
				Müh.	İşçi		
	m ³ /gün	m ³ /gün	(10 ³) \$	kişi	kişi	ton/ay	ton/ay
Biyolojik Arıtma Tesisi	765000	662000	202400	8	115	9240	7,89

Çizelge 5.40 ASKİ Arıtma Tesisi Birim İşletme Gideri Maliyeti, Birim Elektrik Sarfıyatı Maliyeti ve Birim Toplam İşletme Maliyeti

İşletme Gideri	Elektik Sarfıyatı	Elektik Sarfıyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Gideri	Elektik Sarfıyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Giderinin Birim Maliyeti	Elektrik Sarfıyatının Birim Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
340000	2267187	319673	659673	3044,8	2862,7	5907,5	0,0126	0,0118	0,0244

Tesisin işletme gideri toplam işletme maliyetinin;

Toplam işletme maliyeti : 659673 YTL

İşletme gideri : 340000 YTL

Elektrik sarfıyatının toplam işletme maliyetine oranı = $340000/659673 \times 100 = \% 51.5$ 'i olmaktadır.

Tesisin gaz üretimi ile elektrik tüketiminin bir kısmını karşılaması halinde birim işletme maliyeti ve bu maliyet değerine ulaştıran parametre değerleri Çizelge 5.41 de, tesisin harcadığı elektrik enerjisinin arıtılan atıksu başına birim sarfıyatı ve gaz üretimi ile karşılanan kısmı çıkartıldığında arıtılan atıksu başına birim sarfıyatı Çizelge 5.42 de özetlenmiştir. Derlenen tüm bu verilerin özet bilgileri Çizelge 5.43 de verilmektedir.

Çizelge 5.41 ASKİ Arıtma Tesisi Üretilen Elektrik Enerjisi Çıkartıldığındaki Net Birim İşletme Maliyeti

İşletme Gideri	Net Elektrik Sarfıyatı	Elektrik Sarfıyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	Toplam İşletme Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu
340000	185192	26112	366112	3278,6	0,0136

Çizelge 5.42 ASKİ Arıtma Tesisi Birim Elektrik Sarfıyatı

Ortalama Arıtılan Debi	Elektrik Sarfıyatı	Elektrik Üretimi	Net Elektrik Sarfıyatı	Birim Elektrik Sarfıyatı	Net Birim Elektrik Sarfıyatı
m ³ /ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	watt-sa/m ³	watt-sa/m ³
20160073	2267187	2081995	185192,0	112,5	9,2

Çizelge 5.43 ASKİ Arıtma Tesisi Birim İşletme Maliyeti Özet Bilgileri

Ortalama Arıtılan Debi	İşletme Gideri (1)	Elektrik Sarfıyatı	Elektrik Üretimi	Net Elektrik Sarfıyatı	Elektrik Sarfıyatının Bedeli (2)	Net Elektrik Sarfıyatının Bedeli (3)	Toplam İşletme Maliyeti (1+2)	Toplam İşletme Maliyeti (1+3)	Birim İşletme Maliyeti	Net Birim İşletme Maliyeti
m ³ /gün	(10 ³) \$/yıl	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
662000	3044,8	2267187	2081995	185192,0	2862,7	233,8	5907,5	3278,6	0,0244	0,0136

5.5 Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi

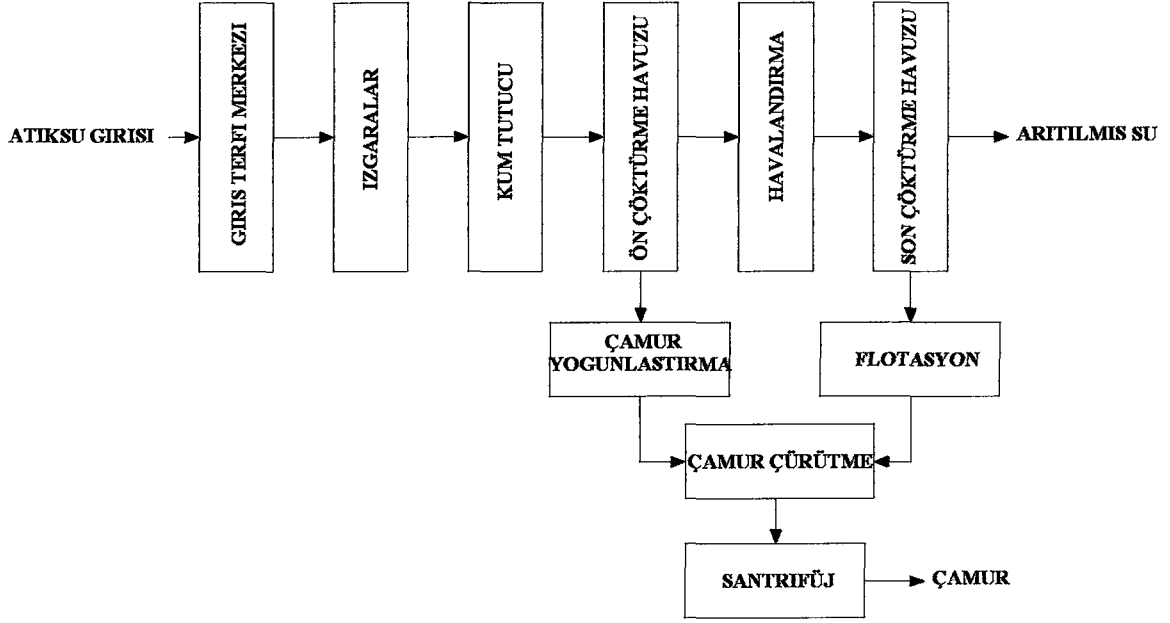
Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi, Kartal, Pendik, Tuzla, Gebze ve Darıca ilçelerinden gelen evsel atık sular ile Tuzla Organize Sanayi Bölgesindeki daha çok deri atölyelerinden gelen deri işleme proses atık sularının kompozisyonundan meydana gelen atık suların ilk aşamada organik karbon giderimini hedefleyen aerobik heterotrofik dönüşümün gerçekleştirildiği konvansiyonel Aktif Çamur Prosesi olarak çalıştırılan biyolojik arıtma tesisidir. Arıtma tesisi havzasında halihazırda bulunan ve gelecekteki nüfus artışı da göz önüne alınarak 3 aşamalı modüler sistemde planlanmış, arıtma tesisinin nihai hali ve ileri arıtma (azot ve fosfor giderimi) için de yer tahsis edilmiştir. Birinci aşamada 6 modül inşa edilmiş olup, bunlardan ilk 4 modülün her türlü mekanik, elektrik ve elektronik teçhizatları donatılmıştır.

Birinci Aşama : 1.000.000 kişi eşdeğeri 225.000 m³/gün

İkinci Aşama : 2.250.000 kişi eşdeğeri 450.000 m³/gün

Üçüncü Aşama : 4.500.000 kişi eşdeğeri 900.000 m³/gün

kapasitelidir.



Şekil 5.10 Tuzla Arıtma Tesisi Akım Şeması

5.5.1 Arıtma Tesisi Üniteleri

5.5.1.1 Giriş Yapısı ve Terfi Merkezi

Tuzla Sahil Tüneli ve Kemiklidere Tuzla Tüneli ile tesise -8.47 kotunda Pendik ve Tuzla yönlerinden gelen atık sular giriş yapısında iki noktadan tesise girer. Atıksular ilk olarak içerisindeki kaba katı maddelerin pompa ve diğer teçhizatlar zarar vermesini önlemek için taş tutucu ve kaba ızgaradan geçirilir. Giriş yapısında tutulan taşlar kepçeli vinçle yukarıya alınır, mekanik temizlemeli tırmıklarla çubuk aralığı 120 mm olan kaba ızgaralarda tutulan katı maddeler, konveyör bantlarla konteynerlere boşaltılır.

Kaba ızgaradan geçen atık sular -8.47 kotundan kapasitesi 5275 m³/saat (1465 lt/sn) olan pompalarla +12.86 kotuna terfi edilir. Terfi merkezinde 4 adet düşey milli ana atık su pompası bulunmakta olup bu pompalar dönüşümlü olarak çalışmaktadır. Pompa haznesi işletmeyi engellemeyecek şekilde temizlenmeyi ve bakımı sağlamak üzere çift gözlü yapılmıştır. Bu bölmeler stoplog adı verilen kapaklarla sızdırmazlığı sağlayacak şekilde teçhiz edilmiştir.

5.5.1.2 İnce Izgara ve Kum Tutucular

Terfi edilen atık sular çubuk aralığı 18mm olan toplam 3 adet ince ızgaradan geçirilir. Izgaralar 3 m genişliğinde kanallara yatayla 75° açı yapacak şekilde monte edilmiş olup, çubuklar paslanmaz çelikten mamul dikdörtgen kesitlidir. Kaba atıklar zincir baklalarına monte edilmiş her biri 4 taraktan müteşekkil paletlerle sürekli sıyrılır.

İnce ızgaralardan tutulan ve paletlerle sıyrılıp konveyör banda boşaltılan katı maddeler burgulu preslerde sıkıştırılarak konteynere boşaltılır.

Havalandırılmalı kum tutuculara gelen ızgaralardan geçirilmiş atık su içindeki kum vs. inorganik katı maddeler, yatay hızı 0.1 m/sn olacak şekilde ilk aşama ortalama debide (225.000 m³/gün) yaklaşık dört dakikalık bir bekletme süresi içinde, havuz tabanına çöker. İki havuz üzerinde çalışan iki adet gezer köprüye monteli dalgıç pompalarla emilen kum sudan ayrılmak üzere vidalı (helezonlu) kum ayırıcıya gönderilir. Havuzların köpük haznesinde biriken köpükler ve yağlar gezer köprülere monteli köpük pompaları ile köpük haznelere oradan ortak bir kanalla döner tambur ızgaraya gönderilir. İnce ızgarada tutulan malzemelerle kum tutucu ünitesinde oluşan köpükler ve yağlar döner tambur ızgarada su muhtevası azaltılır ve sonra ızgara preste sıkıştırılarak konteynere boşaltılır.

Kum ayırıcı sistemin devre dışı kalması halinde, kumlu su havuz giriş tarafındaki bir dalgıç pompa ile döner tambur ızgaraya basılır. İnce ızgaralarda ve döner tamburda tutulan malzemeler burgulu presle suyundan arındırılır. Kapasitesi 10 m³/sa olan bu ekipmanla ızgara atıklarının su muhtevası % 40-50'ye indirgenir.

