T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATIKSUARITIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖMER KILINÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Bölümü

Temmuz - 2017

KONYA

Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

YÜKSEK LİSANSTEZİ

ATIKSU ARITIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ömer KILINÇ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN

2017, 90 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN
Prof. Dr. Şükrü DURSUN
Yrd. Doç. Ertuğrul ESMERAY

Büyükşehirlerde hızla artan nüfusla orantılı olarak atıksu arıtma tesislerinin sayısı da artmaktadır. 2003 yılında atıksu arıtma tesisi ile hizmet edilen nüfusun belediye nüfusuna oranı %36 iken. 2017 yılında bu oran %85'e yükselmiştir. Ayrıca atıksu karakterini, tesisin bulunduğu coğrafi bölgenin özellikleri, arazi yapısı, sosyo-ekonomik durum ve sanayi bölgesine yakınlık durumu gibi faktörler etkilemektedir. Dolayısıyla atıksu karakterizasyonu ve atıksu arıtımının enerji maliyetleri değişiklik göstermektedir. Bu değişkenler dolayısıyla arıtma tesislerinin projelendirilmesi ve ekipman seçimlerinde optimum seçim yapılamamaktadır.

Bu tez çalışmasında; Ankara ili, Pursaklar İlçesinin bir kısmı ile Akyurt İlçesi ve Esenboğa. Sarayköy bölgeleri ile birlikte bağlı mahalle ve yerleşim yerlerinin atıksularını arıtan, 42.000 m^3/gün kapasiteli ileri biyolojik atıksu arıtma tesisinin mevcut ekipman ve arıtma prosesleri, enerji yönünden detaylı incelenmiştir. Tesiste kullanılan arıtma ekipmanlarının günlük enerji tüketimi 11809 kWh olarak belirlenmiş olup, 2016 yılı aylık ortalama elektrik tüketim maliyeti 75.454,60 TL dir. Enerji sarfiyatını optimum hale getirebilmek amacıyla yüksek enerji kullanımına sahip terfi pompası, basınçlı hava sağlayıcıları gibi ekipmanların alternatiflerinin bulunmasının yanı sıra mevcut tesise anaerobik çürütücü eklenmesi durumu incelenmiş, optimum koşulların sağlanması amaçlanmıştır. Bu çalışma sonucu ekipman alternatifleri ile proses önerilerinin değerlendirilerek mevcut tesiste günlük enerji tüketimindeki değişimler gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, atıksu arıtma verimi gözetilerek alternatif ekipman ve proses önerileri ile tesisin aylık elektrik tüketim maliyetinin yaklaşık 48.000 TL ile 63.000 TL arasında değiştiği görülmektedir. Bu çalışma kapsamında, alternatif ekipmanlar kullanılarak işletilecek arıtma proseslerinin, tesiste enerji tüketimi yönünden yaklaşık %1 ile %48 arasında avantaj sağlayabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tüketimi, Mekanik Ekipman, Arıtma Prosesleri

ABSTRACT

MSTHESIS

EVALUATION OF WASTE WATER TREATMENT IN TERMS OF ENERGY EFFICIENCY

Ömer KILINÇ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY IN MECHANICAL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN

2017, 90 Pages

Jury
Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN
Prof. Dr. Şükrü DURSUN
Asst. Prof. Ertuğrul ESMERAY

As increase of population in metropolises, the number of wastewater treatment plants increases. In 2003 raito of population served by the wastewater treatment plants to the population of the Municipality was 36%, in 2017 this ratio increased to 85. Furthermore the characterization of wastewater differentiate geographical region, land structure, socioeconomic status, and proximity of industrial facilities ect. Therefore characterization of wastewater and wastewater treatment energy costs differs from region to region. Because of these variables, optimization of equipment selection and design of wastewater treatment plants could not be done as required.

In this thesis study; the processes and equipments used in this work were obtained from advanced biological wastewater treatment plant in the Ankara province, part of Pursaklar district and Akyurt, Esenboğa, Sarayköy districts Turkey, with an awerage flow rate 42.000 m^3/day. The wastewater equipments daily energy consumption is 11809 kWh per day in 2016 Monthly energy cost of the plant is 75.454,60 TL. In this research high energy consumed lift pumps, compressed air supplier equipments studied for alternatives and the addition of adding anaerobic digester for optimize the energy consumption. In this reasearch treatment simulation models done with alternative equipments and processes suggestions, and It has been observed which equipment and process will provide the most suitable model.

As a result, it is seen that the monthly electricity consumption cost of the facility has changed between approximately 48.000 TL and 63.000 TL with alternative equipment and process proposal considering wastewater treatment efficiency. In this study, it has been determined that the treatment processes to be operated by using alternative equipments can provide an advantage of between 1% and 48% in terms of energy consumption of the system.

Keywords: . Energy consumption, Mechanical equipment, Treatment processes

ÖNSÖZ

Bu çalışmamda benimle bilgi ve deneyimlerini paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN' a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen arkadaşlarım Çevre Mühendisi Bora BARIN' a ve Çevre Mühendisi Fatih ŞANLITÜRK' e ayrıca yardımlarını esirgemeyen KARAKÖY atıksu arıtma tesisi bünyesinde çalışan tüm personele teşekkürü bir borç bilirim.

Maddi ve manevi desteği ile her zaman yanımda olan kıymetli aileme çok teşekkür ederim.

Ömer KILINÇ

KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **viii**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **6**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **30**

3.1. Karaköy Atıksu Arıtma Tesisi 30

3.2. Tesis Üniteleri ve Akım Şeması 30

3.3. Atıksuyun Tesise Gelişi ve Tesisin Çalışma Prensibi 35

3.4. Arıtma Tesisi Ekipmanlarının Özellikleri ve Enerji Tüketimleri 39

3.4.1. Arıtma Tesisi Ekipmanlarının Özellikleri 39

3.4.2. Tesis Ekipmanları Enerji Tüketimleri 42

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA **45**

4.1. Alternatif Ekipman Çalışmaları 45

4.1.1. Atıksu Arıtımında Terfi İstasyonları ve Pompa Seçimi 45

4.1.2. Atıksu Arıtımında Havalandırma Ekipmanları ve Seçimi 49

4.1.3. Atıksu Arıtımında Çamur Pompaları ve Seçimi 52

4.1.4. Alternatif Proses Anaerobik Çürütücü Enerji Verileri 56

4.1.5.Çamur Stabilizasyonu Anaerobik Çürütme 58

4.2.Alternatif Ekipman ve Proseslerin Enerji Tüketim Değerleri ve Tesisin Toplam Enerji Tüketiminde Gözlemlenen Değişimler 62

4.2.1. Alternatif Terfi Pompalarının Enerji Tüketim Verileri 62

4.2.2. Alternatif Havalandırma Ekipmanlarının Enerji Tüketim Verileri 65

4.2.3. Alternatif Çamur Pompalarının Enerji Tüketim Verileri 68

4.2.4. Alternatif Proses Anaerobik Çürütücü Enerji Verileri 70

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **85**

KAYNAKLAR **87**

ÖZGEÇMİŞ **90**

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A_r	: Hava İhtiyacı	(-)
C_a	: 1 m^3 Havadaki Oksijen Miktarı	(kg)
CO_2	: Karbondioksit	(mg)
E	: Verim	(-)
g	: Gram	(g)
h	: Saat	(h,sa)
Ha	: Hektar	(ha)
Hz	: Hertz	(-)
H_2S	: Hidrojen Sülfür	(mg)
kW	: Kilowatt	(-)
L	: Litre	(L)
MW	: Megawatt	(-)
mg	: Miligram	(mg)
mm	: Milimetre	(mm)
m	: Metre	(m)
m^2	: Metrekare	(-)
m^3	: Metreküp	(-)
ml	: Mililitre	(ml)
N	: Azot	(mg)
O_c	: Oksijen Kapasitesi	(kg)
P	: Fosfor	(mg)
P	: Basınç	(P_a)
pH	: Çözeltideki Hidrojen Konsantrasyonu	(-)
P_x	: Günde Üretilen Net Biyokütle	(kg)
rpm	: Karıştırma Hızı	(-)
s	: Saniye	(s)
S	: Çıkış Madde Konsantrasyonu	(mg)
S_0	: Giriş Madde Konsantrasyonu	(mg)
V	: Hacim	(-)
Q	: Debi	(-)
θ_c	: Çamur Bekleme Süresi	(gün)
W	: Watt	(-)
µs	: Mikrosimens	(-)
€	: Euro	(-)
η	: Oksijen İletim Verimi	(-)
ρ	: Çamur Yoğunluğu	(-)
γ	: Dönüşüm Katsayısı	(g/g)

Kısaltmalar

AD	: Anaerobik Çürütme	(-)
ASKİ	: Ankara Su Kanalizasyon İdaresi	(-)
ANSI	: Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü	(-)
API	: Amerikan Petrol Ensitüsü	(-)
AKM	: Askıda katı Madde	(mg/l)
AC	: Aktif Çamur	(-)
ABR	: Anerobik Akışkan Yataklı Reaktör	(-)
BUSKİ	: Bursa Su Kanalizasyon İdaresi	(-)
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı	(mg/l)
BNR	: Biyolojik Azot Reaktör	(-)
CW	: Yapay Sulak Alan	(-)
ÇO	: Çözünmüş Oksijen	(mg/l)
DOE	: Enerji Bakanlığı (ABD)	(-)
ISO	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu	(-)
KM	: Katı Madde	(mg/l)
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı	(mg/l)
MLSS	: Atıksu Mikroorganizma Konsantrasyonu	(mg/l)
SRT	: Çamur Yaşı	(gün)
SBR	: Ardışık Kesikli Reaktör (Biyolojik Sıralı Sistemler)	(-)
SVI	: Çamur Hacim İndeksi	(ml/g)
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği	(-)
TL	: Türk Lirası	(-)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu	(-)
TF	: Damlatmalı Filtre	(-)
UKM	: Uçucu Katı Madde	(mg/l)
UAC	: Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur	(-)

1. GİRİŞ

Ankara ili, 2016 yılı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçlarına göre, 5.270.575 kişi nüfusuna sahip Türkiye'nin en kalabalık ikinci şehridir (Anonim, 2016b). Çıkışı toplam ortalama 5430 hm^3/yıl akıma sahip olan Ankara ili, ortalama akımı 2900 hm^3/yıl olan Sakarya Nehri, ortalama akımı 2500 hm^3/yıl olan Kızılırmak Nehri ve Konya kapalı havzasının arasında kalmaktadır (Anonim, 2016a). Kentin su kaynakları ise, toplam 8 adet baraj ile karşılanmaktadır. 1,6 milyar m^3 civarı su tutma kapasitesi olan bu barajlar sırasıyla; Çamlıdere, Eğrekkaya, Kurtboğazı, Kavşakkaya, Akyar, Çubuk-2, Kesikköprü ve Elmadağ yer altı barajıdır. Çizelge 1.1'de bu barajların genel özellikleri gösterilmektedir (Açıkgöz ve ark., 2015)

Çizelge 1.1. Ankara İli Su Kaynakları ve Miktarları (Açıkgöz ve ark., 2015).

Su Rezervi	Hizmete Başlama Tarihi	Ankara'ya Temin Ettiği Su Miktar, hm^3/yıl	Azami Su Hacmi, m^3	Doluluk Oranı, %
Kurtboğazı Barajı	1973	60	92.053.000	65
Kavşakkaya Barajı	2007	58	80.835.000	40
Çamlıdere Barajı	1987	142	1.220.150.000	40
Eğrekkaya Barajı	1992	73	112.300.000	75
Akyar Barajı	2000	-	56.000.000	44
Elmadağ – Kargalı Yer Altı Barajı	2014	45	2.500.000	100
Kesikköprü	1996	45	95.000.000	-
Çubuk-2 Barajı	1936	20	22.445.000	59

Ankara ilinde 323 adet mahalle statüsüne geçen belde ve köyün bulunduğu ve bu belde ve köylerin su ihtiyaçlarının bir bölümünün kuyulardan karşılandığı bilinmektedir. Ayrıca kuyulardan verilen su, Ankara ilinin günlük su ihtiyacının % 0,5'ine karşılık gelmektedir. Ankara ili içme suyu barajlarına yıl bazında gelen su miktarları ile ilgili bilgi Çizelge 1.2'de gösterilmektedir (Anonim, 2014).

Çizelge 1.2. Ankara İli İçme Suyu Barajlarına Yıllar İtibariyle Gelen Su Miktarları (1) (Anonim, 2014).

Yıl	Toplam Yağış, m^3
2001	269.511.600
2002	508.167.400
2003	277.169.400
2004	434.587.700
2005	318.264.123
2006	207.165.510
2007	158.180.915

Çizelge 1.2. Ankara İli İçme Suyu Barajlarına Yıllar İtibariyle Gelen Su Miktarları Devamı (2) (Anonim, 2014).

Yıl	Toplam Yağış, m^3
2008	200.948.671
2009	627.656.100
2010	638.059.813
2011	324.211.338
2012	486.014.705
2013	312.010.711
2014	211.133.225
2015	317.291.106

Ankara ili su istatistikleri ile ilgi bilgiler Çizelge 1.3'te, atık istatistikleri ile ilgili bilgiler Çizelge 1.4'te, belediyelerin çevresel harcamaları ile ilgili bilgiler Çizelge 1.5'te ve ilçelere göre belediyelerin çevresel harcamaları ise Çizelge 1.6'da gösterilmektedir (Anonim, 2014).

Çizelge 1.3. Ankara İli Belediye İstatistikleri (Anonim, 2014).

Yıl	Kanalizasyon Şebekesi İle Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Toplam Belediye Nüfusuna Oranı, %	Belediyelerde Kanalizasyon Şebekesinde Deşarj Edilen Atıksu Miktarı, m^3/yıl	Deşarj Edilen Kişi Başına Atıksu Miktarı, litre/kişi-gün	Belediyeler Tarafından Arıtılan Atıksu Miktarı, m^3/yıl	Atıksu Arıtma Tesisi İle Hizmet Verilen Belediye Nüfusunun Belediye Nüfusu İçindeki Payı, %
2004	98	256.999	186	243.546	87
2006	98	226.916	145	209.249	86
2008	99	211.979	135	176.020	82
2010	100	233.902	138	223.537	95
2012	100	349.150	197	337.141	92

Çizelge 1.4. Ankara İli Belediye Atık İstatistikleri (Anonim, 2014).

Yıl	Atık Hizmeti Verilen Belediye Nüfusunun Belediye Nüfusuna Oranı (%)	Belediye Tarafından Ya Da Belediye Adına Toplanan Atık Miktarı (bin ton/yıl)	Kişi Başı Ortalama Belediye Atık Miktarı (kg/kişi-gün)
2004	100	2.189	1,56
2006	99	2.278	1,44
2008	100	2.166	1,37
2010	100	2.002	1,18
2012	100	1.881	1,06

Çizelge 1.5. Ankara İli Belediyelerin Çevresel Harcamaları (Anonim, 2014).

Yıl	Toplam Çevresel Harcamalar, TL	Su Hizmetleri Harcamaları, TL	Atıksu Yönetimi Hizmetleri Harcamaları, TL	Atık Yönetimi Hizmetleri Harcamaları, TL	Diğer Çevresel Harcamalar, TL
2007	1.127.620.922	767.057.448	209.100.260	132.315.348	19.147.866
2008	965.202.731	509.629.992	272.989.346	162.681.418	19.901.975
2009	1.352.102.112	330.520.865	197.840.379	803.959.236	19.781.632
2010	861.376.706	325.266.214	291.244.164	218.358.376	26.507.952
2012	816.905.235	292.189.614	279.293.868	201.715.614	43.706.139

Çizelge 1.6. Ankara İli İlçelere Göre Belediyelerin Çevresel Harcamaları (Anonim, 2014).

	Toplam Çevresel Harcamalar, TL	Su Hizmetleri Harcamaları, TL	Atıksu Yönetimi Hizmetleri Harcamaları, TL
Ankara	816.905.235	292.189.614	279.293.868
Büyükşehir	554.009.636	276.905.552	277.104.084
Akyurt	1.108.231	-	-
Altındağ	26.879.979	-	-
Ayaş	-	-	-
Bala	-	-	-
Beypazarı	5.756.739	2.524.187	-
Çamlıdere	645.982	534.884	-
Çankaya	71.798.980	-	-
Çubuk	2.927.628	-	-
Elmadağ	931.323	-	-
Etimesgut	11.384.544	-	-
Evren	-	-	-
Gölbaşı	-	-	-
Güdül	-	-	-
Haymana	816.800	400.000	104.800
Kalecik	1.365.397	-	-
Kazan	2.489.951	-	-
Keçiören	33.071.928	-	-
Kızılcahamam	5.563.427	1.299.965	1.960.743
Mamak	18.648.582	-	-
Nallıhan	4.614.723	242.185	124.241
Polatlı	17.734.850	10.282.841	-
Pursaklar	2.204.870	-	-
Sincan	21.906.101	-	-
Şereflikoçhisar	-	-	-
Yenimahalle	33.045.564	-	-

Yukarıda bahsedilen çizelge ve istatistiklere göre Türkiye'nin büyükşehirleri arasında ikinci olan Ankara ilinde nüfusun artması ile birlikte yaşam standartlarının değişimi

sonucu belediyelere daha çok iş düşmektedir. Su kullanımı ve kullanım sonucu arıtılan sular ile ilgili belediyelerin çok ciddi bir şekilde çalışma ve harcama yaptığını görmekteyiz. Artan nüfusa oranla şehirde su ihtiyacı artmaktadır. Giriş bölümünde de bahsedilen 8 ayrı barajdan alınan sular, içme suyu arıtma tesislerinde arıtılarak Ankara halkına kullanıma sunulmaktadır. Ankara ili içme suyu arıtma tesisleri ise 6 adet olup Çizelge 1.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 1.7. Ankara İli İçme Suyu Arıtma Tesisleri (ASKİ, 2017).

İçme Suyu Arıtma Tesisi		
Sıra No	**Adı**	**Kapasitesi (m^3/gün)**
1	İvedik İçme Suyu Arıtma Tesisi	1.128.000
2	Pursaklar Suyu Arıtma Tesisi	75.000
3	Kazan Suyu Arıtma Tesisi	30.000
4	Çubuk Suyu Arıtma Tesisi	25.920
5	Polatlı Suyu Arıtma Tesisi	30.000
6	Şereflikoçhisar Suyu Arıtma Tesisi	26.935

Ankara iline 6 adet içme suyu arıtma tesisi bulunmaktadır. İçme suyu tesislerine orantılı olarak kullanıma suyu arıtımının da aynı oranda artmakta olduğunu görmekteyiz. 1994 yılı ile 2001 yılları arası ülkemizde biyolojik arıtma uygulamasının fiziksel arıtma uygulamasına göre daha çok tercih edildiği bilinmekle birlikte, 2001 yılı ve sonrasında ise bu iki arıtım yöntemlerinden ziyade ileri arıtma teknolojisi ile arıtmanın tercih edildiği görülmektedir. Bahsedilen bu üç arıtım günümüze kadar devam etmektedir. Ayrıca 2008 yılı ile birlikte doğal arıtım yöntemlerinin kullanımının başladığı ve günümüze kadar davam ettiği de bilinmektedir. (Yıldız ve ark., 2013).