Kum tutucu savaklardan geçen atık su venturi kanallarından geçerken debi ölçümü yapılır. Su ön çöktürme havuzlarını besleyen ters sifonlara girer.

5.5.1.3 Ön Çöktürme Havuzları

Mekanik arıtma sürecinin son kademesi ön çöktürme havuzlarıdır. Dikdörtgen kesitli 4 adet ön çöktürme havuzlarında atık su ilk aşama ortalama debide takriben 1.5 saat bekletilmektedir. Bu bekletme süresi içersinde yerçekimi kuvveti etkisiyle kendiliğinden çökebilen katı maddeler atıksudan ayrılarak havuz dibine birikir. Dipte biriken bu çamurlar

sıyırıcı köprülerle havuzların memba tarafındaki çamur çukurlarına toplanmakta ve bu çukurlardan 2 adet pompa vasıtasıyla emilip yoğunlaştırma havuzlarına gönderilirler. Su yüzeyinde oluşan köpükler çamur sıyırıcısı üzerindeki yüzey sıyırıcı ile köpük haznesine itilir ve oradan pompalar ile flotasyona basılır. Böylece bu ünite çıkışında atık su fiziksel işlemlerle arıtılabilen kirletici içeriğinden kurtulmuş olmaktadır. Ön çöktürme havuzlarında takriben % 60 AKM ve % 25 BOI₅ gideriminin sağlanacağı ve dipte biriken çamurun % 3-5 katı madde ihtiva edeceği öngörülmüştür. Havalandırma havuzlarında gerçekleşen aktif çamur prosesinin kararlı ve dengeli bir şekilde sürdürülebilmesi için belirlenen bir minimum hidrolik bekletme süresini, F/M oranları gibi kriterleri aşmaması için belirlenen bu maksimum kapasitenin üzerinde kirlilik yükü ve debi geldiğinde kapasite üzeri debi deniz deşarjı hattına bağlı bir kanalla denize gönderilmektedir.

5.5.1.4 Yoğunlaştırma Havuzları

Ön çökeltme havuzundan çekilen primer çamurun katı madde muhtevasını artırmak amacıyla 2 adet dairesel kesitli yoğunlaştırma havuzu mevcuttur. 13 m çaplı 4 m ortalama derinlikli bir havuz 530 m³ hacme sahiptir. Çamurun yaklaşık olarak 24 saat bekletilmesi öngörülmüştür. Çökelen katı madde döner köprü üzerine monte edilmiş dip sıyırıcıları vasıtasıyla çamur haznesine itilmekte bu hazneden de her havuzdaki birer adet pompa (toplam 2 adet) ile çamur çürütücüye basılmaktadır. Çamur çürütücü herhangi bir sebepten devre dışı kalması halinde ise çamur, vanalar ile çamur susuzlaştırma ünitesindeki çamur depolama tankına yönlendirilir.

5.5.1.5 Havalandırma Havuzları

Bu ünite de aerobik heterotrofik mikroorganizmaların en uygun yaşam ve üreme koşulları sağlanmaya çalışılır. Mikroorganizmaların atık su içindeki çözünmüş organik karbonu havuzlara üfleyiciler vasıtasıyla verilen oksijenle yakıp elde edilen enerji ile üreme ve metabolik ihtiyaçlarını karşılamaları temin edilir. Böylelikle atık sudaki organik karbon biyokütle, karbondioksit dönüştürülmüş ve biyokütle havalandırma havuzu çıkışına yapılan bir çökeltme havuzunda çökeltilerek sudan ayrılmış olacaktır.

Ön çöktürme havuzlarından geçen atık sular 900 mm çaplı çelik borular ile havalandırma havuzlarına basılır. Toplam 14200 adet 24.5 mm çaplı ince kabarcıklı seramik difüzör bu havuzlara yerleştirilmiştir. Bir havuz dört bölgeye ayrılmıştır.

Atmosferdeki hava elektrostatik hava filtresinden geçirildikten sonra blowerlara gelir. Elektrostatik hava filtresi 0.3 mikrona kadar olan partiküllerin % 95'ini giderebilmektedir. Tek kademeli santrifüj blowerların verimleri % 45-100 arasında değişir. Hava havuza 4 adet blowerden verilir.

Havalandırma havuzlarına daha önce belirtilen sebepten dolayı maksimum 200.000 m³/gün debi alınmaktadır. Bu da yaklaşık 2.9 saatlik bir hidrolik bekletme süresine tekabül eder.

5.5.1.6 Son Çöktürme Havuzları

Havalandırma havuzlarından savaklanarak çıkan atık su 10 mm çaplı 151 adet orifis ile son çöktürme havuzlarına girer. Son çöktürme havuzları her birinin uzunluğu 140 m, genişliği 11.4 m , suyun savaklandığı kotun havuz taban kotundan 4.5 m yukarıda yani su savaklanma derinliği 4.5 m (Bir havuzun hacmi:7180 m³) olan dikdörtgen kesitli toplam 4 adet havuzdan müteşekkildir. Son çöktürme havuzlarında dibe çöken çamur, belirlenen aralıklarda gelip giden havuzu boyuna üçe bölen her bir havuzdaki 3 adet gezer köprü üzerinde bulunan dalgıç pompalarla tabandan emilir. Tabandan çekilen çamur çamur kanalına basılır. Bir köprü üzerinde 2 adet dalgıç pompa bulunur. Havalandırma havuzlarındaki projede öngörülen verimi elde etmek için havuzda tutulması gerekli mikroorganizma konsantrasyonunu sağlamak amacı ile çamurun önceden belirlenen miktarı havalandırma havuzlarına geri devrettirilir. Fazla çamur flotasyon havuzlarına basılır. Ortalama debide yaklaşık 3.0 saat bekletilen biyokütle çamurunun konsantrasyonu 5.000 mg/l AKM den 10.000-15.000 mg/l AKM ye yükseltilmiş olarak dipten çekilirken arındırılmış su savaklanarak çıkış borularıyla deşarj hattına sevk edilir.

5.5.1.7 Çözünmüş Hava İle Yüzdürme (DAF) Ünitesi

Son çöktürme havuzlarından alınan ortalama % 1.0-1.5 katı madde ihtiva eden fazla çamur katı madde muhtevasının artırılması amacıyla dikdörtgen kesitli flotasyon havuzlarına basılır. Duru su, doyurma tankına gönderilip burada atmosfer basıncından yüksek bir basınçla içersinde atmosfer basıncındaki doygunluk konsantrasyonundan daha fazla hava çözündürülür ve sonra tekrar DAF havuzlarına verilir. Atmosfer basıncıyla karşılaştığında havanın sudaki mevcut koşullardaki doygunluk konsantrasyonundan fazla olan miktarı su yüzeyinden atmosfere kaçmak isteyecek ve su yüzeyine çıkarken katı maddeleri yukarı kaldıracaktır.

Basınçlandırma tanklarında hava ile doyurulan çamurun yüzen kısmı ve köpükler üst sıyrıcılar ile, çöken kısmı ise alt sıyrıcılar yardımıyla toplanarak çamur çürütme tanklarına basılır.

5.5.1.8 Anaerobik Çürütücüler ve Metan Gazı Toplama Tankı

Flotasyon ve çamur yoğunlaştırma tanklarında katı madde oranı arttırılan aktif çamur ve ön arıtma çamurları anaerobik (havasız) çürütme tanklarına basılır.

Isı eşanjörleri yardımıyla 35°C' ye kadar ısıtılan çamur ve çıkan metan gazı (CH₄) tank içinde sirküle ettirilir. Tanklarda 20 gün bekletilerek stabilize olan çamur ikinci çamur çürütme tanklarına alınır. Çamur çürütme esnasında çıkan metan gazı ise gaz depolama tanklarına alınır. Üretilen gazın bir kısmı anaerobik prosesi sürdürmek üzere çalışan kazanlarda kullanılır, diğer kısmı binaları ısıtmak için kullanılan servis kazanlarında kullanılmak üzere depolanır. Fazla olan gaz atık gaz yakıcıda yakılır. İkinci çamur çürütme tanklarında çamur sudan ayrılır ve çürütme işlemi tamamlanır. Bu tanklarda çamur 10 gün bekletilir, duru su farklı seviyelerden çekilir, yoğunlaşan çamur, çamur susuzlaştırma ünitesine gönderilir.

5.5.1.9 Çamur Susuzlaştırma Birimi

Stabilize olmuş ve yoğunlaşmış çamur ikinci çamur çürütme tankından alınarak çamur susuzlaştırma birimindeki çamur depolama tankına basılır. Çamurun suyunu daha kolay bırakmasını sağlamak için polimer ilavesi yapılır. Polimer ile karışan çamur santrifüjde suyunu bırakır ve çıkan çamur kekleri konveyör bantlar yardımıyla kamyonlara yüklenerek depo alanlarına gönderilir. Santrifüjler % 3-5 katı madde içeren çamuru katı madde muhtevasını % 20-25 e çıkartmaktadır.

Santrifüje gelen çamurun katı madde oranı % 4-5 olduğunda 3 kg poli / 1ton-kuru madde eşdeğeri polielektrolit verilmektedir. Çamur katı madde yüzdesi % 1.5 in altında olduğunda kek elde edilememektedir. % 2-2.5 arasında olursa da 6-7 kg poli / 1ton-kuru madde eşdeğeri polielektrolit dozlanmaktadır. Buna rağmen sentrat suyu yüksek konsantrasyonda AKM içerir.

5.5.1.10 Deniz Deşarjına Çıkış Yapısı ve Deniz Deşarjı Hattı

Son çöktürme havuzlarından gelen atık sular Ø2200 mm çaplı 976 m uzunluğunda kara boru hattından; 2203m uzunluğunda Ø2200 mm çaplı deniz deşarj hattına geçer ve arıtılmış sular denizin 46 m derinliğine deşarj edilir. Deniz deşarj akımının kesilmesi durumunda deniz suyunun difüzörlerden boru hattına geçişini önlemek amacı ile difüzörler üzerinde çekvalf gibi görev yapan membranlı vanalar (tideks valf) bulunmaktadır.

5.5.2 Tesis Ünitelerinin Boyutları

Tuzla Arıtma Tesisi'nin ünite boyutları Çizelge 5.44 de verilmektedir.