Bu hususta Ankara ili atıksu arıtma tesisleri 17 adet olup, Çizelge 1.8'de gösterilmektedir.

Çizelge 1.8. Ankara İli Atıksu Arıtma Tesisleri (1) (ASKİ, 2017).

Atıksu Arıtma Tesisi		
Sıra No	**Adı**	**Kapasitesi (m^3/gün)**
1	Tatlar Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi	765.000
2	Karaköy Atıksu Arıtma Tesisi	42.000
3	Çubuk Atıksu Arıtma Tesisi	19.250
4	Kazan Atıksu Arıtma Tesisi	10.289
5	Ayaş Atıksu Arıtma Tesisi	6.500
6	Kalecik Atıksu Arıtma Tesisi	2.500
7	Elmadağ Atıksu Arıtma Tesisi	8.700
8	Lalahan Atıksu Arıtma Tesisi	1.500
9	Hasanoğlan Atıksu Arıtma Tesisi	3.000
10	Turkuaz Atıksu Arıtma Tesisi	5.000
11	Yapracık Güneybatı Atıksu Arıtma Tesisi	5.000

Çizelge 1.8. Ankara İli Atıksu Arıtma Tesisleri Devamı (2) (ASKİ, 2017).

Sıra No	Adı	Kapasitesi ($m^{3/}$gün)
12	Yapracık Kuzeydoğu Atıksu Arıtma Tesisi	5.000
13	Evren Atıksu Arıtma Tesisi	1000
14	Çayırhan Atıksu Arıtma Tesisi	1500
15	Gölbaşı Karagedik Atıksu Arıtma Tesisi	900
16	Paket Atıksu Arıtma Tesisleri	50 - 450
17	Doğal Atıksu Arıtma Tesisleri	20 - 70

Çizelge 1.9. Ankara İli Paket Arıtma Tesisleri.

Sıra No	Paket Atıksu Arıtma Tesisi	Kapasite (m^3/gün)
1	Çamlıdere	450
2	Akkuzulu	250
3	Yukarı Çavundur	150
4	Dempa	150
5	Bezirhane	150
6	Pazar	100
7	Ortaköy Mezarlığı	50

Çizelge 1.10. Ankara İli Doğal Arıtma Tesisleri.

Sıra No	Doğal Atıksu Arıtma Tesisi	Kapasite (m^3/gün)
1	Kazan Orhaniye	70
2	Gölbaşı Dikilitaş	50
3	Kazan – İğmir	20

Bu genel bilgilerden yola çıkılarak Ankara ilinde farklı su karakterine sahip atıksu artıma tesislerinin bulunduğunu ve her biri için ayrı artım teknolojilerinin uygulandığını görmekteyiz. Bu tesisler, ön arıtım (mekanik arıtım), biyolojik arıtım ve çamur arıtımı gibi proses yönünden birbirlerine benzemelerine rağmen, arıtma tesislerinin bulunduğu bölgenin etkenleri ile birlikte aynı ekipman ve proseslerin benzer atıksu arıtma tesisinde kullanılamayacağını, kullanılması durumunda ise arıtma verimimin düşmesine veya istenilen arıtma verimi düzeyinde enerji tüketiminin gereksiz derecede artacağı düşünülmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Atıksu arıtma tesisleri enerjinin korunması konusunda yapılan uygulamalar ve çalışmalar; alternatif ekipman analizleri çalışmaları ve uygulamaları (Özdemir, 2016), anaerobik proses ile biyogaz elde etme ve oluşan gazdan enerji kazanım yolları (Yiğit ve ark., 2011), arıtma çamurlarının kurutulmasında doğal kaynakların kullanımı ve enerjinin korunması (Salihoğlu ve Pınarlı, 2010), arıtma tesisinde güneş tarlası oluşturularak ihtiyaç duyulan enerjinin karşılanması çalışmaları (BUSKİ, 2017), arıtımda giderilen kirletici yükünün enerji tüketimi ile ilişkisi (Azman, 2005) vb. çalışmalar ve uygulamalar sıralanabilir. Enerjinin korunmasına yönelik çalışmalarda alternatif ekipman uygulamaları göze çarpmaktadır. Tesis tüketiminde etkili olan bu ekipmanlar; giriş terfi pompası, havalandırma ekipmanları ve çamurun işletilmesi için kullanılan ekipmanlar v.b. örnekler verilebilmektedir.

Terfi pompası seçiminde dikkat edilecek parametrelerden önce terfi pompasının kullanılmaması durumları incelenmelisi, tesiste suyun cazibe ile akacak eğimli alanlar varsa bu alanlar projelendirilirken dikkate alınması enerji tüketiminde önemli rol oynayacaktır (Balkaya ve Balkaya, 2008; Türkmenler, 2017). Terfi pompası kullanılması gereken tesislerde ise pompa seçiminden önce terfi istasyonunun seçimi önem arz etmektedir. Terfi istasyonları iki tip olup bunlar, ıslak hazneli ve kuru hazneli istasyonlardır. Islak hazneli istasyonlarda seçilebilecek pompalar düşey milli (motoru askıda) ve dalgıç pompalardır. Kuru hazneli istasyonlarda seçilebilecek pompalar kendinden emişli santrifüj pompa ve kuru tip pompalardır. Günümüzde ağırlıklı olarak ıslak tipli istasyonlar seçilmektedir. Bunun nedeni işletme kolaylığıdır. Pompa seçiminde ise şunlara dikkat edilmelidir;

- Pompa istasyonunun yapısı ve yapının boyutları,
- Pompanın montajı,
- Pompanın işi,
- Değişim odası, sabit vinç, ıslatma ve soğutma tesisleri gibi yardımcı ünitelerin yerleştirildiği yerler,
- Elektromanyetik ekipmanların durumları.

Pompa seçiminde planlanmayı yapan kişi, tesiste ileride oluşabilecek olumsuz durumları önceden iyi tespit etmesi gerekmektedir (Koyuncu ve ark., 2013).

Pompalar çalışma ilkelerine göre iki başlık altında incelenir. Bunlar; kinetik enerjili pompalar ve pozitif yer değiştirmeli pompalardır. Kinetik enerjili pompalar radyal akışlı

(genellikle bu tip pompa tercih edilir) pompa, karışık akışlı pompa ve eksenel akışlı pompalardır. Pompa seçiminde suyun debisi, suyu basma yüksekliği, pompanın verimi, pompanın gücü ve kavitasyona dikkat edilmesi gerekmektedir.

Kavitasyon: Sıvı basıncı değerinin buhar basıncı değerinin altına düştüğü anda buharlaşma bölgelerinin oluşmasına denilmektedir. Bu buhar bölgelerinin oluşması ile (buhar cepleri) pompanın kapasitesi düşer ve pompa aşırı titreyerek zarar görür.

Pompalar arıtma tesislerinde, paralel ve seri çalıştırılabilmektedir. Bununla birlikte pompa motorları kademeli veya değişken hızlı motorlar olarak çalıştırılabilirler (Anonim, 2010a).

Pompa tipleri ise; hacimsel pompa ve rotodinamik pompalardır.

Hacimsel pompalar: Pompaların çalışma mantığı, suyun düşük hacimli bölgeden yüksek hacimli bölgeye taşınmasıdır. Doğrusal hareketli (pistonlu, memranlı vb.) ve dönel hareketli (dişli, vidalı, poletli vb.) pompalardır.

Rotodinamik pompalar: Akışkan içerisindeki çark ile suya momentum kazandırılarak hız verilmesi işlemidir. Bu hız basıncın artışına dönüştürülerek suyun taşınması sağlanmış olur. Santrifüj pompalar, karşı akışlı pompalar ve eksenel pompalardır.

Hacimsel ve rotodinamik pompalar incelendiğinde;

Debi: Rotodinamik pompalar çok yüksek debi değerlerine ulaşarak düzgün ve sürekli çalışabilirler. Hacimsel pompalar ise rotodinamik pompalara göre daha düşük debilerde çalışmaktadır. Çok titreşimlidir.

Manometrik yükseklik: Hacimsel pompalar düşük hızlarda ve her debi değerleri için istenilen yükseklik değerleri elde edilerek çok yüksek basınç değerlerine ulaşır. Rotodinamik pompalar ise büyük manometrik yükseklik değerleri ancak çok kademeli ve yüksek hızlı pompalar ile elde edilmektedir.

Dönme hızı ve yol verme: Hacimsel pompalar yol verme sırasında vananın açık olma durumu dikkate alınmalıdır. Dönme hızları 100-100 devir/dakika olup genellikle düşüktür. Rotodinamik pompalar ise yol verme sırasında vananın kapalı olma durumu dikkate alınmalıdır ve dönme hızı 1000 – 3000 devir/dakika olup yüksektir.

Genel verim: Hacimsel pompalarda verim akışkanın cinsine bağlı değildir ve genellikle verimi yüksek olup %85 - 90 oranında değişmektedir. Rotodinamik pompalar ise yüksek verim büyük debilerde ve belirli debi/manometrik yükseklik oranlarında elde edilir.

Sabit dönme hızı için performans: Hacimsel pompalarda debi sabit olup manometrik yüksekliğe bağlı değildir. Rotodinamik pompalarda ise debi, manometrik yükseklik ile değişir.

Sabit Manometrik yükseklik için performans: Hacimsel pompalarda debi, hız değiştirilerek azaltılabilir. Rotodinamik pompalarda ise debi, hız değiştirilerek veya vana kısılarak azaltılabilir.

Sabit debi için performans: Hacimsel pompalarda manometrik yükseklik, debiye bağlı olmaksızın değişebilmektedir. Rotodinamik pompalarda ise manometrik yükseklik, hız değiştirilerek veya vana kısılarak azaltılabilir.

Viskoz sıvılara uygunluk: Hacimsel pompalarda akışkan akıcı olduğu sürece basılabilmektedir. Rotodinamik pompalarda ise akışkanın viskozitesi arttıkça performans düşmektedir.

Süspansiyonlara uygunluk: Rotodinamik pompalar mutlak katı konsantrasyonu %7 olan süspansiyonları özel çarklarla basabilmektedir. Hacimsel pompalar ise özel dizayn ile sıvı sayılabilecek orandaki süspansiyonları basabilmektedir.

İri katı parça içeren sıvılara uygunluk: Rotodinamik pompalar uygun çark formları ile iri katı parçalar taşıyan sıvıları iyi verimlerle basabilmektedir. Hacimsel pompalar ise sınırlı olarak kullanılmakta olup, özel tipler gerekmektedir.

Köpüren sıvılara uygunluk: Hacimsel pompalar doğru tipi seçilmesi ile uygun olmaktadır. Rotodinamik pompalar ise ancak çok düşük hızlarda kullanılabilmektedir.

Yol verme koşulları: Hacimsel pompalar ilk hareket momenti çalışma momentine yakın olup, atalet momentleri büyük olan pompalardır. Bu yüzden ilk hareket için özel önlem gerekmektedir. Rotodinamik pompalar ise ilk hareket momenti düşüktür. Atalet momentleri düşük olup, her türlü motorla direkt olarak çalıştırılabilmektedir.

Bu faktörler göz önüne alındığında rotodinamik pompalar yüksek hızlı, sürekli akış ve titreşimsiz çalışma durumlarından dolayı küçük, hafif ve ucuz olmaları sebebiyle hacimsel pompalara göre daha çok tercih edilir. Hacimsel pompalar rotodinamik pompalara göre daha düşük devirde çalışmalarından dolayı özel yapı gerektirir buna göre hacmi büyük, ağırlığı fazla ve fiyatı olması nedeniyle ikinci tercih edilme nedenidir.

Rotodinamik pompalar işletmesi basit ve kolay olmakla birlikte çok az bakım gerektirirler ve bakım – onarım maliyetleri düşük olması bir diğer tercih edilme

sebepleridir. Hacimsel pompalar rotodinamik pompalara göre işletme, bakım ve onarım için eğitilmiş personele ihtiyaç duyulmakla birlikte bakım-onarım maliyetleri yüksektir. Bu parametreler dikkate alındığında rotodinamik pompaların daha çok tercih edildiği görülmüş, atıksu arıtıma tesislerinde, içme suyu arıtıma tesislerinde ve endüstrilerde birçok çeşit rotodinamik pompaların kullanıldığı saptanmıştır. Atıksu arıtımında terfi merkezlerinde kullanılan rotodinamik pompalar kullanım sıklığına göre dalgıç pompalar, kademeli pompalar, yatay ayrılabilir gövdeli pompalar ve uçtan emilim yapan norm pompalardır. Bu rotodinamik pompalar haricinde atıksu arıtımında terfi istasyonunda kullanılmayan fakat başka uygulamalarda/alanlarda (endüstri vb.) kullanılan rotodinamik pompalar ise çamur pompalar, yangın pompalar, kendinden emişli pompalar, sirkülasyon pompaları, düşey milli pompalar, dik türbin pompalar, ANSI proses pompaları, API proses pompaları, manyetik tahrikli pompalar, salmastrasız pompalar, cryogenic pompalar ve eksenel akışlı pompalardır (Aydoğan, 2013).

Tipik evsel atıksu arıtma tesislerinde hava ihtiyacı, tesislerde yer alan ünitelerden havalandırmalı kum - yağ tutucu ve biyolojik arıtımın gerçekleştiği havalandırma havuzlarında görülmektedir. Artıma tesisi hava ihtiyacının büyük bölümünün kapsadığı havalandırma havuzlarını yani biyolojik arıtımının hava ihtiyacı oranını belirlediğini görmekteyiz. Biyolojik arıtım ise iki prosese ayrılmaktadır. Bunlar, anaerobik ve aerobik proseslerdir. Bu proseslerden havalı olan yani aerobik prosesleri incelediğimizde, bu sistemlerin çözünmüş oksijen varlığında su içerisinde bulunan organik ve inorganik maddelerin ayrışmasını ve kararlı hale dönüşmesini sağlayan mikroorganizmaların yapmış olduğu reaksiyonlar söz konusudur. Bu reaksiyonları gerçekleştiren ve toplu halde bulunan mikroorganizma topluluğuna aktif çamur denilmektedir. Mikroorganizmalar organik maddeleri ayrıştırarak enerji elde eder ve yeni hücre oluşmasını sağlarlar (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

$$\text{Org. Madde} + O_2 + \text{Nütrient} \longrightarrow CO_2 + H_2O + NH_3 + \text{Enerji} \qquad (2.1)$$

Aerobik sistemler iki gruba ayrılır. Bunlar, askıda çoğalan ve tutunarak çoğalan sistemlerdir (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Askıda Çoğalan sistemler;

- ✓ Aktif çamur sistemi
- ✓ Uzun havalandırmalı sistemler
- ✓ Stabilizasyon havuzu
- ✓ Havalandırmalı lagün

Tutunarak çoğalan sistemler;

- ✓ Damlatmalı filtre
- ✓ Biyodisk
- ✓ Arazide arıtma
- ✓ Yapay sulak alan

Yönetmelikler dikkate alındığında istenilen arıtma verimlerine ulaşılması için klasik aktif çamur (AC), uzun havalandırmalı aktif çamur (UAC) ve bunların yanında biyolojik azot giderimi de yapabilecek proses olan (BNR) ön denitrifikasyon sistemleri gibi proseslerin tesisin inşa edilen bölgenin coğrafi - topografik yapısına ve Türkiye deşarj standartları dikkate alınarak seçilmelidir. Ayrıca seçilen prosesin Avrupa Birliği Standartlarının revize edilmesi durumunda kolaylıkla bu değişikliklere cevap verebilecek özellikte olması gerekmektedir (Erdoğan ve ark., 2011). Günümüzde atıksu arıtımında askıda çoğalan sistemlerden aktif çamur, en fazla tercih edilen prosestir. Havalandırma sıvı ve gaz fazlar arasında kütle transferine denilir (Öztürk ve ark., 2005). Bu kütle transferini, sıcaklık, çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve havalandırıcı özellikleri etkiler. Havalandırma yani gaz transferi genellikle gaz fazından sıvı faza doğrudur. Bu transferde kullanılan gaz ise oksijendir. Oksijen en çok atıksuyun biyolojik olarak arıtılması işlemlerinde kullanılır (Öztürk ve ark., 2005).

Atıksuyun havalandırılmasında kullanılan yöntemler ise batık ve yüzeyde olmak üzere iki grupta incelenir (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008). Bunlardan batık sistemler, batık türbin havalandırıcılar, statik tüp karıştırıcılı havalandırıcılar, ince kabarcıklı havalandırıcılar, orta kabarcıklı havalandırıcılar, iri kabarcıklı havalandırıcılar ve jet havalandırıcılardır. Yüzey sistemli havalandırıcılar ise, kaskat tipi havalandırıcılar, dönen fırçalı havalandırıcılar, düşük hızlı türbin havalandırıcılar ve yüksek hızlı flotasyon havalandırıcılardır.

Batık sistemli havalandırıcılar;

1. *Batık türbin havalandırıcılar:* Her tip aktif çamur sistemlerinde kullanılır. Türbin hızları düşük olan sıkıştırılmış enjeksiyon yöntemlerinden oluşur.
2. *Statik tüp karıştırıcılı havalandırıcılar:* Aktif çamur ve aerobik lagünlerde kullanılan sistemlerdir. Tüp içerisine verilen havanın su ile temas etmesi durumunda arıtım için gerekli havayı sağlayan ve vanalardan oluşan tiplerdir.
3. *İnce kabarcıklı havalandırıcılar:* Her tip aktif çamur sistemlerinde kullanılır. Seramik, vitröz veya reçineli geçirgen plaka ve tüpler sayesinde kabarcıklar oluşur.

4. *Orta kabarcıklı havalandırıcılar:* Her tip aktif çamur sistemlerinde kullanılır. Kumaş kaplı ve plastik tüpler ile kabarcıklar oluşturulur.
5. *İri kabarcıklı havalandırıcılar:* Her tip aktif çamur sistemlerinde kullanılır. Nozil, enjektör ve orifisler ile hava oluşturulur.
6. *Jet havalandırıcılar:* Her tip aktif çamur sistemlerinde kullanılır. Basınçlı hava suya pompalanarak oluşur.

Yüzey sistemli havalandırıcılar;

1. *Kaskat tipi havalandırıcılar:* Havalandırma sonrası uygulanan yöntem olup, suyun akışı kaskattan geçerek devam etmesiyle oluşan havalandırma sistemidir.
2. *Dönen fırçalı havalandırıcılar:* Aerobik lagün, oksidasyon havuzu ve kanal havalandırma alanlarında uygulanır. Sıvı içerisinde dönen ve bir şaftın ortasına yerleştirilmiş bıçaklardan oluşan sistemlerdir. Dönme ve bıçakların etkisi ile suya oksijen geçişi sağlanır.
3. *Düşük hızlı türbin havalandırıcılar:* Aerobik lagün ve konvensiyonel aktif çamur sistemlerinde uygulanır. Çapı büyük bir türbinden sıvı damlaları atmosfere püskürtülmesi ile oluşur.
4. *Yüksek hızlı flotasyon havalandırıcılar:* Aerobik lagünler uygulama alanları olup, küçük çaplı sıvı damlacıklarının atmosfere aktarılması ile oluşur.

Gaz transferinde ise 1924 yılı bilim adamları tarafından film teorisi ortaya koyulmuş ve bu teoriye iki film teorisi denilmiştir. iki film teorisi gaz ve sıvı ara kesitinde iki filmin oluşturduğu fiziksel modeldir. Bu model çamur – gaz fazı ve çamur – sıvı fazı arasında gaz moleküllerin geçişinin dayanıklı olmasını sağladığı gözleminin yapıldığı bir modeldir (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008). Atıksu arıtma tesislerinde en çok kullanılan proses olan aktif çamur ünitelerinde oksijen en önemli parametredir. Bunun sebebi ise mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerinin sürdürebilmeleri ve biyolojik reaksiyonlarını gerçekleştirebilmeleridir. Oksijen havuza verildiği andan itibaren havuzda bulunan mikroorganizmalar tarafından hızlı bir şekilde tüketilir. Aktif çamur havuzlarında oksijen, mikroorganizmalarca tüketim hızı, 2 – 7 gr/gün olarak değişir. Oksijen transferi üzerine sıcaklık, çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve diğer etkenler olmak üzere üç adet faktör bulunmaktadır (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu: İçme suyu ile atıksu içerisinde bulunan çözünmüş oksijen değerleri aynı değildir. İçme sularında çözünmüş oksijen yüzdesi %90 - 98 aralığında iken bu değer atıksu arıtma tesislerinde farklıdır. Bunun temel nedeni atıksu içerisinde çok çeşitli çözünmüş halde bulunan maddelerin varlığıdır.

Atıksu arıtma tesislerinde çözünmüş oksijen 1 – 3 mg/l (Eddy ve ark., 2004) aralığında tutulması istenilirken, havuzlarda optimum 2 mg/l değer baz alınır (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008). Bu parametrenin istenilen değerden düşük olması durumunda oluşan aktif çamurun hacmi fazla olması ve kararsız olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle bu parametre şartlar el verdiği sürece istenilen maksimum değere yakın alınarak oluşan çamurun daha kararlı ve hacminin daha az olması hedeflenmektedir (Gürtekin ve Şekerdağ, 2006). Çözünmüş oksijen konsantrasyonun istenilen değerden düşük olması durumunda çamur kabarması gibi istenmeyen durumlar gözlemlenmektedir (Yıldız ve Çekim, 2016).

Sıcaklık: Sıcaklık artışları pH değerinin artmasına ve çözünmüş oksijenin düşmesine sebep olur. Sıcaklık artışı belirli değerlere kadar istenilir. Çünkü hem mikroorganizmaların çoğalmaları hem de hava kabarcığı boyutundaki artışın olmasında etkilidir. Sıcaklık artışı çözünmüş oksijen gradyanını da artırır. Sıcaklık çamur oluşumunda önemli bir parametredir. Mikroorganizma için optimum sıcaklığa yakın sıcaklıklarda çalışıldığında oluşan çamurun hacminin daha az ve çamurun daha kararlı olduğu gözlemlenmiştir. Diğer taraftan bakıldığında istenilen sıcaklık değerinden çok düşük sıcaklıklarda çalışma durumlarında, arıtma sonucu oluşan çamurun floklu olduğu görülmüştür. Kararsız bir yapıda olan arıtma çamurunun hacminin çok yüksek değerlere ulaştığı da gözlemlenmiştir (Gürtekin ve Şekerdağ, 2006). Sıcaklık mikroorganizmaların çalışması için gerekli sıcaklık değerlerin üstüne çıktığında ise çamurda kabarmaların meydana gelmesi durumu söz konusudur (Yıldız ve Çekim, 2016).

Diğer faktörler: Atıksu karakteristiği (içeriği) yani partikül, tuz ve yüzey aktif maddelerin varlığında çözünmüş oksijen üzerinde değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Aynı zamanda karıştırma yoğunluğu ve tankın geometrisi de oksijen üzerine etkisi bulunmaktadır. Karıştırmanın homojen yapılması ayrıca fazla enerji sarfiyatından kaçınmak ve inşaat maliyeti göz önüne alındığında tank geometrisine en uygun tasarım yapılmalıdır. Havuzlarda çökelme olmaması için karıştırıcı ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgiye göre havuz tasarımı yapılırken karıştırıcı ekipmanlar dikkate alınarak yapılması gerekir.

Aktif çamur havuzlarında alınan tedbirler:

- ✓ İhtiyaç duyulan oksijen verilmeli aksi halde oksijenin fazla verilmesi halinde gereksiz enerji sarfiyatı göze çarpmaktadır. Oksijenin az verildiği durumlarda ise mikroorganizmaların ölümü gerçekleşir ve arıtım verimi düşer.

- ✓ Havuzda homojen karışımla ölü noktaları minimuma indirilerek maksimum maksimum mikroorganizma faaliyetlerini elde etme aynı zamanda bu karışım, bölge bölge yumak oluşumlarını engelleme amaçlıdır.
- ✓ İyi çökelen çamur (SVI>100 ml/g) olması istenir. Aktif çamur havuzlarında flok oluşumunun engellenmesi için yüksek türbülans sağlanmalı ve havuz içerisinde en az 15 cm/s akış hızı sağlanmalıdır. Kötü çökelen çamur (SVI<150 ml/g) da ise akış hızı 30 cm/s geçilmemelidir.
- ✓ Gürültü ve koku gibi etkenler azaltılmalıdır.
- ✓ Havalandırma sistemini dikkatli seçilmeli, işletme ve maliyet durumları iyi gözetilmelidir.
- ✓ Havalandırma sistemleri suyun karakteristik özelliğine göre çabuk bozulmayacak tipler seçilmeli ve kimyasallara karşı dayanıklı malzemeler olmalı.
- ✓ Havalandırma körüğü ve motorları en az bakım gerektirecek tipler seçilmelidir.

Çizelge 2.1. 15 ^{0}C ve Çözünmüş Oksijen Değeri 2 mg/l olan Havalandırma Havuzlarında, Havalandırıcı Cihazlarının Oksijen İletme Kapasiteleri (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Havalandırma Sistemi	Verim, E %	Oksijen İletim Hızı, kgO_2/kWh
Kabarcıklı Havalandırma		
İnce Kabarcıklı	10 – 30	0,7 – 1,4
Orta Kabarcıklı	6 – 15	0,6 – 1,0
İri Kabarcıklı	4 - 8	0,3 – 0,9
Türbin Havalandırıcı	-	0,7 – 1,0
Statik Boru Havalandırıcı	7 - 10	1,2 – 1,6
Jet	10 - 25	0,7 – 1,4
Düşük Hızlı Yüzeysel Havalandırma	-	0,7 – 1,3
Yüksek Hızlı Yüzgeçli Havalandırıcı	-	0,7 – 1,3
Kessener Fırçası	-	0,7 – 1,3

1.Basınçlı Havalandırma: Ekipman olarak ikiye ayrılır. Bunlar üfleyici (blower) ve difüzörlerdir. Mekanik havalandırıcılara göre ilk yatırım ve işletme maliyetleri fazladır. Gerekli hava, hava körüğü denilen üfleyici (blower) den sağlanır. Santrifüj ve dönen pozitif yer değiştirmeli olmak üzere iki tipi bulunur.

Basınçlı havalandırmada havuza, çubuk difüzör veya tabana monte edilen disk difüzörler yardımıyla oksijen transferi gerçekleştirilir. Bu havalandırıcıların yerleştirileceği havuzların şekli ise değişkenlik göstermektedir. Genellikle arıtımda dikdörtgen tipli havuzlar tercih edilmektedir. Bu havuzların derinlikleri 2,5 m ile 5 m değişmekte ve bu havuzlarda oksijen yatay borular ile sağlanmaktadır. Havuzda

bölgelerin oluşmaması için havuz köşeleri eğimli yaptırılmalıdır. Çamurun havuzda çökmesini engellemek ve çamur floklarının yüzer halde kalması için 0,5 – 0,1 m^3/m^3saat lik hava iletimi ile havuzda istenilen akış sağlanmalıdır. Havuz derinliğinin artmasını hava miktarı (m^3/m^3saat) ve oksijen miktarı (gO_2/m^3saat) artırır. Böylece kompresörün tükettiği enerji artar ve tüketilen enerji başına düşen oksijen miktarı da artar. Havuzlarda kabarcık boyutuna göre ince, orta ve iri kabarcıklı olmak üzere üç tip kabarcık büyüklüğü söz konusudur (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008). (Çizelge 2.2)

Çizelge 2.2. Havalandırıcıların Tiplerine Göre Çapları (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Havalandırıcılar	**(Samsunlu,2006)**	**(Eroğlu, 2008)**
İnce Kabarcıklı Havalandırma	d< 1,5mm	d< 2 mm
Orta Kabarcıklı Havalandırma	1,5 mm < d < 18 mm	2 mm < d < 8 mm
İri Kabarcıklı Havalandırma	18 mm < d < 120 mm	d> 8 mm

İnce kabarcıklı sistemler (Çizelge 2.3), kabarcık boyutu en küçük olan sistem olmasından dolayı yüzeyi en büyük sistemlerdir. İnce kabarcıklı havalandırıcıların dezavantajı ise tıkanma problemleridir. Bu tıkanma sorunları, atıksuyun yapısı, mikroorganizma flokları, sisteme gelen dış etkenler (toz, kompresörlerden gelen yağ vb.) ve sistemde oluşan paslanmalar neden olmaktadır (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Çizelge 2.3. İnce Kabarcıklı Havalandırmada Elde Edilen Değerler (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Atıksu Arıtma Tesisi	**Optimum**		**Ortalama**	
	Oksijen Transferi $g/Nm^3.m$	Oksijen Verimi kg/kWh	Oksijen Transferi $g/Nm^3.m$	Oksijen Verimi kg/kWh
	10	1,8	8	1,3

Orta kabarcıklı havalandırma sistemleri (Çizelge 2.4), delikli boru ve difüzör plakaları şeklinde imal edilirler. İnce kabarcıklı sistemlere göre tıkanma problemleri biraz daha iyidir. İnce kabarcıklı sistemlere göre temizlenmesi daha kolaydır. Düşük hava basıncı ile temizlenmeleri sağlanabilmektedir. Oksijen transferi ince kabarcıklı sistemlere göre daha düşüktür. Ayrıca inşaat ve bakım masrafları ince kabarcıklı havalandırıcılara göre daha düşüktür (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Çizelge 2.4. Orta Kabarcıklı Havalandırmada Elde Edilen Değerler (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Atıksu Arıtma Tesisi	**Optimum**		**Ortalama**	
	Oksijen Transferi $g/Nm^3.m$	Oksijen Verimi kg/kWh	Oksijen Transferi $g/Nm^3.m$	Oksijen Verimi kg/kWh
	5,5	1,1	4,5	0,8

İri kabarcıklı sistemler (Çizelge 2.5) ise delikli borular, difüzör ve plaka şeklindedir. Tıkanma problemi diğer sistemlere göre en düşük ve işletmesi atıksuyun yapısına bağlı

kalmayan kolay sistemlerdir. Bakım hizmetleri çok azdır. Basınçlı havalandırma ile havuza verilen hava sıcak olduğundan havuzda bakteri faaliyetinin artışı gözlemlenmektedir (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Çizelge 2.5. İri Kabarcıklı Havalandırmada Elde Edilen Değerler (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Atıksu Arıtma Tesisi	**Optimum**		**Ortalama**	
	Oksijen Transferi $g/Nm^3.m$	Oksijen Verimi kg/kWh	Oksijen Transferi $g/Nm^3.m$	Oksijen Verimi kg/kWh
	4,5	0,9	4,0	0,7

2.Mekanik Havalandırma (Çizelge 2.6): Yüzeysel mekanik ekipmanları sayesinde havuzlara (sisteme) oksijen transferi sağlayan tiplerdir. Düşey milli ve yatay milli ekipmanları bulunan havalandırıcılardır.

Yatay milli havalandırıcılar havuz boyuna paralel yetiştirilip havuza 1,6 kg/kWh ile 2,2 kg/kWh aralığında hava vermektedir. Devir sayısına göre düşük devirli (redüktörlü) ve yüksek devirli (redüktörsüz) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu iki gruptan verimli olanı ise yüksek devirli ekipmanlı olan havalandırıcılardır. Bunun nedeni ise daha az enerji sarfiyatıdır. Düşük devirli mekanik ekipmanlı havalandırıcıların ekipmanları redüktör, motor ve havalandırma pervanelerinden oluşmaktadır. Motor devri 1450 d/dk, 40 – 120 d/dk çalışma süresi ve oksijen verimleri 1,3 – 2,0 kgO_2/kWh dir. Yüksek devirli mekanik ekipmanlı havalandırıcıların ekipmanları motor ve havalandırma pervaneleridir. Oksijen verimleri 1,6 – 2,0 kgO_2/kWh dir.

Düşey milli havalandırıcılar havuz merkezine yerleştirilen ve havuza dik inen ekipmanlardır. Bu sistemde havalandırma ilk su yüzeyinde gerçekleşir ve difüzyon yolu ile havuzun derinliklerine iletilir. Çamur çökmesini engellemek için havuz tabanı derinliğinde 0,2 m/s – 0,5 m/s 'lik bir akım sağlanması gerekmektedir. Oksijen verimi hava kabarcığının büyüklüğüne, dönüş sayısına ve ekipmanın dalma derinliğine göre değişir. Atıksu debisi büyük şehirlerin atıksu arıtma tesislerinde 500 – 4000 mm çap arasından seçilir ve 5 – 200 kgO_2/saat transfer miktarı değişmektedir. Düşey milli mekanik havalandırıcılar titreşimi ve gürültüsü yüksek havalandırıcılardır. Diğer dezavantajları ise genellikle açık ortamlarda çalıştığı için hava kabarcıklarının rüzgar ile karışarak etrafa sıçraması ve bu sebepten dolayı sağlık problemleri oluşturmasıdır (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Çizelge 2.6. Mekanik Havalandırıcıların Özellikleri (1) (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Havalandırıcı Tipi	Özelliği	Oksijen Verimliliği kgO_2/kWh	Büyüklük	Tatbikat	Düşünceler
Düşey milli, düşük devirli, radyal akışlı	40-120 devir/dakika (redüktörlü) yüksek hacimde pompalama	1,6-2,3 verimlilik büyüklükle azalmaktadır.	2,2-110 kW havalandırıcı çapı 1,0 – 3,6 m sabit köprü veya platform, dubalı sistem de olabilir.	Aktif çamur, uzun havalandırmalı aktif çamur, aerobik çürütme, havalandırmalı havuzlar. 0,9 – 5,5 m derinlikler için uygun (derinlik havalandırıcı tip ve büyüklüğüne bağlı).	Yatırım maliyeti yüksek, redükter problemleri var.
Düşey milli, yüksek devirli, aksiyal akışlı	750 – 1450 devir/dakika (redüktörsüz) yüksek hacimde pompalama, oksijen transferi püskürtme ve türbülans ile olur.	1,2 – 2,0	0,75-110 kW dubalı sisteme çok uygun, motor, pervane ve yönlendiriciden ibaret.	Özellikle büyük havalandırma havuzları ve havalandırmalı lagünlerde 0,9-4,6m derinlikler için uygun.	Düşük yatırım maliyeti, işletme ve bakım kolaylıkları var.

Çizelge 2.6. Mekanik Havalandırıcıların Özellikleri Devamı (2) (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Havalandırıcı Tipi	Özelliği	Oksijen Verimliliği kgO_2/kWh	Büyüklük	Tatbikat	Düşünceler
Eğik milli, yüksek devirli, hava emişli	750 – 1450 devir/dakika (redüktörsüz) oksijen transferi hava emerek püskürtme ile olur.	1,8 – 2,3	2,2 – 55 kW dubalı sisteme çok uygun, motor, mili hava borusu ve pervaneden ibaret.	Bilhassa oksidasyon hendeklerinde 2,5 – 3,5 m derinlikler için uygun.	Düşük yatırım maliyeti, işletme ve bakım kolaylıkları var.
Yatay milli, düşük devirli, (rotor, fırça)	30 – 60 devir/dakika (redüktörlü)	1,2 – 2,0	2,2 – 55 kW	Bilhassa oksidasyon hendeklerinde 2,5 – 3,5 m derinlikler için uygun.	Büyük açıklıklarda müşkülat var.

3.Saf oksijen sistemi: Hava yerine saf oksijenin verildiği sistemlerdir. Havalandırma sistemlerinden farkı, bu sistemlerde havuz hacminin %90 – 98'ini oksijen iken, havalandırma sistemlerinde %21'ini oluşturur. Bu sebepten dolayı bazı parametreler yüksek seçilebilmektedir. Bu sistemlerde üstü kapalı havuz tipleri seçilebilmektedir. Genellikle endüstriyel atıksu arıtmada kullanılan sistemlerdir. Sistemin en büyük dezavantajı ise havuzda biyolojik arıtım sonucu oluşan CO_2'in atılma zorluğudur. CO_2'in sistemden zor ve geç uzaklaştırılmasından dolayı pH değerinde düşme gözlemlenebilir. pH düşüşüne bağlı olarak nitrifikasyonun olumsuz etkilendiği görülmektedir. Diğer dezavantajı ise oksijen maliyetidir (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008). Havalandırma sistemlerine genel bir bakış yapıldığında, yüzey havalandırıcıların (mekanik) ilk yatırım maliyeti 250.000 € iken kabarcıklı (basınçlı) havalandırıcıların ilk yatırım maliyeti 500.000 – 1.500.000 € arasında değişmektedir. Kabarcıklı havalandırmanın yüzey havalandırıcılara göre oksijen verimi daha yüksek olduğu için enerji gereksinimi daha azdır. Kabarcıklı havalandırıcılarda dikkat edilmesi gereken husus ise havuzda homojen karışım için karıştırıcılar olacağından dolayı ihtiyaç duyulan enerji bu hususa göre hesaplanması gerekmektedir (Geilvoet ve ark., 2010).