Çizelge 5.44 Tuzla Arıtma Tesisi Ünite Boyutları

GİRİŞ YAPISI	
KABA IZGARA	
Izgara Sayısı	2 adet
Çubuk Aralığı	5 cm
Kaba Izgara Konveyörü Bant Uzunluğu	14m
Kaba Izgara Konveyörü Bant Uzunluğu	10m
ANA ATIKSU POMPALARI	
Pompa Sayısı	4 adet
Pompa Kapasiteleri	5275 m ³ /sa
Terfi Yüksekliği	20,33 m (Emme Ağızı-Terfi Kotu)
İNCE IZGARA	
Izgara Sayısı	2 adet
Çubuk Aralığı	1,8 cm
Konveyör Bant Uzunluğu	20 m

KUM TUTUCU	
Havuz Sayısı	2 adet
Havuz Boyutları	h : 7.7m ; w : 7 m ; L : 20.8 m (V:385m ³)
Beletme Süresi	4 dak.
Gezer Köprü Hızı	1,2 m/dak
Blower Sayısı	3 adet (2 asıl + 1 yedek)
Dalgıç Kum Pompası Sayısı	2 adet
Kum Pompası Sayısı	1 adet
Köpük Pompası Sayısı	2 adet
Döner Tambur Izgara/Kapasite	1 adet (0.25 mm elek aralıklı) - 40 m ³ /sa
Izgara Pres/Kapasite	1 adet - 10 m ³ /sa
Kum Ayırıcı/Kapasite	1 adet - 40 lt/sn
ÖN ÇÖKTÜRME HAVUZLARI	
Havuz Sayısı	4 adet - dikdörtgen kesitli
Havuz Boyutları	h : 3,0 m ; w :15,0 m ; L : 59,6 m (V:2682m ³)
Beletme Süresi	1,8 saat (proje hesap debisine göre)
Sıyırıcı Köprü Sayısı ve Hızı	4 adet - 1,5 m/dak.
Köpük Pompası Sayısı/Kapasite	2 adet/ 5 lt/sn
Çamur Pompası Sayısı/Kapasite	2 adet/ 20 lt/sn
HAVALANDIRMA HAVUZLARI	
Havuz Sayısı	4 adet - dikdörtgen kesitli
Havuz Boyutları	h : 5,0 m ; w :15,0 m ; L :80,0 m (V:6000m ³)
Hidrolik Beletme Süresi	3,8 saat (proje hesap debisine göre)
Bir Havuzdaki Toplam Difüzör Sayısı/Çapı	3540 adet / 24,5 mm
Blower Sayısı / Gücü	4 adet / 360 kw-sa
Blower Debi Aralığı (20 °C)	6900-15340 m ³ /sa (% 45-100)

SON ÇÖKTÜRME HAVUZLARI	
Havuz Sayısı	4 adet - dikdörtgen kesitli
Havuz Boyutları	h : 4,5 m ; w :11,4 m ; L : 140,0 m (V:7182m ³)
Beletme Süresi	3 saat (proje hesap debisine göre)
Bir Havuzdaki Geri Devir Pompa Sayısı	6 adet
Geri Devir Pompa Sayısı / Kapasitesi	24 adet / 73 lt/sn
Sıyırıcı Köprü Hızı	1,5 m/dak
ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRMA HAVUZLARI	
Havuz Sayısı	2 adet - Dairesel kesitli
Havuz Boyutları	D : 13,0 m ; H _{ort} =4,0 m (V:530m ³)
Bekletme Süresi	26 saat
Çamur Pompası Sayısı/Kapasite	2 adet - 10 lt/sn
Çamur Sıyırıcı Hızı	2 m/dak.
ÇAMUR YÜZDÜRME (DAF) HAVUZLARI	
Havuz Sayısı	3 adet - dikdörtgen kesitli
Havuz Boyutları	h :3,35 m ; w :6,0 m ; L : 14,0 m (V:281m ³)
Yeniden Havalandırma Kompresörü	2 adet - 61,8 Nm ³ /sa
Çamur Basınçlandırma Pompaları	6 adet - 80,0 m ³ /sa
Geri Devir Çamur Pompa Sayısı / Kapasitesi	5 adet - 143,0 m ³ /sa
Yoğun Çamur Pompası / Kapasitesi	4 adet - 4,2 m ³ /sa
Yüzen Çamur Sıyırıcı	3 adet - 5,3 m/dak.
Dip Sıyırıcı	3 adet - 0,8 m/dak.
Doyurma Tankları	3 adet - 3,5 m ³
Hava Tankı	1 adet - 1,5 m ³

ÇAMUR ÇÜRÜTME TANKLARI	
Özümleyici Tank Sayısı	4 adet - Dairesel kesitli
Havuz Boyutları	D : 20,0 m ; H =25,5 m (V:8000m ³)
İkincil çamur Çürütme Tankı	2 adet - Dairesel kesitli
Havuz Boyutları	D : 20,0 m ; H =26,5 m (V:8300m ³)
Gaz Sirkülasyon Kompresörü	3 adet - 10,0 m ³ /dak.
Çamur Sirkülasyon Pompaları	4 adet - 210,0 m ³ /sa
Çamur Isıtma Eşanjörü	4 adet - 60000 kcal/sa
Su Isıtıcı	2 adet - kcal/sa
Ön Çürütme Tankı Boşaltma Pompası	2 adet - 35 lt/sn
Sıcak Su Sirkülasyon Pompaları	2 adet - 420,0 m ³ /sa
İkincil Çürütme Tankı Boşaltma Pompası	2 adet - 35 lt/sn
Sıcak Su Sirkülasyon Pompası	2 adet - 160,0 m ³ /sa
Gaz Depolama Tankı	1 adet - 1600 m ³
Atık Gaz Yakıcı	1 adet - 3000 Nm ³ /sa
ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA ÜNİTESİ	
Santrifüj Sayısı/Kapasitesi	2 adet - 60,0 m ³ /sa
Polielektrolit Hazırlama Ünitesi	1 adet - 8,8 m ³
Polielektrolit Tankı	1 adet - 10 lt
Polielektrolit Dozaj Pompası	3 adet/ 0,3-5 lt/sn
Çamur Depolama Tankı	1 adet - 110 m ³
Çamur Besleme Pompası Sayısı/Kapasite	3 adet / 10 - 61 m ³ /sa
Çamur Bant Konveyör Adedi / Uzunluğu	2 adet -1,5 m
Çamur Keki Bant Konveyör Adedi / Uzunluğu	2 adet -12,25 m
Çamur Keki Vidalı Konveyör Adedi / Uzunluğu	2 adet -14,75 m
Çamur Bant Konveyörü Adedi / Uzunluğu	2 adet -9,25 m

5.5.3 Tesisin İşletme Verilerinin Değerlendirilmesi

Tuzla Atıksu Arıtma Tesisi'nin 2004 yılında arıtılan atıksu debi miktarları ve giderilen yükleri ile bunların ortalama, minimum, maksimum değerleri Çizelge 5.46 da, arıtma işlemi sırasında harcanan elektrik enerjisi değerleri de Çizelge 5.45 de verilmiştir.

Çizelge 5.45 Tuzla Arıtma Tesisi Elektrik Sarfıyatı

Aylar	Mar.04	Nis.04	May.04	Haz.04	Tem.04	Ağu.04	Eyl.04	Eki.04	Kas.04
Elektrik Tüketimi (kw-sa/ay)	1256841,9	1222200,5	1330399,4	1332790,2	1388980,4	1384985,3	1477897,2	1453740,3	1298904,3

Ortalama: 1349637,7

Maksimum: 1477897,2

Minimum: 1222200,5

Çizelge 5.46 Tuzla Arıtma Tesisinde Giderilen Kirletici Yükleri

Aylar	Debi		AKM		BOI ₅		KOI	
	m ³ /gün	m ³ /ay	kg/gün	ton/ay	kg/gün	ton/ay	kg/gün	ton/ay
Oca.04	228213,0	7074603,0	91901	2848,9	34099	1057,1	83022	2573,7
Şub.04	253577,0	7353733,0	39131	1213,1	27498	852,4	44421	1377,1
Mar.04	243990,0	7563690,0	64453	1998,0	31094	963,9	62430	1935,3
Nis.04	199873,0	5996190,0	207762	6440,6	75163	2330,1	187458	5811,2
May.04	213294,0	6612114,0	188762	5851,6	85605	2653,8	190811	5915,1
Haz.04	231300,0	6939000,0	210039	6511,2	81033	2512,0	194182	6019,6
Tem.04	233745,0	7246095,0	156101	4839,1	63621	1972,3	141685	4392,2
Ağu.04	221187,0	6856797,0	107029	3317,9	56880	1763,3	107929	3345,8
Eyl.04	228460,0	6853800,0	94854	2940,5	45038	1396,2	88591	2746,3
Eki.04	241648,0	7491088,0	99591	3087,3	45249	1402,7	94657	2934,4
Kas.04	252380,0	7571400,0	161560	5008,4	66124	2049,8	145415	4507,9
Ortalama	231606,1	7050773,6	129198,5	4005,2	55582,2	1723,0	121872,8	3778,1
Maksim.	253577,0	7571400,0	210039,0	6511,2	85605,0	2653,8	194182,0	6019,6
Minimum	199873,0	5996190,0	39131,0	1213,1	27498,0	852,4	44421,0	1377,1

Tesisin ilk yatırım ve yıllık ortalama değerler üzerinden genel işletme verileri Çizelge 5.47 de, birim işletme maliyeti değerleri de Çizelge 5.48 de özetlenmiştir.