Atıksu arıtımda çamur başlı başına ayrı bir bölüm oluşturmaktadır. Arıtma çamurunun tesis için iki önemi bulunmaktadır. Bunlardan birincisi biyolojik havuzlarına geri devir yapılarak arıtımı gerçekleştiren mikroorganizma sayının stabil kalmasını sağlamak. İkincisi ise tesiste oluşan arıtma çamurunun arıtılması ve uzaklaştırılmasını sağlamak. Arıtma çamurunun istenilen ünitelere iletimi ise çamur pompaları ile gerçekleştirilmektedir. Arıtımda sık kullanılan pompalar ise (Şekil 2.1);

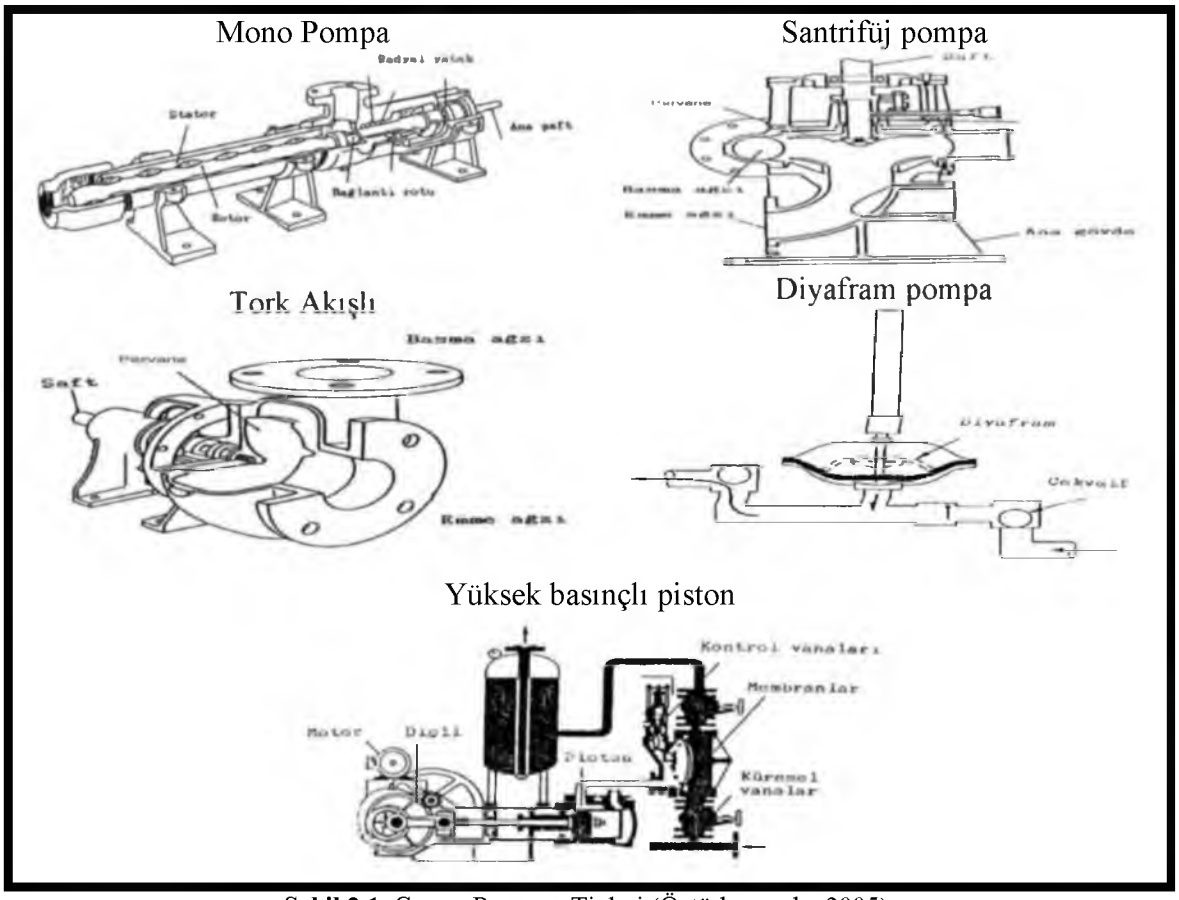
1.Mono pompa: kauçuk esaslı pompalardır. Hemen hemen tüm çamur tiplerinde kullanılabilir. Kauçuk esaslı çift vida ve dişli helezon statoru çalıştıran tek vida dişli rotordan oluşmaktadır. Kuru iken çalışması durumunda kauçuk malzemeden oluşan statorun yanabilme ihtimali yüksektir. Bundan dolayı ıslak tutulması gerekmektedir. 137 m yüksekliğe çamuru iletebilen bu pompaların kapasitesi 75 l/s dir. Ön çökeltim çamurları gibi yapısında kum bulunduran çamur tiplerinde kullanıldığında aşınma oranı yüksektir. Bu sebeple bu tür çamurlar için kullanıldığında işletme ve bakım maliyeti göz önünde tutulmalıdır.

2.Santrifüj pompa: Oluşan arıtma çamurunu tıkanma problemlerinin görülmediği açık fanlı sistem ile ileten pompalardır. En önemli problemleri çamur türlerine göre terfi yüksekliği değişikliğidir. Özellikle ön çökeltim çamurları ve geri devir çamurlarında kullanılır.

3.Diyafram pompalar: İtme ve çekme etkisi ile kavitasyon oluşturularak oluşan arıtma çamurunu bu bölge içine yönlendirilmesini sağlar. Pompanın kapasitesi, diyafram strokunun uzunluğuna, dakikadaki strok sayısına bağlı olarak değişir. Kapasitesi düşük çamur tiplerinde kullanılırlar. En büyük kapasiteli olan türleri ise 14 l/s ve 15 terfi mesafesine sahip türleridir.

4.Yüksek basınçlı piston pompalar: İletilecek çamurun yolunun uzun olduğu tesislerde genellikle bu tür pompalar kullanılır. Kapasitesi yüksek çamurlarda ve basıncın yüksek olduğu ortamlarda uygulanır. Çalışma prensibi dalgıç pompalara benzemektedir. Avantajları ise; tek kademede gerçekleştirilebilme, katı madde muhtevası fazla çamur tiplerinde kullanılabilmeleri, yüksek basınç altında küçük debi iletimidir. Dezavantajları ise pahalı olmalarıdır.

5.Tork akışlı yüksek devirli santrifüj pompalar: İtici gücü çamur içerindeki sıvıdan alan pompalardır. Oldukça etkilidirler. Sıvının çark ile temas etme yüzdesi düşük olduğundan aşınma yüzdeleri düşüktür. Düşük yük ve yüksek yük aralığında değişebilir aralıkta çalışabilirler. Bu noktada değişken ise pompanın hızı olmaktadır. Özellikle geri devir çamurlarda ve çürümüş çamurun iletiminde kullanılır (Öztürk ve ark., 2005).



Şekil 2.1. Çamur Pompası Tipleri (Öztürk ve ark., 2005).

Çizelge 2.7. Çamur Tipleri ve Pompa Seçimi Uygulamaları (1) (Öztürk ve ark., 2005).

Katı Veya Çamur Tipi	Kullanılan Pompa	Yorumlar
Elekte tutulan katı atıklar	Pompalanmaz	Pnömatik ejektör kullanılabilir
Kum	Tork akışlı (yüksek devirli) Santrifüj	Aşındırıcı karakteri ve kumaş vb bulunması pompalamayı zorlaştırır. Sürtünme ve zorlama olabilir. Pnömatik ejektör veya mono pompa da kullanılabilir.
Köpük	Klapeli pompa, Mono pompa Diyafram pompa Açık fanlı santrifüj pompa	Çamur genellikle çamur pompası ile pompalanır. Vanalar, çamur ve köpük haline göre ayarlanır. Büyük sistemlerde ayrı köpük pompaları kullanılır. Pompalamadan önce, homojenleştirmek için köpük karıştırıcı kullanılır. Pnömatik ejektör de kullanılabilir.
Birincil çamur	Klapeli pompa, tork akışlı, mono pompa, santrifüj ve diyafram	Birincil çamurun mümkün olduğu kadar konsantre olması istenir, çamuru toplamak ve yoğunlaştırmak için çamur haznesinde toplanır, daha sonra pompalanır. Ham birincil çamurun özelliği, arıtma sistemi tipine, verimine ve sudaki katı özelliğine göre değişkenlik gösterir.
Biyolojik çamurlar	Birincil çamurun aynısıdır.	Biyolojik arıtmada 1) Atık aktif çamur, 2) Damlatmalı filtre sonrası humus çamuru, 3) Çürütme tankı süzüntü suyu 4) Susuzlaştırma işleminden dönen çamur, çamur özelliğini etkiler.
Kimyasal çöktürme çamuru	Dalgıç, tork akışlı santrifüj, mono pompa, diyafram, yüksek basınçlı piston	Birçok durumda, çamurun özelliği, santrifüj pompa için uygun değildir.

Çizelge 2.7. Çamur Tipleri ve Pompa Seçimi Uygulamaları Devamı (2) (Öztürk ve ark., 2005).

Katı Veya Çamur Tipi	Kullanılan Pompa	Yorumlar
Çürütülmüş çamur	Tıkanmasız ve tork akışlı santrifüj, mono pompa, klapeli ve diyafram pompalar	İyi çürütülmüş çamur homojen olup %5-8 katı madde ve gaz kabarcığı içerir, %12'ye kadar katı içerebilir. İyi çürütülmemiş çamuru kullanmak zordur. Eğer elek ve kum tutucu kullanılmış ise tıkanmasız santrifüj pompa kullanılabilir.
Damlatmalı Filtre humusu	Tıkanmasız ve tork akışlı santrifüj, mono pompa, klapeli ve diyafram pompalar	Çamur genellikle homojen karakterde olup, kolaylıkla pompalanır.
Geri dönüş veya atık aktif çamur	Klapeli, diyafram, yüksek-basınçlı piston, mono pompa, pozitif yer değiştirmeli	Çamur sulu ve ince katıları içerdiğinden tıkanmasız pompalar kullanılabilir. Bu pompalarda floküle partikülleri kırılmasını en aza indirmek için düşük hızlar önerilir.
Yoğunlaştırılmış çamur		Dönüşümlü kullanılan mono pompalar çamur kütlesini hareket ettirebilme özelliğine sahip olduğundan konsantre çamurlar için uygundur. Tork akışlı pompalarda kullanılabilir ancak itici güç veya sulandırma gerekebilir.

Arıtma çamurları arıtma teknolojisi, suyun özellikleri ve işletmeye bağlı olarak % 0,25-12 oranında katı madde içermektedir. Çamur tipleri, ön çökeltim çamurları, kimyasal arıtma sonucu oluşan çamurlar, biyolojik arıtma çamurları ve içme suyu arıtma çamurlarıdır. Ham çamur belirli işlem sırasından geçerek kararlı hale getirilmektedir. Bu işlem sıraları;

- ✓ *Birincil işlem:* Öğütme, karıştırma, depolama ve kum tutmadır.
- ✓ *Yoğunlaştırma:* Döner elekli yoğunlaştırıcı, graviteli yoğunlaştırıcı, flotasyonlu yoğunlaştırıcı, santrifüj ve bantlı yoğunlaştırıcıdır.
- ✓ *Stablizasyon:* Klor oksidasyonu, kireç stabilizasyonu, ısıl işlem, havasız çürütme, havalı çürütme ve kompostlamadır.
- ✓ *Şartlandırma:* Kimyasal şartlama, elutrasyon ve ısıl arıtımdır.
- ✓ *Dezenfeksiyon:* Pastörizasyon ve uzun süreli depolamadır.

- ✓ *Suzuzlaştırma:* Vakum filtre, pres filtre, yatay bant filtre, santrifüj, kurutma yatağı ve lagünlerdir.
- ✓ *Kurutma:* yakma, akışkan yataklı yakma, flaş yakma, katı atıklar ile birlikte yakma, derin şaft reaktörü ve ıslah hava oksidasyonudur.
- ✓ *Nihai uzaklaştırma:* düzenli depolama, arazide bertaraf, tarımda kullanma ve tekrar kullanmadır (Öztürk ve ark., 2015).

Çamur bertaraf sistemleri arıtma tesisinin toplam yatırım maliyetinin %20-30'nu oluşturmaktadır. Bu işlemlerin işletme maliyeti ise arıtma tesisinin %50-70' ini oluşturmaktadır (İrdemez ve ark., 2016). Çamurun karakterine göre değişecek olan bu işlemler göz önüne alındığında bir evsel atıksuyun arıtımı sonucu oluşan çamurun işlenmesinde genellikle arazi uygulamaları (araziye serme) göze çarpmaktadır. Arazi uygulamaları %41 oranında tercih edilirken ileri artım % 12, çöp sahalarında depolama ise %17 dir. Sanayi tipli bir atıksuyun arıtma çamuru ise tehlikesinden dolayı diğer imha edilebilecek tehlikeli atıklar ile birlikte birleşik imha (%40) edilmekte veya yakma (%22) tesislerinde yakılmaktadır (Turosvskıy ve Matmaı, 2006). Yakma, depolama ve komposlaştırma gibi sistemlerin ayrı ayrı kullanılmasından ziyade bu sistemleri bir sistemde toplayarak (entegre) çamurun bertaraf edilebilmesi de mümkündür (Spinosa, 2007). Geçmişte anaerobik uygulamaların KOİ değerinin yüksek (> 5g/l) sularda ve sıcaklığın 35 ^{0}C gibi yüksek değerlere ulaştığında çalışılabileceği varsayımlarında bulunulsa da günümüzde su arıtmı ve çamur atımında tercih edilen sistemlerin başında yer almaktadır. Bu sistemin dezavantajı ise hidrolik yükleme süresi ve H_2S oluşumu ile birlikte gelen koku problemleridir. Teknolojinin gelişmesi ile her tip suya uygulanabilecek olan bu yöntemin oluşabilecek koku problemlerine karşı gaz arıtma yöntemleri ile aşılacağı görülmektedir. Atıksu arıtma çamurunda kullanım sıklığı artan bu arıtma sisteminin diğer sektörlerde dağılımı ise, %76 oranında gıda sektörünün başta geldiği görülmekte bununla birlikte %5 kimya, %11 kağıt, %2 çöp sızıntı suyu arıtmı ve %6 diğerdir. Bu sistemin kullanımında ülkemiz dünyada az kullanan ülkeler arasında olmasına rağmen adet bakımından 16. sırada yer almaktadır (Türker ve Pakmaya, 2008).

Anaerobik stabilizasyon: Organik ve inorganik maddelerin oksijenin yokluğunda parçalanması işlemidir. Havasız çamur çürütücüler yüksek hızlı ve düşük hızlı şeklinde ikiye ayrılır. Birbiri arasındaki fark ise düşük hızlı çürütücülerde karıştırma ekipmanının olmamasıdır. Yüksek hızlı çürütücülerde karıştırıcı ekipmanlarının olmasıyla daha fazla organik yükleme yapılabilmektedir. Böylece bekleme süresi ve tank hacimleri düşük hızlı çürütücülere göre daha az olacaktır. Ayrıca yüksek hızlı çürütücülerde çamur

ısıtılmaktadır (Öztürk ve ark., 2005; Öztürk, 2007). Düşük hızlı çürütücü ve yüksek hızlı çürütücü ile ilgili tasarım bilgileri Çizelge 2.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.8. Metan Gazı Yüzdesi ve Enerji İçeriği (Öztürk ve ark., 2005; Öztürk, 2007).

Biyogaz Tipi	**CH_4, %**	**Enerji İçeriği, kWh/m^3**
Çamur Çürütücü	60 - 70	6 – 7
Havasız Endüstriyel Atıksu Tesisi Gazı	50 - 85	5 – 8,5
Çiftlik Atıklarının Havasız Arıtımından Çıkan Gaz	55 - 75	5,5 – 7,5
Çöp Depolama Sahası Gazı	35 - 55	3,5 – 5,5

Enerji dönüşüm verimi klasik içten yanmalı motorlarda %30, gaz türbinlerinde ise %50 seviyesindedir (Öztürk ve ark., 2005; Öztürk, 2007). İçten yanmalı motorlar 400 kW ile 2 MW aralığında, gaz türbinleri ise içten yanmalı motorlara göre yüksek gaz debisi olan tesislerde uygulanır ve 500 kW ile 10 MW büyüklüğüne sahip boyutlara ulaşabilirler (Akpınar, 2006).

Askıda çoğalan sistemler: Klasik havasız çürütücüler, havasız temas reaktörleri, memranlı havasız reaktörler ve havasız çamur yataklı reaktörlerdir. Klasik havasız çürütücü ile havasız temas reaktörleri arasında tek fark temas reaktörlerinde ayrı bir çöktürme bölgesinin olmasıdır. Bu sebeple daha yüksek çamur yaşlarında çalışabilmektedir. Genellikle iki tip reaktörün en önemli dezavantajı alan sorunudur. Memranlı havasız reaktörler ise atığı küçük olan endüstriyel sular için kullanılmaktadır. Havasız çamur yataklı reaktörlerde ise madde tank tabanından yukarı doğru hareketi ile arıtım gerçekleştirilir. Burada hız 0,5 -3 m/saat aralığındadır. Aşağıdan yukarı doğru iletim sonucu sıvı – katı – gaz ayrımı oluşur bu ayrım net gözlemlendiğinde oluşan biyogaz ortamdan ayrılır. Bu sırada tankın yukarı kısmında oluşan biyokütle de sıvı fazdan ayrılır ve çamur yatağına tekrar döner. Sonuç olarak çıkışta katı madde gözlenmemiş olunur. Atık içerisindeki inorganik maddelerin varlığı granüler çamurun işlevselliğini düşürür. Ayrıca AKM ve yağın artması durumunda köpük oluşumuna ve çamur yatağında kanallanmalara yol açarak işletme problemlerinin çıkmasına neden olur (Öztürk ve ark., 2005; Öztürk, 2007).

Biyofilm sistemleri: Havasız akışkan yataklı reaktörler, havasız filtreler, havasız döner diskler ve perdeli reaktörlerdir. Havasız akışkan yataklı reaktörler 0,1 - 0,6 mm çap aralığında değişen kum, aktif karbon, antrasit gibi ince tanecikli akışkan malzeme üzerinde tutulur. Bu reaktörler yüksek organik yüklemelerde uygulanabilen sistemlerdir. Akışkan yatakta 30000 mg/l gibi yüksek konsantrasyona sahip biyokütle tutulması gerçekleşebilmektedir. Hidrolik bekleme süreleri 1,5 – 3 saat gibi oldukça kısa olan bu

sistemlerin dezavantajı ise yatak akışkanlığının sabit tutulması için geri devir durumunun varlığı ve terfi maliyetinin oldukça yüksek olmasıdır. Havasız filtreler ise, içerisinde filtre malzemesi olan taş ve plastik bulunduran sistemlerdir. Bu malzemeler sayesinde bakterilerin tutunma yüzeyi artmaktadır (Öztürk ve ark., 2005; Öztürk, 2007).