Çizelge 5.47 Tuzla Arıtma Tesisi İlk Yatırım ve Genel İşletme Verileri

Arıtma Tipi	Kapasite	Ortalama Arıtılan Debi	Deşarj Uzunluğu	Deşarj Derinliği	İlk Yatırım Maliyeti		Personel Sayısı		Atılan Çamur Miktarı	Kimyasal Madde Sarfı
					Tesis	Deniz Deş.	Müh.	İşçi		
	m ³ /gün	m ³ /gün	m	m	(10 ³) \$	(10 ³) \$	kişi	kişi	ton/ay	ton/ay
Biyolojik Arıtma Tesisi	225000	231606	2203,0	46,0	131055	42030	8	71	2940	2,32

Çizelge 5.48 Tuzla Arıtma Tesisi Birim İşletme Gideri Maliyeti, Birim Elektrik Sarfıyatı Maliyeti ve Birim Toplam İşletme Maliyeti

İşletme Gideri	Elektik Sarfıyatı	Elektik Sarfıyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Gideri	Elektik Sarfıyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Giderinin Birim Maliyeti	Elektrik Sarfıyatının Birim Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
275000	1349638	190299	465299	2462,7	1704,2	4166,9	0,0291	0,0202	0,0493

Atıksuların terfi ettirilirken harcanan elektrik enerjisi tesiste kaydedilen pompa çalışma saatleri ve pompanın debi kapasitesi, günlük basılan ortalama debilerden hesaplanan ortalama çalışma saatleri ile birlikte kıyaslanarak belirlenen çalışma saatleriyle pompaların gücü çarpılıp terfide günlük harcanan elektrik enerjisi hesaplanmış bu değerlerin ortalama aylık tüketimleri yıl üzerinden aylık ortalama hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda terfi için ortalama harcanan elektrik enerjisi 575000 kw-sa/ay olarak bulunmuştur.

Bu halde birim hacim atıksuyu birim yüksekliğe çıkartmak için harcanan enerji değeri ve bu değere ulaştıran parametreler Çizelge 5.49 da özetlendiği gibi olacaktır. Tesisin sadece arıtma ünitelerinin birim hacim arıtılan atıksu başına ve birim giderilen kirletici yükler başına sarf ettiği elektrik enerjisi Çizelge 5.50 de, terfi dahil tesisin toplam elektrik sarfıyatı üzerinden birim hacim arıtılan atıksu başına ve birim giderilen kirletici yükler başına sarf ettiği elektrik

enerjisi Çizelge 5.51 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.49 Tuzla Arıtma Tesisi Terfi Merkezinin Birim Elektrik Sarfıyatı

Aylık Ortalama Debi	Aylık Ortalama Elek. Tüket.	Toplam Terfi Yüksekliği	Birim Terfi Yüksekliğinin Birim Sarfı
m ³ /ay	kw-sa/ay	m	Watt-sa/ 1m ³ su-1 m
7050775	575000	17,8	4,582

Çizelge 5.50 Tuzla Arıtma Tesisi Yıllık Ortalama Giderilen Kirleticiler Başına Sadece Arıtma Ünitelerinin (Terfi Hariç) Birim Elektrik Sarfıyatı

Aylık Ortalama Debi	Aylık Ortalama AKM	Aylık Ortalama BOİ ₅	Aylık Ortalama KOİ	Aylık Ortalama Elek. Tüket.	Birim Elektrik Sarfıyatı			
m ³ /ay	ton/ay	ton/ay	ton/ay	kw-sa/ay	w-sa/m ³ -atıksu	Kw-sa/ton-AKM	Kw-sa/ton-BOİ ₅	Kw-sa/ton-KOİ
7050775	4005,2	1723,0	3778,1	774637,7	109,9	193,4	449,6	205,0

Çizelge 5.51 Tuzla Arıtma Tesisi Yıllık Ortalama Giderilen Kirleticiler Başına Toplam Tesisin (Terfi Dahil) Birim Elektrik Sarfıyatı

Aylık Ortalama Debi	Aylık Ortalama AKM	Aylık Ortalama BOİ ₅	Aylık Ortalama KOİ	Aylık Ortalama Elek. Tüket.	Birim Elektrik Sarfıyatı			
m ³ /ay	ton/ay	ton/ay	ton/ay	kw-sa/ay	w-sa/m ³ -atıksu	Kw-sa/ton-AKM	Kw-sa/ton-BOİ ₅	Kw-sa/ton-KOİ
7050775	4005,2	1723,0	3778,1	1349637,7	191,4	337,0	783,3	357,2

Terfi merkezinin arıtma tesisi toplam elektrik enerji tüketimi içersindeki oranı

Ortalama terfi elektrik sarfıyatı : 575.000 kw-sa/ay

Ortalama tesisin toplam elektrik sarfıyatı : 1349638 kw-sa/ay

olduğundan % 42.6 olarak hesaplanır. Toplam elektrik sarfıyatının işletme maliyeti içersindeki oranı;

Toplam işletme maliyeti : 465299 YTL

Toplam elektrik sarfıyatının bedeli : 190299 YTL

Elektrik sarfiyatının toplam işletme maliyetine oranı = $190299/465299 \times 100 = \% 40.9$ olarak hesaplanır.

Terfi maliyeti hariç tesisin elektrik sarfiyatının işletme maliyetine oranı da;

Toplam işletme maliyeti : 384224 YTL

Toplam elektrik sarfiyatının bedeli : 109224 YTL

Elektrik sarfiyatının toplam işletme maliyetine oranı = $109224/384224 \times 100 = \% 28.4$ olarak hesaplanır.

Havuzlara ortalama $23400 \text{ m}^3/\text{sa}$ debide hava verilmektedir. Buradan ortalama hava debisi $Q_{\text{hava}} = 23400 \times 24 = 561600 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak hesaplanır. Tesise gelen ortalama debi $231600 \text{ m}^3/\text{gün}$ olduğundan 1 m^3 atıksuya verilen hava

Birim hava miktarı = $612000/231600 = 2.64 \text{ m}^3\text{-hava} / \text{m}^3\text{-atıksu}$ olarak bulunur.

Çizelge 5.52 Tuzla Arıtma Tesisi'nin (Terfi Dahil) Birim Toplam İşletme Maliyeti

İşletme Gideri	Elektik Sarfiyatı	Elektik Sarfiyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Gideri	Elektik Sarfiyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Giderinin Birim Maliyeti	Elektrik Sarfiyatının Birim Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	$(10^3) \text{ \$}/\text{yıl}$	$(10^3) \text{ \$}/\text{yıl}$	$(10^3) \text{ \$}/\text{yıl}$	$\text{\$/m}^3\text{-atıksu}$	$\text{\$/m}^3\text{-atıksu}$	$\text{\$/m}^3\text{-atıksu}$
275000	1349638	190299	465299	2462,7	1704,2	4166,9	0,0291	0,0202	0,0493

Çizelge 5.53 Tuzla Arıtma Tesisi'nin Arıtma Ünitelerinin(Terfi Hariç) Birim İşletme Maliyeti

İşletme Gideri	Elektik Sarfiyatı	Elektik Sarfiyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Gideri	Elektik Sarfiyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Giderinin Birim Maliyeti	Elektrik Sarfiyatının Birim Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	$(10^3) \text{ \$}/\text{yıl}$	$(10^3) \text{ \$}/\text{yıl}$	$(10^3) \text{ \$}/\text{yıl}$	$\text{\$/m}^3\text{-atıksu}$	$\text{\$/m}^3\text{-atıksu}$	$\text{\$/m}^3\text{-atıksu}$
275000	774638	109224	384224	2462,7	978,1	3440,8	0,0291	0,0116	0,0407

Tesisin birim elektrik sarfiyatı özet tablosu Çizelge 5.54 de, terfi dahil ve terfi hariç birim maliyeti özet tablosu ise Çizelge 5.55 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.54 Tuzla Arıtma Tesisi Birim İşletme Maliyeti Özet Tablosu

Ortalama Arıtılan Debi	Terfi Hariç Elektrik Sarfıyatı	Terfi Dahil Elektrik Sarfıyatı	Aylık Giderilen Ortalama BOİ ₅	Terfi Hariç Birim Elektrik Sarfıyatı		Terfi Dahil Birim Elektrik Sarfıyatı	
				Arıtılan Birim Hacim Atıksu	Giderilen Birim Miktar BOİ ₅	Arıtılan Birim Hacim Atıksu	Giderilen Birim Miktar BOİ ₅
m ³ /ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	ton/ay	watt-sa/m ³	Kw-sa/ton-BOİ ₅	watt-sa/m ³	Kw-sa/ton-BOİ ₅
7050773,6	774638	898866	1723,0	109,9	449,6	127,5	521,7

Çizelge 5.55 Tuzla Arıtma Tesisi Birim İşletme Maliyeti Özet Tablosu

Ortalama Arıtılan Debi	İşletme Gideri (1)	Terfi Dahil Elektrik Sarfıyatı	Terfi Hariç Elektrik Sarfıyatı	Terfi Dahil Elektrik Sarfıyatının Bedeli (2)	Terfi Hariç Elektrik Sarfıyatının Bedeli (3)	Toplam İşletme Maliyeti (1+2)	Toplam İşletme Maliyeti (1+3)	Birim İşletme Maliyeti (1+2)	Birim İşletme Maliyeti (1+3)
m ³ /gün	(10 ³) \$/yıl	kw-sa/ay	kw-sa/ay	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
231606	2462,7	1349638	774638	1704,2	978,1	4166,9	3440,8	0,0493	0,0407

5.6 İncelenen Arıtma Tesislerinin Genel Değerlendirilmesi

Tez kapsamında incelenen ve araştırılan arıtma tesislerinin genel bir değerlendirmesi aşağıda verilmiştir.

Atıksu kanalizasyon hatları cazibeyle çalıştığından akar kotları devamlı düşerek gitmekte bu sebeple atıksu toplayıcı hattının kotu havza içersindeki en düşük kotta bulunan iskanların yerleşim kotundan aşağıda olmalıdır. İstanbul'da deniz sahilinde bina zemin kotları +2.00 m ye kadar inebilen iskan alanları bulunmaktadır. İstanbul oturduğu arazi itibariyle hem Boğazla ayrılmış hem de deniz seviyesi kotuna çok yakın kotlarda yapılaşma olması sebebiyle atıksuların bir yerde toplanması imkansızdır. Anadolu ve Avrupa yakasının atıksuları Boğaz'a yakın bir yerde toplanıp belirlenecek olan uygun arıtma kademelerinden geçirildikten sonra denize deşarj eden iki adet arıtma tesisi düşünülebilir. Ancak yerleşimlerin dağınık olmasından dolayı Marmara Denizi sahilinden ve Boğazdan getirilecek ana kolletörler yeri belirlenecek olan bir adet arıtma tesisine çok uzak bir mesafede olacaktır. Bu da önemli toplam terfi yüksekliklerinin gerektireceğinden birden fazla tesis yapılmasından çok daha pahalıya mal olacaktır. İstanbul'un topoğrafik yapısı ve dağınık yoğun yerleşimleri itibariyle atıksuların toplanması ve arıtılması açısından meydana getirdiği hem ekonomik hem de teknik olumsuzlukları şöyle sıralayabiliriz.