Diğer sistemler: Hibrit filtreler, iki kademeleli reaktörler ve havasız kompost reaktörleridir (Öztürk ve ark., 2005; Öztürk, 2007).

Tek ve iki kademeli işletme arasındaki fark, tek kademeli işletmelerde daha az yatırım maliyetlerinin oluşu, işletme ve kontrol kolaylığı görülürken iki kademeli sistemlerde ise işletme daha hızlı alma, daha kararlı prosesler oluşu, organik katı maddelerin ayrışmasının daha iyi oluşu ve arıtma veriminin daha yüksek oluşudur. Bunun yanında tek kademeli sistemlerin daha uzun sürede işletmeye alma, proseslerinin daha karasız oluşu ve organik yüklemede yük değişimlerinden etkilenmesi gibi problemlerin olduğu görülürken iki kademeli sistemde ise yüksek yatırım maliyeti, kontrol zorluğu ve pH kontrolünün dikkatli yapılması gibi dezavantajlar bulunmaktadır (Öztürk ve ark., 2005; Öztürk, 2007).

Havasız arıtım ile ilgili bunun gibi birçok bilgi verilebilir. Mevcut atıksu arıtma tesisine döndüğümüzde tesiste ön çökeltim havuzunun olmadığı görülmektedir. Ön çökeltim çamuru son çökeltim çamuruna göre enerji içeriği fazla ve daha taze çamurdur (İrdemez ve ark., 2016).

Bu konuda yapılan örnek çalışmalar:

Arıtma tesisi tasarımı ve işletmesinde en önemli rol oynayan $BOİ_5$, UKM ve F/M gibi parametrelerin kullanılarak arıtma tesisi havalandırma havuzu tasarımda literatürlerde geçen aralık değerlerinden gelişi güzel kabullerin yapılması ve bırakılan emniyet katsayıların gereğinden fazla olması durumunda arıtma sonrasında karşılaşılması muhtemel işletme ve enerji tüketim problemleri ile ilgili incelemeler yapılmıştır. Çalışmada farklı kabuller ile birlikte havalandırma havuzları hacimleri hesaplanmış ve ilk yatırım maliyetleri incelenmiştir. Çalışma sonunda suyun karakterine göre optimum parametre ve emniyet kabullerinin yapılarak havalandırma havuzları tasarımında gereksiz büyüklükleri ortadan kaldırılabileceği ve buna bağlı olarak havuz içinde ekipmanların boyut ve performansını olumlu yönde etkileneceği düşünülerek işletme ve enerji tüketiminde %10'luk kazancın sağlanabileceği görülmüştür (Değirmenci ve ark., 2000).

Bunun yanında, arıtma çamurlarının işlenmesindeki zorluklar bilinmektedir. Çamur arıtımında en fazla doğal kaynakların kullanıldığı düşüncesi ile bunu azaltmaya

yönelik örnek bir çalışmada, 1.000.000 m^3/gün kapasiteli Kocaeli 42 Evler atıksu arıtma tesisinin arıtma çamurlarının anaerobik çürütücü ile biyogaz üretme potansiyeli incelenmiştir. Tesiste toplam enerji tüketiminin anaerobik çürütücünün varlığında 316.000 kWh/ay dan 226.000 kWh/ay düşeceği (kazanılan net enerjinin 90.000 kWh/ay olacağı) ve böylece %28,5'lik bir elektrik tasarrufunun yanında hacmi azalan atık çamur için polimer kullanımı ve kamyon sefer sayılarında gözle görülür şekilde azalmaların olacağı belirtilmiştir (Yiğit ve ark., 2011).

Çamur arıtımı için yapılan bir diğer çalışma ise, Adana ilindeki Seyhan atıksu arıtma tesisi mevcut anaerobik çürütücüden 461.430 m^3 gazın üretildiği, üretilen bu gazdan aylık 1.013.881 kWh elektrik enerjisine dönüştüğü söylenmiş ve böylece tesisin %87,30'luk enerjiyi geri kazandığı bilgisi verilmiştir. Bu çalışma ile giderilen yükün artışının enerji tüketimi üzerinde olumlu etki yaptığı tespit edilmiş ve mevcut enerji tüketiminde azalmalar saptanmıştır (Yelmen, 2015).

Farklı tipte atıksu karakterine sahip tesislerin arıtım teknolojisi de göz önünde tutulduğunda, oluşan arıtma çamurlarının anaerobik çürütücü kullanılması durumunda elde edilen gazın farklı hacimlere sahip olacağı konusunda yapılan bir diğer çalışmada ise; ön çöktürme havuzu bulunmayan ve 1'den 5'e kadar numaralanmış 5 farklı tip atıksu arıtma tesisi incelenmiştir. 1 ve 5 numaralı tesislerin azot ve fosfor giderimi yapabilen arıtma teknolojisine sahip olduğu, diğer 2,3 ve 4 numaralı tesislerinin sadece karbon giderimi yapabilen teknolojiye sahip olduğu söylenmektedir. Aynı zamanda 1 ve 5 numaralı tesislerin havalandırma havuzlarında basınçlı havalandırma prensibine dayanan disk tipi difüzör havalandırıcıların kullanıldığı, diğer 2, 3 ve 4 numaralı tesislerin havalandırma havuzları ise mekanik havalandırıcıların kullanıldığı araştırması yapılmıştır. Tesislerde anaerobik çürütücü olduğunda aylık metan gazı üretimi performansına bakılarak sırasıyla 140.099 m^3, 22.779 m^3, 4233 m^3, 12.135 m^3 ve 25.585 m^3 görülmüş buna bağlı olarak (oluşan metan gazının %30'u elektrik enerjisi, %50'si ısı enerjisine dönüştüğü varsayılarak) enerji kazanımının sırasıyla %27, %37, %26, %19 ve %27 olacağı sonucuna varılmıştır (Erşahin ve ark., 2016).

Atıksu arıtımında en önemli faktörlerden biriside işletme koşullarıdır. İşletmede laboratuvar çalışması yerine sezgi ve tecrübelerden faydalanarak yapılan işletme sonucunda enerjinin gereksiz kullanımı noktasında Malatya ili ileri biyolojik arıtma tesisi incelenmiştir (Özdemir, 2016). Bu çalışmada havalandırma havuzlarında yeterli oksijenin tecrübeye dayalı olarak verilmesi ve ayrıca çamur yaşının uzatılması durumunun enerji tüketimi üzerinde negatif etkiler yaptığı konusu bildirilmiştir.

143.000 m^3/gün kapasiteli 720.000 kişi eşdeğer nüfuslu bu tesisin 2015 yılı enerji tüketimi 10.242.566 kWh ve 9.158.601 TL dir. Bu enerji tüketimini azaltmak için terfi pompası, fazla çamur pompası, süzüntü suyu pompası ve geri devir çamur pompası gibi mevcut ekipmanların yerine daha yeni teknolojiye sahip ekipmanların değişimi üzerinde durulmuş, ayrıca havalandırma havuzu difüzör tarlalarının yoğunlaştırılması, güneş enerji santrali gibi doğal kaynaklardan enerjinin geri kazanım alternatifleri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucu mevcut terfi pompasına istinaden 2 adet alternatif düşünülmüş ve 1 m^3 suyun arıtılması için harcanan yeni enerji tüketimi hesabı yapılmıştır. Düşünülen 2 adet alternatif terfi pompasının hesaplamalar sonucu enerji tüketimleri sırasıyla 0,0108 kWh/m^3 ve 0,0036 kWh/m^3 olarak bulunmuştur. Tesiste 11 kW güce sahip fazla çamur pompasının yerine 4 kW güçteki alternatifi düşünüldüğünde yıllık 32.850 kWh enerjinin kazanılacağı belirtilmiştir (Özdemir, 2016).

Atıksuyun karakterizasyonunda önemli rol oynayan AKM, BOİ ve KOİ parametrelerin yüklerinin enerji tüketimi üzerine etkisini inceleyen bir diğer çalışmada ise; bahsedilen bu parametrelerin artışıyla orantılı olarak tesiste enerjinin tüketimi artmakta olduğu fakat birim enerji tüketimi açısından gözle görülür derecede düşüşler gözlemlendiği görülmüştür. Ankara ili merkez atıksu arıtıma tesisi, bu konu üzerine incelenmiş ve şu sonuç çıkarılmıştır: Tesis giriş yükü 326.529 kg KOİ/gün yükü için birim enerji tüketiminin 0,227 kWh olduğu ve bu yükün azaltılması yani 118.982 kg KOİ/gün olması durumunda birim enerji tüketiminin artarak 0,623 kWh olduğu görülmüştür (Azman, 2005).

Atıksu Arıtma çamurları konusunda enerjinin korunmasına yönelik yapılan bir diğer çalışma ise, güneş enerjisi kullanımı ile çamurun kurutulması çalışmasıdır (Salihoğlu ve Pınarlı, 2010). Çalışmada, 2 m x 5 m taban genişliğine sahip dolgu yataklı kurutma yatakları kullanılmıştır. Kullanılan kurutma yatakları, şeffaf polikarbonat örtülü ve beton kaplamadır. Çalışmadaki amaç ise güneş enerjisi potansiyelinden faydalanmaktır. Çamurun kurutulması ile ilgili iki sistem üzerinde çalışılmıştır. Bu iki sistemler, açık ve kapalı sistemlerdir. Uzun havalandırma teknolojisine sahip BUSKİ Doğu Atıksu Arıtma Tesisinin arıtma çamurları incelenmiş, istenilen çıkış değerine ulaşmak için, 45± 3 kW/m^2 bağıntı tespiti ile güneş radyasyonu ihtiyacı hesaplanmıştır. Arıtma çamurlarının içeriğini incelendiğinde iki sonuç ile karşı karşıya kalındığını görülmüştür. Bunlardan ilki çamur içerisindeki serbest suyun varlığı ikincisi ise buharlaşması zor olan suyun varlığıdır. Bu iki özelliklerden dolayı arıtma çamuru, arıtmadan arıtmaya farklılık göstermektedir. Buradan çıkan sonuç, arıtma çamurunun

arıtım prosesi tesisten tesise farklılık göstermesidir. Mekanik çamur arıtımından ziyade doğal arıtımın daha basit bir yöntem olduğunun yanı sıra işletme ve enerji maliyetlerinin de diğer mekanik sistemlere göre düşük olduğudur. Kapalı sistemler, beton zemin altına 16 - 48 mm tane çaplı çakıl ile 50 cm kalınlığında dolgu yatak kullanılan sistemlerdir. Kurutma yatağı içerisinde nem ve sıcak hava döngüsünü sağlamak için fanlar kullanılmaktadır. Açık sistemler kapalı sistemlere göre taban ısıtma ve dolgu yatak kısımlarının olmadığı sistemlerdir. Çamur 25 cm yüksekliğe serilmiş olup, yaz ve kış dönemlerinde iç ve dış ortam sıcaklıkları arasındaki ilişki, yaz ayları için r^2=0,92 ,kış ayları için r^2=0,84 bağıntısı söz konusu olduğu söylenmektedir. Çalışma sonucunda yaz aylarında (Temmuz-Ağustos) açık sistemlerde 26 günlük bir çalışma sonucunda, %23 KM muhtevasına sahip arıtma çamurunun %79 KM değerine ulaştığı, kapalı sistemlerde ise bu oran %91olduğu gözlemlenmiştir. Kış döneminde (Kasım-Aralık) açık sistemlerde 26 günlük bir çalışma sonucunda, %23 KM muhtevasına sahip arıtma çamurunun %17 KM değerine ulaştığı, kapalı sistemlerde ise bu oran %37 olduğu gözlemlenmiştir. Buradan çıkan sonuçla kapalı sistemlerin çamur arıtımında daha iyi olduğu gözlemlenmiş ve ayrıca kış ayında gözle görülebilecek düşüşlerin meydana geldiği ve açık sistemin mevzuata uygun sonuçlar vermediği görülmüştür. Kapalı sistemlerin dezavantajı ise fecal koliform giderimidir. Bu sistemlerin diğer bir dezavantajı ise kurumuş çamurun özel ekipmanlar yardımı ile alınma ihtiyacının olmasıdır (Salihoğlu ve Pınarlı, 2010).

Bursa Büyükşehir Belediyesinin doğal kaynakların verimli kullanılmasına yönelik yapmış olduğu çalışmada, İlin Özülce mevkiinde bulunan 100.000 m^2 alana kurulmuş, 87.500 m^3/gün kapasiteli ileri biyolojik arıtma teknolojisine sahip atıksu tesisinin atıl vaziyette bulunan 4000 m^2 alana 600 adet güneş kollektörleri yerleştirilerek güneş kollektörü sistemi oluşturulmuş ve bu sistemden aylık 23.000 kWh elektrik üretimimin gerçekleştiği görülmüştür. Bu sistemin kurulmasıyla birlikte maliyetinin ise 6,5 yıl içerisinde amorti edebileceği belirtilmiştir (BUSKİ, 2017).

Tesis ekipmanları üzerine yapılan bir diğer çalışma ise, Türkiye atıksu arıtma sektöründe enerji verimliliği (Niğde Pilot Projesi) ile 1 Ocak 2011 tarihinde başlanmış ve yaklaşık 15 ay sürmüştür. 590.000 Euro değerinde olan bu projenin amacı, Niğde Atıksu Arıtma Tesisinin işletme ve enerji verimliliği koşullarının iyileştirilmesidir. Türkiye de arıtma sektöründe enerjinin korunmasına yönelik pilot tesis seçilen bu tesiste, atıksu arıtma tesisinin havalandırma ekipmanlarının bir kısmının değiştirilmesi ayrıca havalandırma havuzlarına ve anaerobik çamur stabilizasyonu tanklarına

fonksiyonel oksijen ölçüm cihazları ve kontrol sistemleri yerleştirilerek enerjinin korunması hedeflenmiştir (Niğde, 2017).

Evsel nitelikli arıtma çamurlarının stabilizasyonu ile ilgili bir diğer çalışma ise, İstanbul ilinin arıtma çamurlarının büyük bir kısmının Şile İlçesinde bulunan Kömürcüoda düzenli depolama sahasına getirilerek burada stabilizasyonuna yönelik yapılan çalışmaların arasında çamur alkali stabilizasyon sistemi kullanılmıştır. Bu sistem elektrik enerjisini kullanmadan sönmemiş kireç ile çamurun pH derecesinin 12 ve daha yukarı çıkarılması işlemi ile çamur içerisinde bulunan zararlı mikroorganizmalara istenmeyen ortamların oluşturulması işlemidir. Mikroorganizmaların reaksiyona girmesi ile sıcaklığın 70 ^{0}C ve üzerine gelmesi ile çamurun stabilizasyonu sağlanmaktadır. %22 katı madde muhtevasına sahip çamurlar için çalışan bir sistem olduğu belirtilmiştir. Bu yöntemler ile enerjinin korunması sağlanmış olmakla birlikte işletme ve maliyet açısından verimli olmadığı görülmüştür (Yıldız ve ark., 2009).

Atıksu arıtmada yapılan bir çalışmada ise, aerobik arıtım ile anaerobik arıtımın kıyaslanması ile birlikte enerji kullanım durumlarına göre termodinamik bir analiz yapılmıştır. Bu çalışmada anaerobik arıtımın aerobik arıtmaya göre daha sürdürülebilir olduğu belirtilmektedir. Çalışmada damlatmalı filtre (TF-Triclin Filter) ile yapılan arıtım, anerobik akışkan yataklı reaktör (ABR-Anaerobic Baffled Reactor) kullanılarak yapılan arıtım, (TF+ABR) damlatmalı filtre ve akışkan yataklı reaktörün birlikte kullanılarak yapılan arıtım ve anaerobik akışkan yataklı reaktör ile yapay sulak alan (CW-Constructed Wetland) kullanılarak yapılan arıtım incelenmiştir. Bu dört ayrı sistemin ilk yatırım maliyetleri ise TF sisteminin 15 milyon doların üstünde bir değerde olduğu, ABR sisteminin 10 milyon dolar civarında olduğu, TF+ABR istemlerinin ise 15 milyon doların üstünde olduğu fakat TF sistemlerine göre daha düşük maliyeti olduğu son olarak ABR+CW sistemlerinin ise 10 milyon doların üstünde bir değer sahip olduğu fakat TF sistemlerine göre daha düşük bir maliyeti olduğu belirtilmiştir. 15 – 20 ^{0}C evsel atıksu ile ABR ve TF+AD (anaerobik çürütücü) sistemlerinin performansı kıyaslanmıştır. Bu çalışmanın amacı ise hangi teknolojinin daha uygun ve verimli olduğuna karar vermektir. ABR sistemlerinin, TF sistemlerine göre 6 kat daha az enerji harcadığı görülmüş fakat açığa çıkan metan sorunu ile karşılaşılmıştır. Bu sorundan dolayı ABR+TF+AD sisteminin kullanılması daha avantajlı olacağı belirtilmiştir. Sudaki organik maddelerin ve çözünmüş metanı oksitlenmesini sağlayacak sistemin ABR+TF sistemi olduğu ve böylece çevreye daha yararlı olduğu tespit edilmiştir. ISO

14040/14044 Standartlarına göre ABR, TF+AD, ABR+TF+AD, ABR+CW ortalama %95 verimle çalışacağı öngörülmüş ve sistem tasarımları simapro 8.1 programı ile modellenmiştir. Sonuç olarak, 13 saat civarında bekleme süresi ile ABR prosesi KOİ arıtma verimi 98 gün içerisinde %60 ile %90 arasında değişmiştir. Son olarak ABR + TF + AD sistemlerinin çevreye yaralı ve doğal enerji kaynaklarının kullanımını en aza indirgeyecek sistem olmasına rağmen sistemin diğer sitemlere göre daha maliyetli olacağı tespit edilmiştir (Sills ve ark., 2016).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Karaköy Atıksu Arıtma Tesisi

Bu çalışmada incelenen Karaköy Atıksu Arıtma Tesisi (Şekil 3.1), 2007 yılında işletmeye açılmış 42.000 m^3/gün kapasitesi ile Ankara ilinin ikinci büyük arıtma tesisidir. İncelenen bu tesis, ileri biyolojik arıtma teknolojisine sahiptir. Azot ve fosfor giderimi gerçekleştiren tesiste arıtılan su, yeşil alan sulamalarında kullanılabilecek özelliktedir. Ayrıca arıtılan sular önce Çubuk Çayı'na, sonrasında ise Ankara Çayı'na verilmektedir (Anonim, 2016a; ASKİ, 2017).



Şekil 3.1. Karaköy Atıksu Arıtma Tesisi.

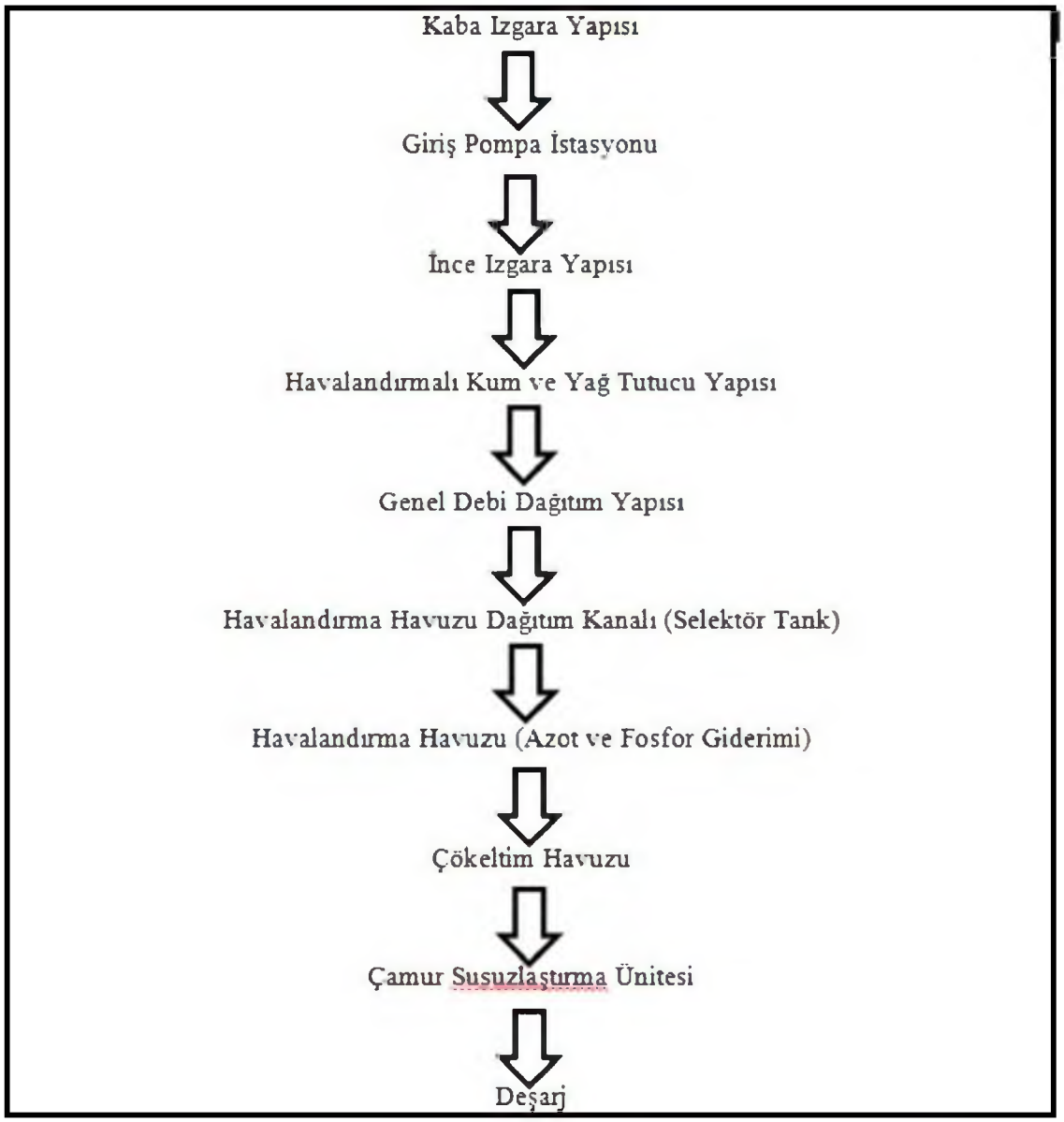
3.2. Tesis Üniteleri ve Akım Şeması

Tesis üniteleri;

1. Kaba ızgara, Giriş pompa istasyonu, İnce ızgara,
2. Çökeltme havuzu
3. Havalandırmalı kum ve yağ tutucu
4. Selektör tankı ve geri devir pompa istasyonu
5. Havalandırma havuzu ve dağıtım kanalı
6. Havalandırma havuzları toplama yapısı
7. Çökeltme havuzları dağıtım yapısı

8. Çökeltme havuzları toplama yapısı
9. Deşarj bacası ve akım ölçüm kanalı
10. Geri devir çamur toplama odası
11. Çamur susuzlaştırma binası
12. Köpük toplama yapısı
13. Körük binası
14. Trafo ve jeneratör binası
15. Bekçi binası
16. İşletme binası
17. Garaj ve atölye binası

Tesis akım şeması Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Karaköy Atıksu Arıtma Tesisi Akım Şeması.

Tesiste Yer Alan Üniteler

1. Kaba Izgara Yapısı



2. Giriş Pompa İstasyonu



3. İnce Izgara Yapısı



4. Havalandırmalı Kum ve yağ Tutucu Yapısı



5. Havalandırmalı Kum ve yağ Tutucu Köpük Toplama Yapısı



6. Selektör Tankı



Şekil 3.3. Tesis Arıtma Üniteleri (1).

Tesiste Yer Alan Üniteler

7. Havalandırma Havuzu



8. Körük Binası



9. Çökeltim havuzu



10. Çamur Toplama Yapıları



11. Çamur Susuzlaştırma Yapısı



12. Trafo ve Jenaratör Binası



Şekil 3.3 Tesis Arıtma Üniteleri Devamı (2).

Tesiste Yer Alan Üniteler

13. İşletme Binası



14. Garaj ve Atölye Binası



15. Bekçi Kulubesi



Şekil 3.3 Tesis Arıtma Üniteleri Devamı (3).

3.3. Atıksuyun Tesise Gelişi ve Tesisin Çalışma Prensibi

42.000 m^3/gün kapasiteye sahip atıksu, tesise DN1800 çaplı boru ile giriş yapmaktadır. Arıtma tesisine suyun giriş yapması ile birlikte, atıksuyun tesiste ilerlemesi ve ünitelere ulaşması için, önce içerisinde, olası durumlara karşı suyun bypass edilmesinde kullanılacak kanalın da bulunduğu kanala gelmelidir. Bypass, acil taşkın kanalı gibi birçok isimleri olan bu kanal, aşırı yükleme veya tesis ekipmanlarının çalışmaması durumunda kullanılan ve kullanım sıklığı az olan kanaldır. Suyu karşılayan ilk kanalda kaba ızgara yapıları bulunmaktadır. Kaba ızgaralar, su içerisinde dal, yaprak, naylon vb. kaba büyüklükteki malzemelerin sudan uzaklaştırılmasını sağlayarak arıtma ekipmanlarının uzun ömürlü ve rahat çalışmalarına olanak tanır ve arıtma verimini artırır (Azman, 2005). Kaba ızgaradan geçen atıksu terfi istasyonuna gelmektedir. Terfi istasyonu ise arıtımda suyun cazibe ile diğer ünitelere aktarılmasını sağlayan yapılardır. Terfi istasyonu ıslak tipli olan bu tesiste suyun yükseltilmesinde dalgıç pompalar görev almaktadır. Terfi edilen su bir havuzda toplanarak içerisinde ince ızgaraların bulunduğu kanallara gönderilmektedir. İnce ızgaralar, kaba ızgaralardan kalan daha küçük paçavra, taş, tahta vb. malzemeleri tutmaya yarayan yapılardır. Kaba ve ince ızgara yapıları sayesinde, ekipmanların uzun ömürlü olmasını sağlayarak enerji tüketiminde olumlu etkisinin yanında arıtımda verimliliği de artırır. Bu yapılardan sonra su havalandırmalı kum ve yağ tutucu yapısına gelmektedir. Bu yapı ise suda bulanan kum, çakıl vb. çökelebilen organik katı maddelerin yerçekimi etkisi altında dibe çökelmesi sağlandığı ve sudan ayırıldığı aşamadır. Bahsedilen inorganik maddelerden ayrılan atıksu içerisinde azot ve fosfor giderim teknolojisine sahip havalandırma havuzlarına gelmektedir. Bu havuzlarda karbon giderimi yanında azot ve fosfor giderimi de gerçekleşmektedir. Havalandırmalı kum ve yağ tutucu yapısı ile havalandırma havuzları arasında çökeltim havuzlarından gelen çamuru, havalandırma havuzlarına iletilmesini sağlayan ve ayrıca havalandırmalı kum ve yağ tutucu yapısında çıkan suyu, biyolojik havuzlara iletimini sağlayan kısacası geri devir çamurları ile ham atıksuyu harmanlayan selektör havuzu yapıları bulunmaktadır. Biyolojik havuzlardan çıkan su, çökeltim havuzlarında çöktürülür. Çökeltim havuzlarından çıkan su deşarj edilir. Arıtma çamurları ise bir kısmı selektör havuzu yapılarına, geri kalan kısmı ise çamur susuzlaştırma ünitesine gönderilmektedir. Çamur susuzlaştırma ünitesinde çökeltme havuzlarından alınan fazla çamur ile sistemde oluşan diğer çamurların içindeki su muhtevasının azaltılması ve bertarafı yapılır. Bu ünite katı madde muhtevası %6 civarında olan çamurun %25 katı madde muhtevasına çıkarıldığı ünitedir. Oluşan arıtma

çamurunun katı madde muhtevası %40 ve üstü bir değere ulaşamadığından dolayı toprakta veya başka bir uygulamada kullanılması yasaktır. Bundan dolayı oluşan bu atıklar kamyonlar ile atık depo sahasına iletilir (Anonim, 2010b). Çamur susuzlaştırma ekipmanları, 1 asil 1 yedek belt pres ve dekantör olup, her birinin kapasitesi 12 m^3/saattir.



Şekil 3.4. Arıtma Suyu.

Çizelge 3.1. Tesis Giriş ve Mevzuat Bilgisi (Anonim, 2004; ASKİ, 2017).

Evsel Nitelikli Atıksu Girişi		**Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 21.4**	**Karaköy Atıksu Arıtma Tesisi**
1. Parametre	Eşdeğer Nüfus, kişi	> 100.000	160.000
2. Parametre	Kirlilik Yükü, kg$BOİ_5$/gün	> 6000	8.800

Çizelge 3.2. Tesis Çıkışı ve Mevzuat Bilgisi (Anonim, 2004; ASKİ, 2017).

Çıkış Suyu Değerleri	**Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Tablo 21.4**			**Karaköy Atıksu Arıtma Tesisi**	**Tesisin Arıtım Performansı**
Parametre	**Birim**	**Kompozit Numune 2 Saatlik**	**Kompozit Numune 24 Saatlik**	**Tesis Çıkışı**	**Arıtma Yüzdesi, %**
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı, $BOİ_5$ (Çözünmüş)	mg/l	40	35	25	89
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOİ	mg/l	120	90	80	83
Askıda Katı Madde, AKM	mg/l	40	25	35	85
pH	-	6-9	6-9	-	7,8

Arıtıma uğramadan alıcı ortama iletilen sular, içerdikleri besin maddelerinden dolayı alıcı ortamlarda çözünmüş oksijenin düşmesine neden olur. Bu da alg büyümesine yol açar. Alıcı ortamlarda olması gereken çözünmüş oksijen değeri 5 mg/l dir (Tanyol ve Uslu, 2013). Tesis arıtım sonucunda, toplam azot arıtım verimi %70 olup, 10 mg/l (müsaade edilen değer 15-20 mg/l) ve toplam fosfat arıtım verimi %85 olup, 1 mg/l (müsaade edilen değer 6-9 mg/l) dir (Anonim, 2004; ASKİ, 2017).

Tesisteki tüm yapıların tasarım bilgileri toplu şekilde Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Arıtma Tesisi Tüm Ünitelerin Tasarım Bilgileri (1).

Ünite Adı	Parametre	Değer
1.Giriş Yapısı	Giriş Borusu Çapı, mm	1800
	Giriş Kanalı Genişliği, m	3,3
	Giriş Kanalı Yüksekliği, m	5,5
	Giriş Kanalı Su Yüksekliği, m	3
	Acil Taşkın Kanalı Genişliği, m	3
	Acil Taşkın Kanalı Yüksekliği, m	2
	Acil Taşkın Kanalı Su Yüksekliği, m	0,5
2.Kaba Izgara Yapısı	Kaba Izgara Sayısı, adet	2
	Kaba Izgaraların Bulunduğu (Yerleştirildiği) Kanal, m	1,5
	Çubuklar Arası Açıklık, mm	50
	Izgaranın Yatayla Yaptığı Açı, ^{0}C	75
	Çubuklar Arası Hız, m/s	1.2
	Katı Madde Muhtevası, %	20
	Çubukların Kalınlığı, mm	10
	Kaba Izgarada Tutulan Atık Miktarı, l/Kişi x Yıl	4
3.Terfi İstasyonu Yapısı	Terfi Pompa (Dalgıç Pompa) Sayısı, Adet	1 asil + 2 yedek
	Terfi Pompasının Bastığı Su Yüksekliği, m	15
	Terfi Pompaların Bulunduğu Odanın Genişliği, m	3
	Terfi Pompalarının Bulunduğu Odanın Yüksekliği, m	13
	Terfi Pompasının Boru Çapı, cm	90
	Terfi Yapılan Havuzun Genişliği, m	6,8
	Terfi Yapılan Havuzun Yüksekliği, m	2,4
	Terfi Yapılan Havuzdaki Suyun Yüksekliği, m	0,95
	Bir Adet Terfi Pompasının Kapasitesi, m^3/saat	1800
4.İnce Izgara Yapısı	İnce Izgaraların Bulunduğu Kanal Genişliği, m	9,1
	İnce Izgara Öncesi Su Getiren Kanaldaki Su Yüksekliği, m	0,7
	İnce Izgara Çıkışı Kanaldaki Su Yüksekliği, m	0,53
	İnce Izgaraların Yerleştirildiği Kanalın Genişliği, m	1,2
	İki İnce Izgara Arası Mesafe, cm	90
	Izgara Çubukları Arası Net Açıklık, mm	6
	Çubukların Kalınlığı (Genişliği), mm	10
	Izgaranın Yatayla Yaptığı Açı, ^{0}C	70
	Izgara Çubukları Arası Hız, m/s	1,2
	İnce Izgarada Tutulan Atık Miktarı, l/kişi x yıl	10
	Katı Madde Muhtevası, %	40
	İnce Izgara Sayısı, Adet	2 asil + 2 yedek

Çizelge 3.3. Arıtma Tesisi Tüm Ünitelerin Tasarım Bilgileri Devamı (2).

Ünite Adı	Parametre	Değer
5. Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu Yapısı	Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu Sayısı, adet	2 asil + 1 yedek
	Kum Tutucu Maksimum Yatay Hız, m/s	0,2
	Kum Tutucu Bekleme Süresi, dakika	5
	Kum Tutucu Genişliği, m	2
	Kum Tutucu Derinliği, m	2,5
	Kum Tutucu Uzunluğu, m	30
	Kum Tutucu Eğimi, ^{0}C	64,5
	Su Yüksekliği, m	3,35
	Yağ Tutucu Genişliği, m	1,5
	Yağ Tutucu Uzunluğu, m	24
	Kum Odası Uzunluğu, m	6
	Hava İhtiyacı, m^3/dakika	0,2
	Yağ Tutucu Kanal Eğimi, ^{0}C	45
	Yoğunluk, %	2
	Yağ Tutucu Yüzey Yükü, m/saat	25
6.Selektör Tankı Yapısı	Kum ve Yağ Tutucudan Su Getiren Kanalın Genişliği, m	2
	Geri Devir Pompası Kapasitesi, m^3/saat	1400
7. Havalandırma Havuzu Yapısı	Havalandırma Havuz Sayısı, Adet	2 asil + 2 yedek
	Havalandırma Havuzu Anaerobik Bölüm Ebatları	16 m (genişlik) x 16 m (uzunluk) x 6,5 m (yükseklik)
	Havalandırma Havuzu Ebatları (%20 denitrifikasyon - %80 nitrifikasyon)	28,5 m (genişlik) x 100 m (uzunluk)x 6,5 m (yükseklik)
	Bir Havuzdaki Difizör Sayısı, Adet	960
	Bir Difüzörün Havuz Tabanından Yüksekliği, cm	50
	Havalandırma Havuzu Su Yüksekliği, m	6
	Havalandırma Havuzu Çıkışı Suyun Toplandığı Kanalda Suyun Yüksekliği, m	3,81
	Havalandırma Havuzu Çözünmüş Oksijen Miktarı, mg/l	2,5
	Bir Havuzun Çapı, m	43
	Reaktördeki MLSS Konsantrasyonu, g/l	6 ile – 9 arasında değişiyor.
	Havuz Sıcaklığı, ^{0}C	20
	Bir Havuzun Hacmi, m^3	17100
	Toplam Hacim, m^3	68400
	Alıkonma Süresi, saat	3 ile 4 saat arası
	Geri Devir Oranı, %	75
	Çamur Yaşı Q (SRT), gün	25

Çizelge 3.3. Arıtma Tesisi Tüm Ünitelerin Tasarım Bilgileri Devamı (3).

Ünite Adı	Parametre	Değer
8. Çökeltim Havuzu Yapısı	Çökeltim Havuzu Sayısı, Adet	2 asil + 2 yedek
	Havuz Tipi	Dairesel
	Çamur Hacim İndeksi (SVI), l/kg	100
	Bekleme Süresi, saat	1 ile 1,5 saat arası
	Havuz Taban Eğimi	1/15
	Bir Havuzun Çapı (D), m	43
	Savak Üstü Su Yüksekliği, m	0,12
	Yoğunlaşmamış Çamurun Katı Madde Muhtevası, %	6
	Oluşan Çamur, ton/gün	40
	Çamur Tahliye Periyodu	16 saat
	Dairesel Giriş Kulesi Çapı, m	7,4
	Giriş Kulesi Orifis Sayısı, Adet	8
	Giriş Kulesi Kare Orifis Ebatları, m^2	0,5 m x 0,5 m
	Savaklanan Suyun Döküldüğü Kanalın Genişliği, m	1
	Savaklanan Suyun Döküldüğü Kanalın Su Yüksekliği, m	1,45
	Su Yüksekliği, m	4,40
	Fazla Çamur Pompasının Kapasitesi, m^3/saat	80

3.4. Arıtma Tesisi Ekipmanlarının Özellikleri ve Enerji Tüketimleri

3.4.1. Arıtma Tesisi Ekipmanlarının Özellikleri

Ön Arıtım Ekipmanları ve Özellikleri: Ön arıtım ekipmanları ve özellikleri Çizelge 3.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Ön Arıtım Ekipmanları ve Özellikleri (1).