- Yukarıda da belirtildiği gibi atıksu kolektörlerinin cazibe ile çalıştığından havzanın atıksuları sahilde toplanmaktadır. Bu durumda sahildeki başlangıç ana atıksu kolektörlerinin akar kotları, İSKİ Kanalizasyon Şartnamesine göre boru üstü toprak kalınlığının 2.7 m olması gerektiği ve sahilde döşenen kolektörlerin minimum çapının Ø 2000 mm olduğu düşünüldüğünde minimum (= 2.0-2.7-2.0 = -2.0 m) -2.0 m olacaktır. (Mevcut sahil kolektörlerinin akar kotları bu kottan daha aşağıdadır.) Kolektör sahil boyunca meskun bölgelerden gelen atıksuyu alacağından hem çapı giderek büyüyecek hem de cazibeyle gitmesi için boruya eğim verildiğinden akar kotu giderek düşeceğinden kolektör akar kotları deniz seviyesinin 5-6 m altından daha da aşağıya düşmektedir. Bu durum deniz suyu basıncı sebebiyle hem kolektörlerin inşası sırasında hem de işletme sırasında teknik ve ekonomik olumsuzluklara sebep olmaktadır. Kolektörlerin döşenmesi esnasında ilave önlemler alma gerekliliğinden zorluklar yaşandığı gibi deniz suyunun kolektörlere girmemesi için ilave önlemler alınacağından ya da özel borular kullanılacağından ilk yatırım maliyetini artırır. İşletme esnasında ise kolektöre deniz suyu girmesi halinde deniz suyunun tuzluluğu sebebiyle biyolojik arıtmadaki aktif çamur prosesi organizmalarının verimlerini düşürebilmektedir.
- Ayrıca kolektör akar kotlarının düşük olması sebebiyle atıksu terfi ettirildiğinden terfiden dolayı önemli bir elektrik sarfıyatı yapılmaktadır.
- Deniz sahili ve Boğaz kenarları iskanla doldurulduğundan kolektörlerin döşenmesi ve arıtma tesislerinin inşası için yeterli uygun alanlar kalmamıştır. İstanbul'da arazi fiyatlarının da pahalı olması sebebiyle yüksek kamulaştırma bedelleri çıkmaktadır.

ASKİ Merkezi Biyolojik Atıksu arıtma tesisi ise tüm Ankara'nın atıksularını toplayarak cazibeyle arıtma tesisine getirdiğinden terfi için elektrik sarfetmemektedir. Ayrıca arıtma çamurlarını anaerobik çürütücülerde stabilize ederek enerji giderinin % 90' ını anaerobik oksidasyon sonucunda açığa çıkan metan gazını elektriğe dönüştürmek suretiyle karşılamaktadır.

İstanbul'daki Mekanik Arıtmaya Müteakip Deniz Deşarjı yapan arıtma sistemlerinin elektrik sarfıyatının ve işletme maliyetinin önemli bir kısmını yukarıda belirttiğimiz sebeplerden dolayı tesis girişinde kolektör akar kotu deniz seviyesi kotundan 5-10 m aşağıda olduğundan atıksuların terfi ettirilmesinden ileri gelen elektrik sarfıyatı oluşturmaktadır.

Tez kapsamında incelenen arıtma tesislerden terfi yapanların birim terfi enerji sarfiyatları Çizelge 5.56 da özetlenmiştir.

Çizelge 5.56 Tesislerde Birim Hacim Atıksuyu Birim Yüksekliğe Çıkartmak İçin Sarf Edilen Enerji Değerlerinin Özet Tablosu

Tesis Adı	Arıtma Tipi	Ortalama Arıtılan Debi	Terfinin Elektrik Sarfiyatı	Terfi Yüksek.	Birim Hacim Atıksuyu Birim Yüksekliğe Çıkarma Elektrik Sarfı
		m ³ /gün	kw-sa/ay	m	watt-sa/lm ³ su-1 m
Yenikapı Arıtma Tesis	Mekanik Arıtma+Den. Deş.	485103	897440	13,6	4,53
Kadıköy Arıtma Tesis	Mekanik Arıtma+Den. Deş.	330806	633300	15,1	4,23
Paşaköy Arıtma Tesis	İleri Biyolojik Arıtma Tesis	1810849	317259	40,3	4,35
Tuzla Arıtma Tesis	Biyolojik Arıtma Tesis+Deniz Deşarjı	7050775	575000	17,8	4,58

Yukarıdaki özet tablodan birim hacim atıksuyu birim yüksekliğe çıkartmak için harcanan elektrik enerjisinin 4.2-4.6 watt-sa/lm³-atıksu-1m olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu tesislerin tamamında kuru tip pompa kullanılmıştır. Bu tesislerden en son inşa edileni Kadıköy Arıtma Tesis olduğu buradan kullanılan pompalar diğerlerine göre daha verimli olacağından terfi pompalarının elektrik tüketim değerleri öngörüsü için 4.2 watt-sa/lm³-atıksu-1m değeri kabulü yapılabilir.

Tez kapsamında incelenen Mekanik Ön Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinin önemli kıyas parametreleri dikkate alınarak karşılaştırılmaları Çizelge 5.57, Çizelge 5.58, Çizelge 5.59 da özet olarak yapılmıştır.

Çizelge 5.57 Mekanik Ön Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinin İlk Yatırım ve Genel İşletme Verilerinin Karşılaştırma Özet Tablosu

Tesis Adı	Arıtma Tipi	Kapasite	Ortalama Arıtılan Debi	Deşarj Uzunluğu	Deşarj Derinliği	İlk Yatırım Maliyeti		Personel Sayısı		Atılan Çöp Miktarı	Atılan Kum Miktarı	Atılan Çöp Miktarı	Atılan Kum Miktarı
						Tesis	Deniz Deş.	Müh.	İşçi				
		m ³ /gün	m ³ /gün	m	m	(10 ³) \$	(10 ³) \$	kişi	kişi	m ³ /ay	m ³ /ay	m ³ /m ³ -atıksu (*10 ⁻⁶)	m ³ /m ³ -atıksu (*10 ⁻⁶)
Yenikapı Arıtma Tesisi	Mekanik Arıtma+Den. Deş.	864000	485103	2*1180	60,0	15100	12510	2	32	149	424	10,24	29,1
Kadıköy Arıtma Tesisi	Mekanik Arıtma+Den. Deş.	625000	330806	2280,0	51,5	43050	19340	2	22	78	54	7,86	5,44

Mekanik Arıtmaya Müteakip Deniz Deşarjı Sistemleri Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemleri'ne göre çok daha az mekanik ekipman bulunduğu ve yetişmiş eleman gerektirecek bir proses bulunmadığından büyük kapasiteli terfi pompaları da yoksa mühendis çalıştırmadan işletilebilir. Ancak atıksuların terfi ettirilmesinin gerektiği büyük kapasiteli tesislerde 1 veya 2 tane tecrübeli mühendisin çalıştırılması gerekecektir. 350.000 –500.000 m³/gün arasındaki debiyi mekanik arıtmadan geçiren ve bu debiyi yaklaşık 15 m yüksekliğe çıkarabilecek kapasitedeki terfi pompalarının bulunduğu arıtma tesisinin işletilmesinde 2 si mühendis olmak üzere toplam 24-34 kişilik personel yeterli olmaktadır.

Çizelge 5.58 Mekanik Ön Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinin Birim Elektrik Sarfiyatlarının Karşılaştırma Özet Tablosu

Tesis Adı	Arıtma Tipi	Ortalama Arıtılan Debi	Terfinin Elektrik Sarfiyatı (1)	KKB Dahil MAK'nın Elektrik Sarfiyatı (2)	Sadece MAK'nın Elektrik Sarfiyatı (3)	Toplam Elektrik Sarfiyatı (1+2+3)	KKB Dahil MAK'nın Birim Elektrik Sarfiyatı (2)	Sadece MAK'nın Birim Elektrik Sarfiyatı (3)	Tesisin Toplam Birim Elektrik Sarfiyatı (1+2+3)
		m ³ /ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	kw-sa/ay	watt-sa/m ³	watt-sa/m ³	watt-sa/m ³
Yenikapı Arıtma Tes.	Mekanik Arıtma+Den. Deş.	14800000	897440,0	111400,0	52600,0	1008840	7,5	3,6	68,2
Kadıköy Arıtma Tesisi	Mekanik Arıtma+Den. Deş.	10098120	633300,0	263350,0	37460,0	896650	26,1	3,7	88,8

Kaba ızgara, ince ızgara ve havalandırılmalı kum tutucu düzeneklerinden oluşan mekanik arıtma kısmının birim elektrik sarfiyatının 3.7 watt-sa/m³ olduğu çizelgeden çıkartılabilir.

Kadıköy Arıtma Tesisi'nde koku giderici oksidan olarak ozonun kullanıldığı, ozon üretiminin ozon jeneratörlerinden sağlandığı sıcak havalarda (6-7 ay) sürekli diğer zamanlarda aralıklarla çalıştırılan KKB (Koku Kontrol Birimi) bulunmaktadır. Ozon jeneratörünün harcadığı elektrik enerjisi 78560 kw-sa/ay olduğuna göre gaz arıtma birimi hariç koku kontrol biriminin (gaz toplama ekipmanlarının) elektrik sarfiyatı

Koku kontrol birimi dahil mekanik arıtmanın elektrik sarfı : 263350 kw-sa/ay

Ozon jeneratörünün harcadığı elektrik enerjisi : 78560 kw-sa/ay

Mekanik arıtma kısmının elektrik sarfı : 37460 kw-sa/ay

Gaz toplama ekipmanlarının elektrik sarfı : (263350-37460-78560) = 147330 kw-sa/ay

Gaz toplama birimi + mekanik arıtma kısmının birim elektrik sarfiyatı : (147330+37460) = 184790 kw-sa/ay

Gaz toplama birimi + mekanik arıtma kısmının birim elektrik sarfiyatı maliyeti = 0.0019 \$/m³-atıksu

Bu durumda birim işletme maliyeti : 0.0047+0.0019 = 0.0066 \$/m³-atıksu olur.

Çizelge 5.59 Mekanik Ön Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemlerinin Birim İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırma Özet Tablosu

Tesis Adı	Arıtma Tipi	Ortalama Arıtılan Debi	İşletme Gideri (A)	Terfinin Elektik Sarfiyatı Bedeli (B)	KKB Elektik Sarfiyatı Bedeli (C)	MAK'ın Elektik Sarfiyatı Bedeli (D)	Toplam Elektik Sarfiyatı Bedeli (E)	İşletme Giderinin Birim Maliyeti	A+C Birim İşletme Maliyeti	A+D Birim İşletme Maliyeti	A+E Birim İşletme Maliyeti
		m ³ /gün	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
Yenikapı Arıtma Tes.	Mekanik Arıtma+Den. Deş.	485103	770,1	1133,2	140,7	66,4	1273,8	0,0043	0,0051	0,0047	0,0115
Kadıköy Arıtma Tesisi	Mekanik Arıtma+Den. Deş.	330806	573,1	799,7	332,5	47,3	1132,2	0,0047	0,0075	0,0051	0,0141

350.000–500.000 m³/gün arasında debiyi arıtan bir mekanik arıtma tesisinin işletme gideri birim maliyeti 0.0043-0.0047 \$/m³-atıksu ozonla koku giderimi yapan KKB bulunmayan sadece mekanik arıtma yapan bir tesisin toplam işletme maliyeti de 0.0047-0.0051 \$/m³-atıksu arasında olacaktır. Ozonla koku kontrolü yapan mekanik arıtma tesislerinin birim işletme maliyeti 0.0075 \$/m³-atıksu civarında olacaktır. Ozonla koku kontrolü yapan 300.000-500000 m³/gün debide atıksu arıtan mekanik arıtma tesislerinin işletme ve birim işletme maliyeti yaklaşık olarak

Toplam İşletme Maliyeti (\$/ay) = $0.0075 \cdot Q + [4.2 \cdot Q \cdot H \cdot (YTL/kw-sa) \cdot (\$/YTL)]$ (Terfi varsa terfi maliyeti) (5-1)

Birim İşletme Maliyeti (\$/m³) = $0.0075 + [4.2 \cdot H \cdot (YTL/kw-sa) \cdot (\$/YTL)]$ (Terfi varsa terfi maliyeti) (5-2)

Q : Atıksu debisi (m³/ay)

H : Yük kayıpları da dahil terfi yüksekliği (m)

denklemden hesaplanabilir.

Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Tesislerinin çeşitli yönlerden karşılaştırılması aşağıdaki çizelgelerde (Çizelge 5.60, Çizelge 5.61, Çizelge 5.62, Çizelge 5.63 de) özetlenmiştir.

Çizelge 5.60 Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemlerinin İlk Yatırım ve Genel İşletme Verilerinin Karşılaştırma Özet Tablosu

Tesis Adı	Arıtma Tipi	Kapasite	Ortalama Arıtılan Debi	Deşarj Uzunluğu	Deşarj Derinliği	İlk Yatırım Maliyeti		Personel Sayısı		Atılan Çamur Miktarı	Kimyasal Madde Sarfı	Kimyasal Madde Sarfı
						Tesis	Deniz Deş.	Müh.	İşçi			
		m ³ /gün	m ³ /gün	m	m	(10 ³) \$	(10 ³) \$	kişi	kişi	ton/ay	ton/ay	kg-poli./ton kek
Paşaköy Arıtma Tesis	İleri Biyolojik Arıtma Tesis	100000	59381	—	—	44100		9	60	497,10	0,387	0,779
ASKİ Arıtma Tesis	Biyolojik Arıtma Tesis+Anaerobik Çamur Çürütücü	765000	662000	—	—	202400		8	115	9240	7,89	0,854
Tuzla Arıtma Tesis	Biyolojik Arıtma Tesis+Deniz Deşarjı	225000	231606	2280,0	51,5	131055	42030	8	71	2940	2,32	0,789

Aynı kapasitede Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Tesislerindeki ekipmanların çeşitleri ve miktarları, ileri arıtmada eğer gerekli ise ön çökeltme çamurunu yoğunlaştırıcıya basacak pompa haricinde, aynı olacağından, yalnız hava ihtiyacı uzun havalandırılmalı aktif çamur prosesinde, organik karbon giderimi + nitrifikasyon için, konvansiyonel prosese göre fazla olacağından hava üfleme kapasitesi daha yüksek üfleyiciler kullanılacaktır, ekipmanların bakımı için oluşturulacak ekibin de aynı sayı ve kalifiyede olması beklenir. İleri biyolojik arıtma prosesi konvansiyonel aktif çamur prosesinin uzun havalandırılmalı olanı olduğundan proses için ayrıca yetişmiş elemana ihtiyaç duyulmayacaktır. Bu sebeple aynı kapasitedeki

biyolojik ve ileri biyolojik arıtma tesisinin işletilmesi hemen hemen aynı sayıda bir ekiple yapılabilir. Bu sebeple bu tablodan çıkartılacak sonuç biyolojik veya ileri biyolojik atıksu arıtma sistemleri kapasitelerine göre 60.000 m³/gün debili bir tesis 9 u mühendis olmak üzere toplam 70 kişiyle, 230.000 m³/gün debili bir tesis 9 u mühendis toplam 80 kişiyle, 665.000 m³/gün debili bir tesis 9 u mühendis toplam 125 kişiyle işletilebilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere debi 10 katına çıkmasına karşın işletme elemanları sayısı 2 katına bile ulaşmamıştır. Bu sebeple arıtma debisi arttıkça birim işletme maliyeti azalacaktır.

Atılan kek başına kullanılan polielektrolit miktarı yaklaşık 0.80 kg-poli/ton-çamur keki olmaktadır. Tesislerin çamur keki katı madde (KM) yüzdeleri % 25±2 dir. Ortalama değer olarak %25 alınırsa

Kullanılan Poli Dozajı : $0.80/0.25 = 3.2$ kg-poli/ton-KM

olduğu söylenebilir. Çamur arıtımı yapan üç tesiste alınan bilgiler poli dozajının ortalama 3.0 kg-poli/ton-KM olduğu yöndedir. Ancak çamur susuzlaştırma ünitesine gelen çamur yüzdesi en az %3'ün üzerinde olmalıdır. Özet olarak çamur susuzlaştırma ünitelerinde pıhtılaştırma amacıyla kullanılan polielektrolitin dozu 3.0-3.5 kg-poli/ton-KM arasında olmaktadır.

Çizelge 5.61 Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemlerinin İlk Yatırım ve (Terfi Maliyeti ve Gaz Üretimi Hariç) Birim İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırma Özet Tablosu

Tesis Adı	Arıtma Tipi	Ortalama Arıtılan Debi	İşletme Gideri	Elektik Sarfıyatı	Elektik Sarfıyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Gideri	Elektik Sarfıyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Giderinin Birim Maliyeti	Elektik Sarfıyatının Birim Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
		m ³ /gün	YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	YTL/ay	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
Paşaköy Arıtma Tesisi	İleri Biyolojik Arıtma Tesisi	59381	195000	581607	82007	277007	1746,3	734,4	2480,7	0,0806	0,0339	0,1145
ASKİ Arıtma Tesisi	Biyolojik Arıtma Tesisi	662000	340000	2267187	319673	659673	3044,8	2862,7	5907,5	0,0126	0,0118	0,0244
Tuzla Arıtma Tesisi	Biyolojik Arıtma Tesisi+Deniz Deşarjı	231606	275000	774638	109224	384224	2462,7	978,1	3440,8	0,0291	0,0116	0,0407

Biyolojik atıksu arıtma sistemlerinin elektrik sarfiyatının birim maliyeti ortalama 0.0117 $\$/m^3$ -atıksu, ileri biyolojik arıtma tesislerinin elektrik sarfiyatının birim maliyetinin de ortalama 0.034 $\$/m^3$ -atıksu olarak alınabilir. Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Tesislerinin (terfi için harcanan elektriğin maliyeti ile gaz üretimiyle enerji eldesi hesap dışında tutulduğunda) işletme giderinin birim maliyeti 60.000 m^3 /gün debili bir tesisin 0.081 $\$/m^3$ -atıksu, 230.000 m^3 /gün debili bir tesisin 0.029 $\$/m^3$ -atıksu, 665.000 m^3 /gün debili bir tesisin 0.013 $\$/m^3$ -atıksu olacağı düşünülebilir.

Çizelge 5.62 Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemlerinin İlk Yatırım ve Sadece Arıtma Kısımının (Terfi ve Gaz Üretimi Dışta Tutulduğunda) Birim Elektrik Sarfiyatının Karşılaştırma Özet Tablosu

Tesis Adı	Arıtma Tipi	Ortalama Arıtılan Debi	Terfi Hariç Elektik Sarfiyatı	Aylık Giderilen Ortalama BOI ₅	Birim Elektrik Sarfiyatı	
					Arıtılan Birim Hacim Atıksu	Giderilen Birim Miktar BOI ₅
		m^3 /ay	kw-sa/ay	ton/ay	watt-sa/ m^3	Kw-sa/ton-BOI ₅
Paşaköy Arıtma Tesis	İleri Biyolojik Arıtma Tesis	1810850	581607	391,9	321,2	1484,1
ASKİ Arıtma Tesis	Biyolojik Arıtma Tesis+ Anaerobik Çamur Çürütücü	20160073	2267187	4070,9	112,5	556,9
Tuzla Arıtma Tesis	Biyolojik Arıtma Tesis+Deniz Deşarjı	7050773,6	774638	1723,0	109,9	449,6

Biyolojik atıksu arıtma sistemlerinin birim elektrik sarfiyatının ortalama 110 watt/ m^3 -atıksu, 450-550 kw-sa/ton-BOI₅, ileri biyolojik arıtma tesislerinin birim elektrik sarfiyatının da ortalama 320 watt/ m^3 -atıksu 1480 kw-sa/ton-BOI₅ olacağı söylenebilir.