Ön Arıtım Ekipman				
Sıra No	**Ekipman İsmi**	**Tasarım Adet**	**Aktif Ekipman**	**Özellikleri**
1	Giriş - Motor Kumandalı Kapak	2	2	Boyutları 1500 cm x 3750 cm
2	Kaba Izgara – Motor	2	2	-
3	Kaba Izgara - Konveyör	1	1	-
4	Terfi Pompası (Dalgıç)	2+1	1	Q m^3/saat = 1800 H, mss = 15 N d/dmin-1 = 1000 2010 yılı = 2+1 2020 yılı = 3+1 2030 yılı = 4+1
5	Terfi Pompası Vinci	2	2	12 Ton
6	İnce Izgara Giriş ve Çıkış – El Kumandalı Kapak	4+4	4	Boyutları 1500 cm x 3750 cm
7	İnce Izgara – Motor	4	2	-
8	Izgara Atığı Pres	1	1	Q m^3/saat = 3

Çizelge 3.4. Ön Arıtım Ekipmanları ve Özellikleri Devamı (2).

Sıra No	Ekipman İsmi	Tasarım Adet	Aktif Ekipman	Özellikleri
9	İnce Izgara – Konveyör	1	1	-
10	Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu Giriş – El Kumandalı Kapak	8	4	Boyutları 800 cm x 800 cm
11	Yağ Sıyırıcı	8	4	Tek Köprü Üzerinde
12	Kum Sıyırıcı	8	4	-
13	Kum Tutucu Körüğü	6	3	Q m^3/saat = 150 H, mss = 300 mbar
14	Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu Çıkış - Debimetre (Ultrasonik)	1	1	-
15	Kum Ayırıcı	2	2	Q m^3/saat = 15 N d/dmin-1= 1500
16	Kum Pompası	8	4	Q m^3/saat = 15 H, mss = 4 N d/dmin-1= 1500

Biyolojik Arıtım Ekipmanlar ve Özellikleri: Biyolojik arıtım ekipmanları ve özellikleri Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Biyolojik Arıtım Ekipmanları ve Özellikleri (1).

Biyolojik Arıtım Ekipman				
Sıra No	**Ekipman İsmi**	**Tasarım Adet**	**Aktif Ekipman**	**Özellikleri**
1	Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu Çıkış Havalandırma Havuzu Giriş – Motor Kumandalı Kapak	1	1	Q 2400
2	Havalandırma Havuzu Anaerobik Bölüm – Dalgıç Mikser	28	14	-
3	Havalandırma Havuzu – İç Resirkülasyon Pompası	12	4	Q m^3/saat = 1800
4	Havalandırma Havuzu – Hava Sağlayıcıları	3	1	Q m^3/saat = 8700 H mWC= 700
5	Havalandırma Havuzu – Giriş Kapak	12	4	Q 700
6	Havalandırma Havuzu Çıkışı Toplama Yapısı Giriş – Kapak	6	2	Q 1000
7	Son Çökeltme Toplama Odası Girişi – Kapak	2	2	Q 2000
8	Geri Devir Çamur Pompası	7	1	Q m^3/saat = 1400 H, mss = 7 N d/dmin-1=1000
9	Fazla Çamur Pompası	5	1	Q m^3/saat = 80 N d/dmin-1=1000

Çizelge 3.5. Biyolojik Arıtım Ekipmanları ve Özellikleri Devamı (2).

Sıra No	Ekipman İsmi	Tasarım Adet	Aktif Ekipman	Özellikleri
10	Geri Devir İle Fazla Çamur Pompası İçin – Monoraj Vinç	1	1	2 Ton
11	Son Çökeltme Havuzu Toplama Yapısı – Motorlu Kumandalı Kapak	6	2	Q 1000
12	Son Çökeltim Havuzu – Sıyırıcı Köprü	6	2	-
13	Son Çökeltim Havuzu Çıkışı – Debi Metre	6	2	-
14	Çamur Toplama Yapısı - Motorlu Savak	6	2	-

Çamur Arıtım Ekipmanları ve Özellikleri: Çamur arıtım ekipmanları ve özellikleri Çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Çamur Arıtım Ekipmanları ve Özellikleri.

Çamur Arıtımı Ekipman Listesi				
Sıra No	**Ekipman İsmi**	**Tasarım Adet**	**Aktif Ekipman**	**Özellikleri**
1	Çamur Susuzlaştırma – Polielektrolit Ünitesi	2	1	Q= 4-15 kg/h
2	Dozaj Pompası	3	2	Q m^3/saat = 0,2 – 1,0 N d/dmin-1 = 300
3	Mekanik Çamur Yoğunlaştırıcı	3	1	Q m^3/saat = 50 H, mss = 1500
4	Mekanik Yoğunlaştırıcı Yıkama Pompası	3	1	Q m^3/saat = 7 H, mss = 60 N d/dmin-1 = 1500
5	Kompresör	2	1	Q m^3/saat = 12 H, mss = 80 N d/dmin-1 = 1,1
6	Monaray Vinç	1	1	3 Ton
7	Konveyör	2	2	-
8	Çamur Susuzlaştırma Karıştırıcı	2	1	
9	Sızıntı Suyu Pompası	2	1	-

3.4.2. Tesis Ekipmanları Enerji Tüketimleri

Bölüm 3.4.1.'de bahsedilen arıtma tesisi ekipmanlarının günlük enerji tüketimleri Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Arıtma Ekipmanları Enerji Tüketimleri (1).

Ekipman Listesi									
Sıra No	**Ekipman İsmi**	**Tasarım, Adet**	**Aktif Ekipman Sayısı, Adet**	**Gerçek Gücü, kW**	**Çalışma Kapasitesi, %**	**Çekilen Güç, kW**	**Günlük Çalışma, Saat/Gün**	**Günlük Çekilen Enerji, kWh/gün**	**Toplam Enerji Tüketimi İçindeki Oranı, %**
1	Giriş - Motor Kumandalı Kapak	2	2	3	90	5,4	İhtiyaç halinde Kapanır.	-	-
2	Kaba Izgara – Motor	2	2	0,55	90	0,99	0,4	0,396	0,00335
3	Kaba Izgara - Konveyör	1	1	0,75	90	0,675	0,2	0,135	0,00114
4	Terfi Pompası (Dalgıç)	2+1	1	100	Frekans inventör kullanılıyor %70	70	22	1540	13,04
5	Terfi Pompası Vinci	2	1	3	90	5,4	İhtiyaç halinde kullanılıyor.	-	-
6	İnce Izgara Giriş ve Çıkış – El Kumandalı Kapak	4+4	4	Motor Yok	-	-	-	-	-
7	İnce Izgara – Motor	4	2	2	90	3,6	6	21,6	0,183
8	Izgara Atığı Pres	1	1	-	-	-	-	-	-
9	İnce Izgara – Konveyör	1	1	0,75	90	0,675	İhtiyaç halinde kullanılıyor	-	-
10	Havaldırmalı Kum ve Yağ Tutucu Giriş – El Kumandalı Kapak	8	4	Motor Yok	-	-	-	-	-
11	Yağ Sıyırıcı	8	4	0,75	90	2,7	Günde 2 kez çalışıyor (30 dk)	1,35	0,0114
12	Kum Sıyırıcı	8	4	0,75	90	2,7	Günde 2 kez çalışıyor (30 dk)	1,35	0,0114
13	Kum Tutucu Körüğü	6	3	5	90	13,5	24	324	2,74
14	Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu Çıkış - Debimetre (Ultrasonik)	1	1	0,1	90	0,09	24	2,16	0,0183
15	Kum Ayırıcı	2	2	1,5	90	2,7	Günde 10 kez çalışıyor (6 Saat)	16,2	0,14

Çizelge 3.7. Arıtma Ekipmanları Enerji Tüketimleri Devamı (2).

Sıra No	Ekipman İsmi	Tasarım, Adet	Aktif Ekipman Sayısı, Adet	Gerçek Gücü, kW	Çalışma Kapasitesi, %	Çekilen Güç, kW	Günlük Çalışma, Saat/Gün	Günlük Çekilen Enerji, kWh/gün	Toplam Enerji Tüketimi İçindeki Oranı, %
16	Kum Pompası	8	4	3	90	10,8	Günde 10 kez çalışıyor (6 Saat)	64,8	0,55
17	Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu Çıkış Havalandırma Havuzu Giriş – Motor Kumandalı Kapak	1	1	3	90	2,7	İhtiyaç halinde kullanılıyor.	-	-
18	Havalandırma Havuzu Anaerobik Bölüm – Dalgıç Mikser	28	14	6	90	75,6	24	1814,4	15,37
19	Havalandırma Havuzu – İç Resirkülasyon Pompası	12	4	5	90	18	24	432	3,66
20	Hava Sağlayıcıları	3	1	315	90	283,5	24	6804	57,62
21	Havalandırma Havuzu – Giriş Kapak	12	4	3	90	10,8	İhtiyaç halinde kullanılıyor.	-	-
22	Havalandırma Havuzu Çıkışı Toplama Yapısı Giriş – Kapak	6	2	3	90	5,4	İhtiyaç halinde kullanılıyor.	-	-
23	Son Çökeltme Toplama Odası Girişi – Kapak	2	2	3	90	5,4	İhtiyaç halinde kullanılıyor.	-	-
24	Geri Devir Çamur Pompası	7	1	45	Frekans İnventörü ile %50 performans ile çalışıyor.	22,5	24	540	4,57
25	Fazla Çamur Pompası	5	1	7	Frekans İnventörü ile %50 performans ile çalışıyor.	3,5	18	63	0,53

Çizelge 3.7. Arıtma Ekipmanları Enerji Tüketimleri Devamı (3).

Sıra No	Ekipman İsmi	Tasarım, Adet	Aktif Ekipman Sayısı, Adet	Gerçek Gücü, kW	Çalışma Kapasitesi, %	Çekilen Güç, kW	Günlük Çalışma, Saat/Gün	Günlük Çekilen Enerji, kWh/gün	Toplam Enerji Tüketimi İçindeki Oranı, %
26	Geri Devir İle Fazla Çamur Pompası İçin – Monoraj Vinç	1	1	3	90	2,7	İhtiyaç halinde kullanılıyor.	-	-
27	Son Çökeltme Havuzu Toplama Yapısı – Motorlu Kumandalı Kapak	6	2	3	90	5,4	İhtiyaç halinde kullanılıyor.	-	-
28	Son Çökeltim Havuzu – Sıyırıcı Köprü	6	2	3	90	5,4	İhtiyaç halinde kullanılıyor.	-	-
29	Son Çökeltim Havuzu Çıkışı – Debi Metre	6	2	0,1	90	0,18	24	4,32	0,0366
30	Çamur Toplama Yapısı - Motorlu Savak	6	2	2,5	90	4,5	10 dk / 24 saat	1,875	0,0159
31	Çamur Susuzlaştırma – Polielektrolit Ünitesi	2	1	3,5	90	3,15	3	9,45	0,0800
32	Dozaj Pompası	3	2	0,75	90	1,35	3	4,05	0,0343
33	Çamur Susuzlaştırma Karıştırıcı	2	1	4	90	3,6	3	10,8	0,0915
34	Mekanik Çamur Yoğunlaştırıcı	3	1	0,75	90	0,675	18	12,15	0,1029
35	Mekanik Yoğunlaştırıcı Yıkama Pompası	3	1	5	90	4,5	18	81	0,69
36	Kompresör	2	1	1,1	90	0,99	İhtiyaç halinde kullanılıyor.	-	-
37	Monaraj Vinç	1	1	3	90	2,7	İhtiyaç halinde kullanılıyor.	-	-
38	Konveyör	2	2	1,5	90	2,7	18	48,6	0,41
39	Sızıntı Suyu Pompası	2	1	6	90	5,4	2	10,8	0,0915
							Toplam	**11808,436**	

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Atıksu arıtma tesislerinde mevzuatta belirtilen deşarj standartlarını ve enerjinin sürdürülebilirliği sağlamak için enerji yönetiminin iyi bir şekilde yapılması gerekmektedir. Tesislerde enerji yönetimi için şunlara dikkat edilmelidir; Suyun karakterine uygun arıtma prosesler belirlenmeli, suyun cazibe ile akmasını sağlayacak yerler seçilmeli veya terfi ihtiyacının minimuma indirilebilecek alanlar seçilmeli, pompa kullanım oranını olabildiğince düşürülmeli ve daha düşük enerji tüketimi olan verimi yüksek arıtma ekipmanları seçilmelidir (Türkmenler, 2017).

Buradan sonuçla, üçüncü bölümde tesis bilgileri, tesiste bulunan ekipmanların özellikleri ve enerji tüketim bilgileri yer almaktadır. Bu bölümde, tesisteki yüksek enerji tüketimli ekipmanlar için tüketimi daha düşük alternatif ekipmanlar incelenecektir. Tesiste bulunan ekipmanların enerji tüketim bilgilerine göre, giriş terfi pompası, hava sağlayıcı (blower) ve çamur pompalarının yerine alternatif ekipman araştırması yapılarak, günümüz teknolojisine uygun, daha az enerji harcayan, işletme ve maliyet açısından verimli ekipmanlara göz atılmıştır. Ayrıca tesiste mevcut proseslere ilave ve/veya belirli güncellemeler ile enerji sarfiyatındaki olumlu değişmelerin olup olmayacağı konusu ele alınmıştır.

4.1. Alternatif Ekipman Çalışmaları

4.1.1. Atıksu Arıtımında Terfi İstasyonları ve Pompa Seçimi

Terfi istasyon ve pompa bilgilerinden yola çıkarak incelemiş olduğumuz atıksu arıtma tesisi debisi, 42.000 m^3/gün (1750 m^3/sa – 487 l/s) atıksu girişi ile su kaba ızgara ünitesini geçtikten sonra ıslak hazne tipli terfi istasyonunda bulunan 1800 m^3/saat performanslı ve 100 kW'lık motor gücüne sahip pompaya gelmektedir. Atıksu, istasyondaki dalgıç tipi pompa ile yaklaşık 15 m yüksekliğe taşınmaktadır.

Tesise alternatif pompa seçiminden önce terfi istasyonu incelenerek, istasyon merkezine uygun pompa seçimi yapılması gerekmektedir. Buna göre tesiste hazne tipi, ıslak hazne tipi terfi istasyonu tasarlandığı görülmektedir. Bu istasyonun eni 14 m, genişliği ise 15 m ve boyu yaklaşık 14 m uzunluğundadır. Terfi istasyonu 8 odaya bölünmüş olup, her bir odanın eni 2,8 m ve genişliği 3 m'dir. Bu 8 odanın ilk üçüne 100 kW motor gücüne sahip dalgıç tipli pompa yerleştirilmiş fakat aktif olarak tesiste bir tanesi kullanılmaktadır. Bu 100 kW dalgıç tipi terfi pompası ise suyu 900.00 kotundan 911.75 kotuna iletilmesi işlemini yüklenmektedir. Buradan sonuçla, terfi pompası, suyu

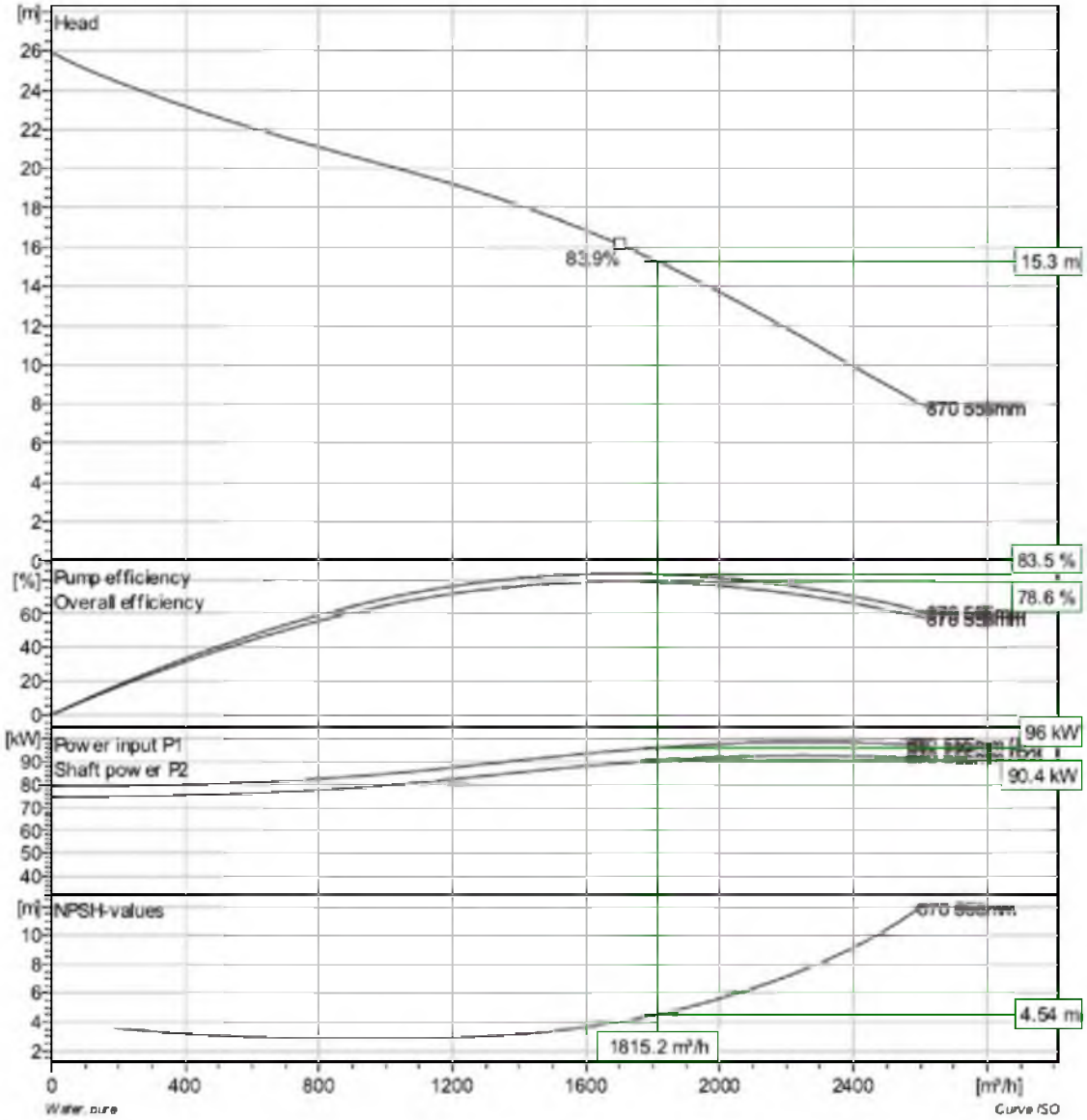
yaklaşık 12 m yüksekliğe basmaktadır. Dalgıç pompasından çıkış yapan su, boru çapı genişletilerek (35 cm den 70 cm ye) suyu 12 m yükseklikte bulunan yaklaşık 1 m su yüksekliğine sahip 2.4 m yapı yüksekliği olan havuza aktarmaktadır. Odalarda bulunan pompaların merkezleri arası uzaklık 3 m dir. Pompaların arıza durumunda odanın üst kısmına yerleştirilen monoray vinç yardımı ile arızalı pompa çekilerek bulunduğu odadan alınmış olur. Şekil 4.1'de tesis terfi istasyonu ve pompaların konumu ile ilgili bilgi ve resimler yer almaktadır.