Çizelge 5.63 Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemlerinin İlk Yatırım ve (Terfi Maliyeti ve Gaz Üretimi Dahil) Birim İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırma Özeti Tablosu

Tesis Adı	Arıtma Tipi	Ortalama Arıtılan Debi	İşletme Gideri	Elektik Sarfiyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	İşletme Giderinin Birim Maliyeti	Elektirik Sarfiyatının Birim Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti
		m ³ /gün	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu	\$/m ³ -atıksu
Paşaköy Arıtma Tesisi	İleri Biyolojik Arıtma Tesisi	59381	1746,3	1135,0	2881,3	0,0806	0,0524	0,1329
ASKİ Arıtma Tesisi	Biyolojik Arıtma Tesisi+ Anaerobik Çamur Çürütücü	662000	3044,8	233,8	3278,6	0,0126	0,0010	0,0136
Tuzla Arıtma Tesisi	Biyolojik Arıtma Tesisi+Deniz Deşarjı	231606	2462,7	1704,2	4166,9	0,0291	0,0202	0,0493

Paşaköy İleri Biyolojik Arıtma Tesisi'nde yaklaşık 40 m lik bir terfide birim toplam işletme maliyeti 0.1145 \$/m³-atıksu değerinden 0.1329 \$/m³-atıksu değerine % 16.1 lik bir artış oranı ile yükselmiştir. Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi'nde birim işletme maliyeti 0.0407 \$/m³-atıksu değerinden yaklaşık 18 m lik bir terfi ile % 20.5 artarak 0.0493 \$/m³-atıksu değerine yükselmiştir. ASKİ Biyolojik Arıtma Tesisi'nde ise gazdan elektrik enerjisi üretimiyle birim toplam işletme maliyeti 0.0244 \$/m³-atıksu değerinden % 44.3 azalarak 0.0136 \$/m³-atıksu değerine düşmüştür.

Arıtma tesislerinin toplu halde karşılaştırılması Çizelge 5.64 gösterilmiştir.

Çizelge 5.64 Arıtma Tesislerinin Özet Karşılaştırma Çizelgesi

Tesis Adı	Arıtma Tipi	Kapasite m ³ /gün	Ortalama Arıtılan Debi	Deşarj Uzunlu, Derinli,	Deşarj	İlk Yatırım			Personel		Atılan Çöp Miktarı	Atılan Kum Miktarı	Atılan Çamur Miktarı	Kimyasal Madde Sarfı	İşletme Gideri	Elektik Sarfıyatı	Elektik Sarfıyatının Bedeli	Toplam İşletme Maliyeti	Toplam İşletme Maliyeti	Birim İşletme Maliyeti	Terfi Yüksek.	Birim Atıksuyu Birim Yüksekliğe Çıkarma Elektrik Değ.
						Tesis	Den.	Deş.	kişi	kişi												
Yenikapı Arıtma Tes.	Mekanik Arıtma+Den. Deş.	864000	485103	2*1180	60,0	(10 ³) \$	15100	12510	2	32	149	424	ton/ay	ton/ay	YTL/ay	kw-sa/ay	YTL/ay	(10 ³) \$/yıl	\$/m ³ atıksu	m	13,6	watt-sa/m ³ su- 1 m
Kadıköy Arıtma Tesisi	Mekanik Arıtma+Den. Deş.	622500	330806	2280	51,5	43050	19340	2	22	78	54	ton/ay	ton/ay	86000,0	86000,0	1008840	142246	228246,4	2044,0	0,0115	4,534	
Paşaköy Arıtma Tesisi	İleri Biyolojik Arıtma Tesisi	100000	59381	-	-	44100	-	9	60	-	-	497,1	0,387	195000,0	898866	126740,1	126428	190427,7	1705,3	0,0141	15,1	4,230
ASKİ Arıtma Tesisi	Biyolojik Arıtma Tesisi+ Anaerobik Çamur Çürütücü	765000	662000	-	-	202400	-	8	115	-	-	9240,0	7,89	340000,0	185192(net)	26112,07	366112,1	3278,6	0,0136	-	-	4,347
Tuzla Arıtma Tesisi	Biyolojik Arıtma Tesisi+Deniz Deşarjı	225000	231606	2203	46	131055	42030	8	71	149	424	2940	2,32	275000,0	1349637,7	190298,9	465298,9	4166,856	0,0493	17,8	4,582	

ASKİ Biyolojik Arıtma Tesisinin yapmaması ve gaz üretimi ile elektrik sarfiyatının %90 lık gibi önemli kısmını karşılaması dolayısıyla birim işletme maliyeti yaklaşık 14-15 m terfi yapan İstanbul'daki Mekanik Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemleri'nin (incelenen iki adet tesise göre) neredeyse birim işletme maliyetine düşmüştür.

Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi'nin birim işletme maliyeti, elektrik sarfiyat maliyetinin toplam işletme maliyeti içersinde % 40.9 gibi önemli bir orana sahip olduğundan, şu anda kurulu ancak alıştırma döneminde olan çamur çürütme ünitesinde kararlı işletme koşullarına ulaşıldığında elde edilecek gazın elektriğe dönüşümü ile birim toplam işletme maliyeti önemli oranda azalacaktır. Ancak bu tesisteki kirletici konsantrasyonlarında endüstriyel atıksu deşarjları sebebiyle ani değişimler gözlemlendiğinden işletmede sıkıntılar yaşanmaktadır. İyi bir arıtma veriminin ve gaz eldesinin sağlanabilmesi için tesise gelen atıksuyun karakterindeki değişimlerin uygun aralıklarda kalması temin edilmelidir.

Mekanik Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemleri'nin kapasite üzerinden hem birim ilk yatırım maliyeti hem de birim işletme maliyeti Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemleri'ne göre çok daha ekonomiktir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Terfi pompalarının elektrik tüketim değerleri öngörüsü için 4.2 watt-sa/1m³-atıksu-1m değeri kabulü yapılabilir.

Mekanik Arıtmaya Müteakip Deniz Deşarjı Sistemleri Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Sistemleri'ne göre çok daha az mekanik ekipman bulunduğu ve yetişmiş eleman gerektirecek bir proses bulunmadığından büyük kapasiteli terfi pompaları da yoksa mühendis çalıştırmadan işletilebilir. Ancak atıksuların terfi ettirilmesinin gerektiği büyük kapasiteli tesislerde 1 veya 2 tane tecrübeli mühendisin çalıştırılması gerekecektir. 350.000 –500.000 m³/gün arasındaki debiyi mekanik arıtmadan geçiren ve bu debiyi yaklaşık 15 m yüksekliğe çıkarabilecek kapasitedeki terfi pompalarının bulunduğu arıtma tesisinin işletilmesinde 2 si mühendis olmak üzere toplam 24-34 kişilik personel yeterli olmaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi mekanik ön arıtmaya müteakip derin denizdeşarjı yapan sistemlerde işletme maliyeti elektrik sarfıyatı, işletme personelinin maaş ve sigorta giderleri, tutulan kum ve katı atıkların taşınma maliyetlerinden oluşmaktadır. Elektrik sarfıyatı ise (varsa) atıksuların terfi ettirilmesinden, kokunun ve zehirlenme hadiselerinin engellenmesi için teçhiz edilen KKB (Koku Kontrol Birimi) ekipmanlarının ve MAK (Mekanik Arıtma Kısım) daki ekipmanların çalışmasından ileri gelir.

Kaba ızgara, ince ızgara ve havalandırılmalı kum tutucu düzeneklerinden oluşan mekanik arıtma kısmının birim elektrik sarfıyatının 3.7 watt-sa/m³ olacağı söylenebilir.

350.000–500.000 m³/gün arasında debiyi arıtan bir mekanik arıtma tesisinin işletme gideri birim maliyeti 0.0043-0.0047 \$/m³-atıksu ozonla koku giderimi yapan KKB bulunmayan sadece mekanik arıtma yapan bir tesisin toplam işletme maliyeti de 0.0047-0.0051 \$/m³-atıksu arasında olacaktır. Ozonla koku kontrolü yapan mekanik arıtma tesislerinin birim işletme maliyeti 0.0075 \$/m³-atıksu civarında olacaktır. Ozonla koku kontrolü yapan 300.000-500000 m³/gün debide atıksu arıtan mekanik arıtma tesislerinin işletme ve birim işletme maliyeti yaklaşık olarak

Toplam İşletme Maliyeti (\$/ay) = 0.0075*Q + [4.2*Q*H*(YTL/kw-sa)*(\$/YTL)] (Terfi varsa

terfi maliyeti)

Birim İşletme Maliyeti (\$/m³) = 0.0075 + [4.2*H*(YTL/kw-sa)*(\$/YTL)] (Terfi varsa terfi maliyeti)

Q : Atıksu debisi (m³/ay)

H : Yük kayıpları da dahil terfi yüksekliği (m)

denklemden hesaplanabilir.

Aynı kapasitede Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Tesislerindeki ekipmanların çeşitleri ve miktarları, ileri arıtmada eğer gerekli ise ön çökeltme çamurunu yoğunlaştırıcıya basacak pompa haricinde, aynı olacağından, yalnız hava ihtiyacı uzun havalandırılmalı aktif çamur prosesinde, organik karbon giderimi + nitrifikasyon için, konvansiyonel prosese göre fazla olacağından hava üfleme kapasitesi daha yüksek üfleyiciler kullanılacaktır, ekipmanların bakımı için oluşturulacak ekibin de aynı sayı ve kalifiyede olması beklenir. İleri biyolojik arıtma prosesi konvansiyonel aktif çamur prosesinin uzun havalandırılmalı olanı olduğundan proses için ayrıca yetişmiş elemana ihtiyaç duyulmayacaktır. Bu sebeple aynı kapasitedeki biyolojik ve ileri biyolojik arıtma tesisinin işletilmesi hemen hemen aynı sayıda bir ekiple yapılabilir. Biyolojik veya ileri biyolojik atıksu arıtma sistemleri kapasitelerine göre 60.000 m³/gün debili bir tesis 9 u mühendis olmak üzere toplam 70 kişiyle, 230.000 m³/gün debili bir tesis 9 u mühendis toplam 80 kişiyle, 665.000 m³/gün debili bir tesis 9 u mühendis toplam 125 kişiyle işletilebilmektedir. Buradan da anlaşılabileceği üzere debi 10 katına çıkmasına karşın işletme elemanları sayısı 2 katına bile ulaşmamıştır. Bu sebeple arıtma debisi arttıkça birim işletme maliyeti azalacaktır.

Çamur oluşan ve çamur susuzlaştırma yapan arıtma tesislerinde (3 tanesinde) çamur susuzlaştırma ekipmanına (bant filtre veya santrifüj) % 4 KM den daha fazla KM içeren çamurların gönderilmesi halinde yüksek KM oranlı (>%25) bir çamur keki ve düşük konsantrasyonlu bir sentrat suyu çıkışı elde etmek için kullanılması gerekli optimum polielektrolit miktarının ortalama 3 kg-poli/1-ton kuru madde olduğu ortaya çıkmıştır.

Biyolojik atıksu arıtma sistemlerinin elektrik sarfiyatının birim maliyeti ortalama 0.0117 \$/m³-atıksu, ileri biyolojik arıtma tesislerinin elektrik sarfiyatının birim maliyetinin de ortalama 0.034 \$/m³-atıksu olarak alınabilir. Biyolojik ve İleri Biyolojik Arıtma Tesislerinin (terfi için harcanan elektriğin maliyeti ile gaz üretimiyle enerji eldesi hesap dışında tutulduğunda) işletme giderinin birim maliyeti 60.000 m³/gün debili bir tesisin 0.081 \$/m³-

atıksu, 230.000 m³/gün debili bir tesisin 0.029 \$/m³-atıksu, 665.000 m³/gün debili bir tesisin 0.013 \$/m³-atıksu olacağı düşünülebilir.

Biyolojik atıksu arıtma sistemlerinin birim elektrik sarfiyatının ortalama 110 watt/m³-atıksu, 450-550 kw-sa/ton-BOI₅, ileri biyolojik arıtma tesislerinin birim elektrik sarfiyatının da ortalama 320 watt/m³-atıksu 1480 kw-sa/ton-BOI₅ olacağı söylenebilir.

Paşaköy İleri Biyolojik Arıtma Tesisi'nde yaklaşık 40 m lik bir terfide birim toplam işletme maliyeti 0.1145 \$/m³-atıksu değerinden 0.1329 \$/m³-atıksu değerine % 16.1 lik bir artış oranı ile yükselmiştir. Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi'nde birim işletme maliyeti 0.0407 \$/m³-atıksu değerinden yaklaşık 18 m lik bir terfi ile % 20.5 artarak 0.0493 \$/m³-atıksu değerine yükselmiştir. ASKİ Biyolojik Arıtma Tesisi'nde ise gazdan elektrik enerjisi üretimiyle birim toplam işletme maliyeti 0.0244 \$/m³-atıksu değerinden % 44.3 azalarak 0.0136 \$/m³-atıksu değerine düşmüştür.

ASKİ Biyolojik Arıtma Tesisinin terfi yapmaması ve gaz üretimi ile elektrik sarfiyatının %90 lık gibi önemli kısmını karşılaması dolayısıyla birim işletme maliyeti yaklaşık 14-15 m terfi yapan İstanbul'daki Mekanik Arıtmaya Müteakip Derin Deniz Deşarjı Sistemleri'nin (incelenen iki adet tesise göre) neredeyse birim işletme maliyetine düşmüştür.

Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi'nin birim işletme maliyeti, elektrik sarfiyat maliyetinin toplam işletme maliyeti içersinde % 40.9 gibi önemli bir orana sahip olduğundan, şu anda kurulu ancak alıştırma döneminde olan çamur çürütme ünitesinde kararlı işletme koşullarına ulaşıldığında elde edilecek gazın elektriğe dönüşümü ile birim toplam işletme maliyeti önemli oranda azalacaktır. Ancak bu tesisteki kirletici konsantrasyonlarında endüstriyel atıksu deşarjları sebebiyle ani değişimler gözlemlendiğinden işletmede sıkıntılar yaşanmaktadır. İyi bir arıtma veriminin ve gaz eldesinin sağlanabilmesi için tesise gelen atıksuyun karakterindeki değişimlerin uygun aralıklarda kalması temin edilmelidir.

Yıl boyunca zamanın yaklaşık % 10' nunda alt akım Marmara Denizi'ne geri dönmektedir. Marmara Deniz'inden gelen akıntılar Boğaz çıkışından başlayarak Karadenizin haloklin altı tabakasına yöneldiğinden ve Karadeniz'de haloklin altı ve üstü tabakalar arasında düşey yönde madde alışverişi olmadığından, Marmara Denizi çıkışındaki sınırlı bir bölge dışında Karadeniz üst tabakası su kalitesini etkilememektedir. Bilindiği gibi Karadeniz'in toplam

hacminin % 90'nı oluşturan alt tabaka "anoksik" dir. Marmara Denizi'nin üst tabaka su kalitesi ve trofik durumunun büyük ölçüde Karadeniz'den etkilendiği söylenebilir. (İstanbul Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Master Planı, 1997)

Batı Karadeniz'de kıyıdan itibaren 40-80 km'lik bir bant içinde gelişen siklonik akıntı; Ukrayna, Romanya ve Bulgaristan kıyılarından kaynaklanarak Dinyester ve Tuna gibi nehirlerle gelen atık yükleri Boğaz yolu ile Marmara Denizi'ne taşınmaktadır. Marmara Denizi'nin üst tabakasına taşınan bu akım çeşitli önemli kirletici yükleri içermektedir. (Karbon, besi elementleri, ağır metaller toksik maddeler) Karbon bakımından tüm İstanbul'un atıksuları Marmara Denizi ve Boğaz'a deşarj edilse buradan gelen kirletici yükün ancak % 2 si olacağının hesaplandığı ifade edilmiştir. (İstanbul Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Master Planı, 1997)

1950 li yıllardan beri Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı ile ilgili yapılan araştırma sonuçlarının derlenerek birlikte değerlendirilmesiyle ortaya çıkartılan sonuçları içeren İstanbul Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Master Planı'nda Marmara Denizi'ne ve İstanbul Boğazı'na yapılacak atıksu deşarjlarıyla ilgi öne çıkan önemli bilgiler yukarıda özetlenmiştir. Bilindiği gibi ve tez çalışmalarında ortaya çıkan sonuçların göstergesi olarak Atıksu Arıtma Tesislerinin ilk yatırım ve işletme maliyetleri oldukça yüksektir. Özellikle de ülkemiz gibi gelişmekte olan ve atıksuların arıtma tesislerinin işletilmesi konusunda yetişmiş tecrübeli elemanların az olduğu ülkeler için ekonomik yükümlülüğü fazla olan bir tercihtir. İstanbul gibi arazinin kısıtlı ve pahalı olduğu metropol şehirlerde arıtma çamurlarının nihai bertarafı önemli sıkıntılar doğurmaktadır. Tüm bu koşullar göz önüne alındığında; Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nın zamanın çok az bir kısmında alt ve üst akımın blokajından dolayı Karadeniz'e giden akımın Marmara Denizi'ne geri dönmesi, alt akıma deşarj edilecek atıksuların yenilenme süresi 500-2000 yıl olan ve çok uzun yıllardan beri toplam hacmin % 90'ında anoksik koşulların hakim olduğu Karadeniz'in alt akımına gitmesi, deşarj edilecek atıksu ile verilecek kirletici yükün şu an için önüne geçilemeyen Tuna ve Dinyester Irmaklarında gelen kirletici yükler yanında çok az bir orana sahip olması, arıtma çamurlarının verilebileceği düzenli depolama alanlarının kısıtlı olması; alt akıma yapılacak atıksu deşarjları şu aşamada doğru bir tercih olacaktır.

İstanbul'daki Mekanik Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı sistemlerinin elektrik tüketim maliyetinin çok önemli bir oranını terfiden kaynaklanan elektrik sarfiyatı teşkil etmektedir. İyi bir

seyrelme oranını elde edilebildiği deniz deşarjı sistemleri gerek ilk yatırım maliyetleri gerekse işletme maliyetleri bakımından oldukça ekonomik görünmektedir. Ancak deşarj sonrası deniz ortamında ve canlılarda meydana getireceği etkileri sürekli izlenerek takip edilmelidir. Deşarj öncesi ağır metallerin, toksik maddelerin ve pestisitlerin atıksudan ayrılması ya da atıksuya hiç karıştırılmadan kaynağında kontrolü sağlanmalıdır. Bununla birlikte izleme çalışmalarından elde edilecek bilgiler doğrultusunda birincil (mekanik arıtmaya ilave ilk çöktürme havuzları) arıtma kademesinden başlanmak üzere arıtma üniteleri planlanmalı, çamur arıtma ve uzaklaştırma alternatiflerinin fizibilite çalışmaları yapılmalıdır.

Paşaköy Arıtma Tesisi içme suyu temin rezervinin havzasında bulunan yerleşimlerin atıksuyunu içme suyu rezervinin korunması için gerekli olarak ileri biyolojik arıtmaya tabi tutmaktadır. Bu tesiste nitrifikasyon için de artı oksijen verilmesi gerektiğinden sadece organik karbon giderimi yapan biyolojik arıtma tesislerinden biyolojik arıtma ünitesi olarak daha fazla elektrik tüketmekte olduğundan ve terfi yüksekliğinin fazla olmasından dolayı birim işletme maliyeti oldukça yüksek çıkmıştır. İleri biyolojik arıtma sistemlerinde (Nütrient gideren sistemler) çamur bekletme süresinin fazla olması sebebiyle içsel solunumla organik kısmın önemli miktarı okside olduğundan çamurun anaerobik çürütülmesinden elde edilecek gaz miktarı sadece karbon giderimi yapan aktif çamur prosesi atık çamurlarının çürütülmesiyle açığa çıkacak olan metandan daha az olacaktır.

KAYNAKLAR

ASKİ. Merkezi Biyolojik Arıtma Tesisi laboratuvar değerleri ve diğer dökümanlar.

İstanbul Atıksu Arıtma ve Uzaklaştırma Master Planı, (1997)

İSKİ Tuzla Biyolojik Arıtma Tesisi laboratuvar değerleri ve diğer dökümanlar.

İSKİ Paşaköy İleri Biyolojik Arıtma Tesisi laboratuvar değerleri ve diğer dökümanlar.

İSKİ Kadıköy Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemi işletme kayıt bilgileri ve diğer dökümanlar.

İSKİ Yenikapı Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemi işletme kayıt bilgileri ve diğer dökümanlar.

İSKİ Atıksu Kanalizasyon Şartnamesi

Muslu ,Y. , (1996) , Atıksuların Arıtılması Cilt1,

Öztürk , İ., (1996) , Atıksu Ön Arıtma ve Deniz Deşarjı Sistemleri ,

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi 07.11.1978

Doğum Yeri UŞAK

Lise 1992-1995 UŞAK Lisesi

Lisans 1996-2000 İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2002-Devam Ediyor Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı kurumlar 2000-Devam Ediyor İstanbul Büyükşehir Belediyesi İ.S.K.İ
Plan Proje Daire Bşk.ğı Kanal Proje Md.
Proje Kontrol Mühendisliği