Şekil 4.1. Tesis Terfi İstasyonu ve Terfi Havuzu.

Arıtma tesisi günlük yaklaşık 11.809 kWh lık enerji harcamaktadır. Tesiste bulunan dalgıç pompanın özellikleri, 1000 devir/dakika - 100 kW motor güçlü, 1800 m^3/saat kapasiteli, ve maksimum tefi yüksekliği (su basma kapasitesi) 15 m'dir. Bu pompa tesisteki günlük toplam 11.809 kWh lık enerji tüketiminin 1540 kWh lık kısmını oluşturmaktadır. Bu pompa frekans invertörü kullanımıyla çalışma kapasitesi yaklaşık %70 civarında seyretmekte ve günde 22 saat aktif halde çalışmaktadır. Bu hali ile bir adet terfi pompasının günlük enerji sarfiyatı tüm atıksu artıma tesisinin yaklaşık olarak %13'ünü oluşturmaktadır.

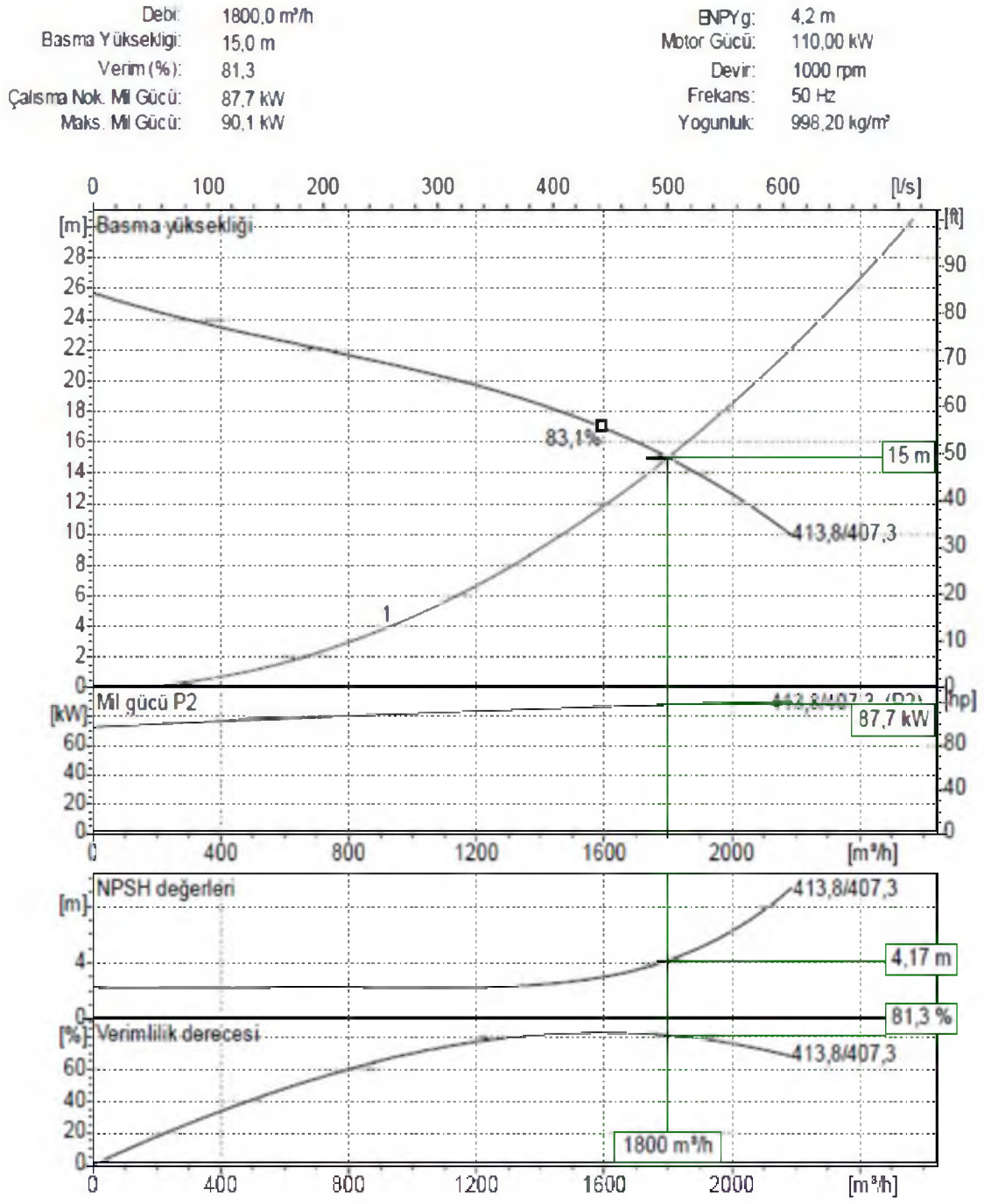
1.Terfi Pompası Alternatifi: Çalışması yapılacak olan pompa Flygt marka terfi pompasıdır. Terfi yapılacak atıksuyun bilgileri şekil 4.2'de gösterilen manometrik yükseklik ve debi grafiğine yerleştirilerek markanın hangi modeli olacağı tespiti yapılmaktadır.



Şekil 4.2. Flygt Marka Terfi Pompasının Performans Grafiği (Anonim, 2017e).

Manometrik yükseklik debi grafiğine baktığımızda, Flygt marka NP 3400/736 3 – 870 dalgıç pompa olup, 15 m su basma yüksekliğine karşılık 1815 m^3/saat debi ile 96 kW gücünde ve %83,5 verimde 50 Hz pompanın uygun olacağı görülmüştür.

2.Terfi Pompası Alternatifi: Çalışması yapılacak olan pompa Standart marka terfi pompasıdır. Terfi yapılacak atıksuyun bilgileri şekil 4.3'de gösterilen manometrik yükseklik ve debi grafiğine yerleştirilerek markanın hangi modeli olacağı tespiti yapılmaktadır.



Şekil 4.3. Standart Marka Terfi Pompasının Performans Grafiği (Anonim, 2017d).

Manometrik yükseklik debi grafiğine baktığımızda, Standart marka SDS 350-400 yatay milli çift emişli, tek kademeli, eksenel ayrılabilir gövdeli santrifüj pompa olup, 15 m su basma yüksekliğine karşılık 1800 m^3/saat debi ile 87,7 kW gücünde ve %81,3 verimde 50 Hz pompanın uygun olacağı görülmüştür.

4.1.2. Atıksu Arıtımında Havalandırma Ekipmanları ve Seçimi

Arıtma tesisinde mevcut roots blower tipli bir adet hava sağlayıcının hava ihtiyacını karşıladığı görülmektedir. Bu blower ise 1280 kg ağırlığında ve 1490 rpm devir ile sisteme yaklaşık 140 m^3/dakika hava sağlamaktadır. Blower, P_1 1,013 – P_{2e} 0,700 basınç aralığında çalıştığı görülmektedir. Tesiste havanın sağlandığı havalandırma havuzları beş kademeden oluşan barhdenpho prosesi ile azot ve fosfor giderimi yapılmaktadır. Sırasıyla anaerobik, anoxic ve aerobik bölümlerin sıralandığı bu havalandırma havuzları tabanında disk tipi difüzörlerin yardımıyla hava ihtiyacı karşılanmaktadır.



Şekil 4.4. Tesis Havalandırma Havuzları.

Sistemde kullanılan blowerın özellikleri ise, 1280 kg, 1490 rpm, ve P_1 1,013 – P_{2e} 0,700 bar basınç aralığında çalışmakta, sisteme 140 m^3/dakika hava sağlamakta ve sistemden saatte 315 kW enerji çekmektedir. Bu blower tesiste günlük çekilen gücün %57,62' sini oluşturmaktadır.

Basınçlı havalandırma sistemlerinde hava ihtiyacı hesabında; normal şartlarda havanın hacim olarak %21'i, ağırlık olarak %23,2'si oksijen olduğu bilinmektedir (Eroğlu, 2008). Havanın özgül ağırlığı 1.201 kg/m^3 olduğuna göre (Eroğlu, 2008);

$1m^3$ havadaki oksijen (C_a)= 1.201 kg/m^3 x 0,232 = 0,28 kgO_2/m^3 hava (4.1)

Hava İhtiyacı denklemi;

$A_r = O_c / (\eta \times C_a)$ (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008) (4.2)

A_r : Hava ihtiyacı, m^3hava/saat

O_c : Oksijen Kapasitesi, kgO_2/saat

η : Oksijen iletim verimi (difüzörün birim uzunluğu veya difüzör başına verilen hava miktarı arttıkça iletim verimi azalmaktadır. Havalandırma sistemlerine bağlı olarak 0.05 ile 0.30 arasında değişmektedir.), (Bu değer 0,2 kabul edilmiştir.)

C_a : 1 m^3 havadaki oksijen miktarı, kgO_2/m^3 hava

ihtiyaç duyulan hava miktarı 140 m^3/dakika (8400 m^3/saat) olduğunu bilinmektedir. Bu bilgiye göre hava ihtiyacı 470,4 kgO_2/saat bulunmuştur.

Tesiste mevcut blowerler roots tipi blowerlerdır. 1 asil 2 yedek şeklinde tasarlanmasına rağmen bazı aylarda ve şartlarda blower sayısı ikiye çıkmaktadır. Roots tipi blowerler ise hava yataklı blowerlere göre daha gürültülü ve ayrıca yağ değişimleri, filtre değişimleri ve kayış değişimleri gibi periyodik bakım zorunluluklarının yanında sıcaklık, basınç, nem gibi çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Ayrıca kullanılan bu blower, hava yataklı blowerlere göre daha fazla enerji tüketmektedir.

Havalandırma Ekipmanı 1. Alternatif: Çalışması yapılacak havalandırıcı Şekil 4.5'te gösterilmiş olup, Eta Ekipman Teknoloji Arıtma Ltd. Şti.'ne ait 2015 yılı çalışmasında, hava yataklı Neuros marka NX350-C070 model blower incelenmiş ve çalışma sonucunda; havalandırma havuzlarının ihtiyacı olan hava miktarına uygun çalışma debisi 9000 - 12500 m^3/saat aralığında ve 246 kW gücünde enerji tüketimine sahip turbo blower ile istenilen havanın karşılayacağı sonucuna varılmıştır (Anonim, 2015).



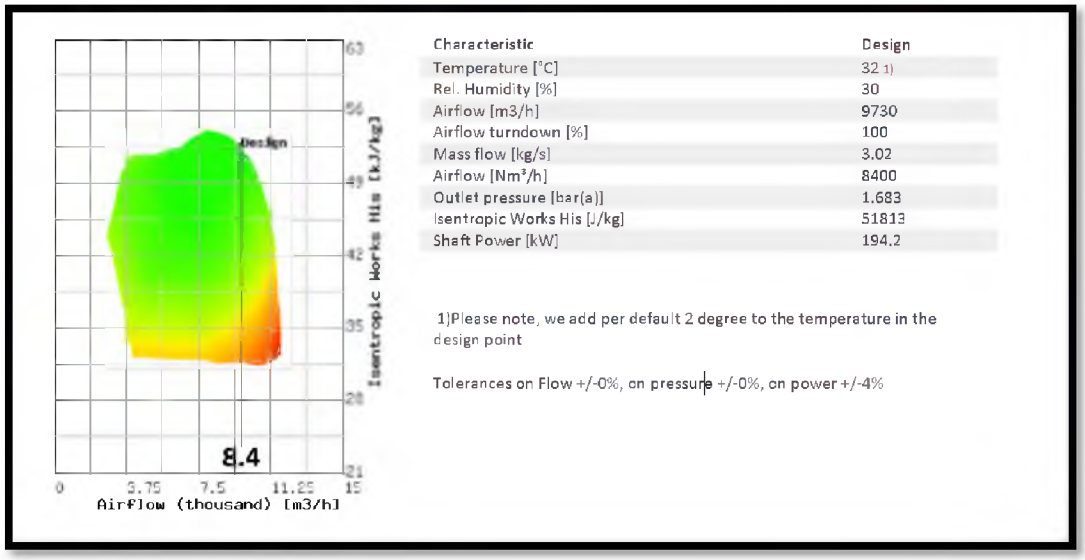
Şekil 4.5. Havalandırma Ekipmanı Neuros NX350-C070 (Anonim, 2015).

Havalandırma Ekipmanı 2. Alternatif: Çalışması yapılacak havalandırıcı Şekil 4.6'da gösterilmiş olup, Next marka turbo blowerın GTB T30 XY modelidir (Anonim, 2017c).



Şekil 4.6. Havalandırıcı Next Turbo Blower (GTB T30 XY).

Şekil 4.7'de gösterildiği gibi, 200 kW enerji tüketen 50 Hz dişli turbo blower maksimum hava çıkış hızı 19.8 m/s dir. DN350 mm çapta boru çıkışı ile bu hava akışı sağlanmaktadır. Maksimum 91 ^{0}C kadar çalışabilmekte olan bu blower 9730 m^{3}/saat ile 8400 m^{3}/saat arasında değişen bir hava debisine sahiptir. Motor dönüş hızı ise diğer tip blowerlara göre daha büyük pervane çapı olması sebebiyle 3000 rpm dir (Anonim, 2017c)



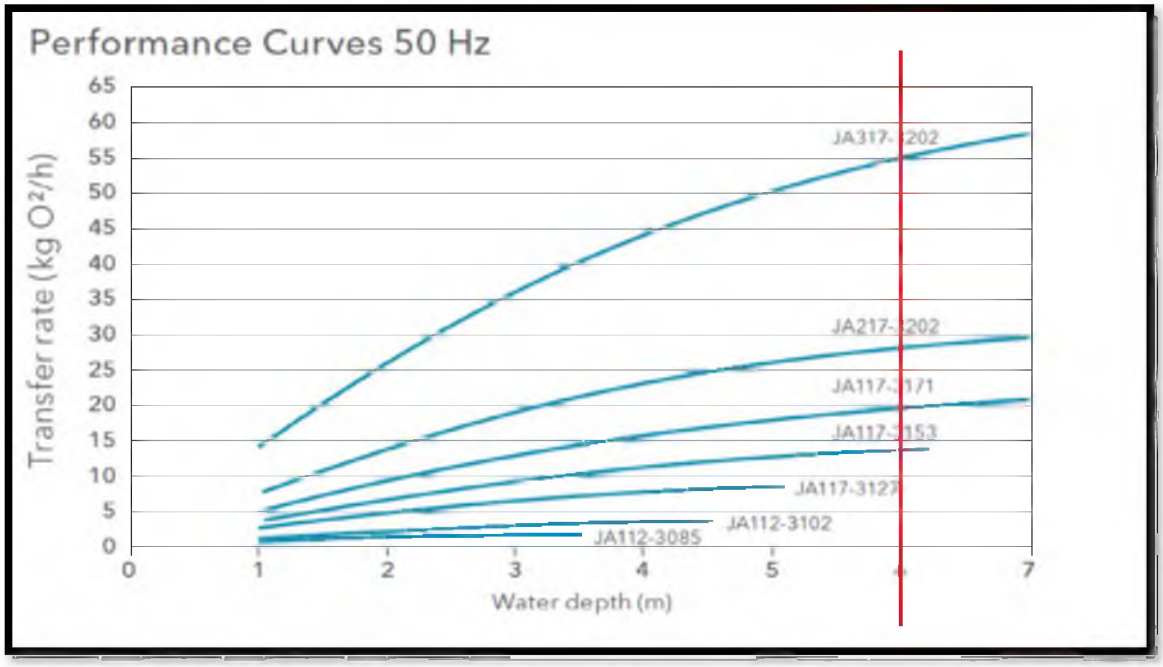
Characteristic	Design
Temperature [°C]	32 1)
Rel. Humidity [%]	30
Airflow [m3/h]	9730
Airflow turndown [%]	100
Mass flow [kg/s]	3.02
Airflow [Nm³/h]	8400
Outlet pressure [bar(a)]	1.683
Isentropic Works His [J/kg]	51813
Shaft Power [kW]	194.2

1)Please note, we add per default 2 degree to the temperature in the design point

Tolerances on Flow +/-0%, on pressure +/-0%, on power +/-4%

Şekil 4.7. Tesisinin İhtiyacı Olan Hava Miktarı ve Blower Performansı (Anonim, 2017c).

Havalandırma Ekipmanı 3. Alternatif: Mevcut atıksu arıtma tesisi havalandırma havuzları su yüksekliği 6 m dir. Bu bilgiye göre mekanik havalandırıcının Şekil 4.8'de gösterilen oksijen transferi derinlik grafiğine baktığımızda JA317-3202 modelinin uygun olacağı görülmektedir (Anonim, 2017b).



Şekil 4.8. FLYGT Marka Mekanik Havalandırıcının Oksijen - Su derinliği Grafiği (Anonim, 2017b).

Grafikte tespit edilen modelin bilgileri ise Şekil 4.9'da gösterilmektedir.

Model	JA112-3085		JA112-3102		JA117-3127		JA117-3153		JA117-3171		JA217-3202		JA317-3202	
	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz
SOTR* kgO2/h (lbsO2/h)	1.6	2.4 (5.3)	3.3	3.4 (7.5)	7.4	8.0 (17.5)	10.8	12 (26)	15	17 (37)	22	30 (66)	40	43 (95)
SAE**(kgO2/kWh)	0.7		1.0		1.2		1.4		1.3		1.5		1.5	
Ejectors	1		1		1		1		1		2		3	
Nozzle diam (mm)	55		55		95		95		95		95		95	
Flygt N-pump	3085MT		3102MT		3127LT		3153MT		3171MT		3202MT		3202LT	
Pump impeller code	460	462	460	463	424	425	433	435	433	435	641	641	610	614
Rated Power (kW)	2	2.2	3.1	3.7	5.9	7.5	9	11.2	15	18.6	22	34	37	45
Cooling jacket	-		-		-		Y		Y		Y		Y	

Şekil 4.9. FLYGT Marka Mekanik Havalandırıcı Modellerinin Bilgileri (Anonim, 2017b).

Oksijen su derinliği grafikte suyun derinliğine göre transfer edilen oksijen 55 kgO_2/saat olduğu kestirilmektedir. Tesiste iki adet havuzun oksijen kapasitesinin toplamı 470,4 kgO_2/saat olarak bilinmektedir. Bu bilgiye göre bir adet havuzun oksijen kapasitesi ise 235,2 kgO_2/saat dir. Bir havuzdaki jet aeratör sayısı ise;

Jet aeratör sayısı = 235,2 kgO_2/saat / 55 kgO_2/saat = 4,27 (4.3)

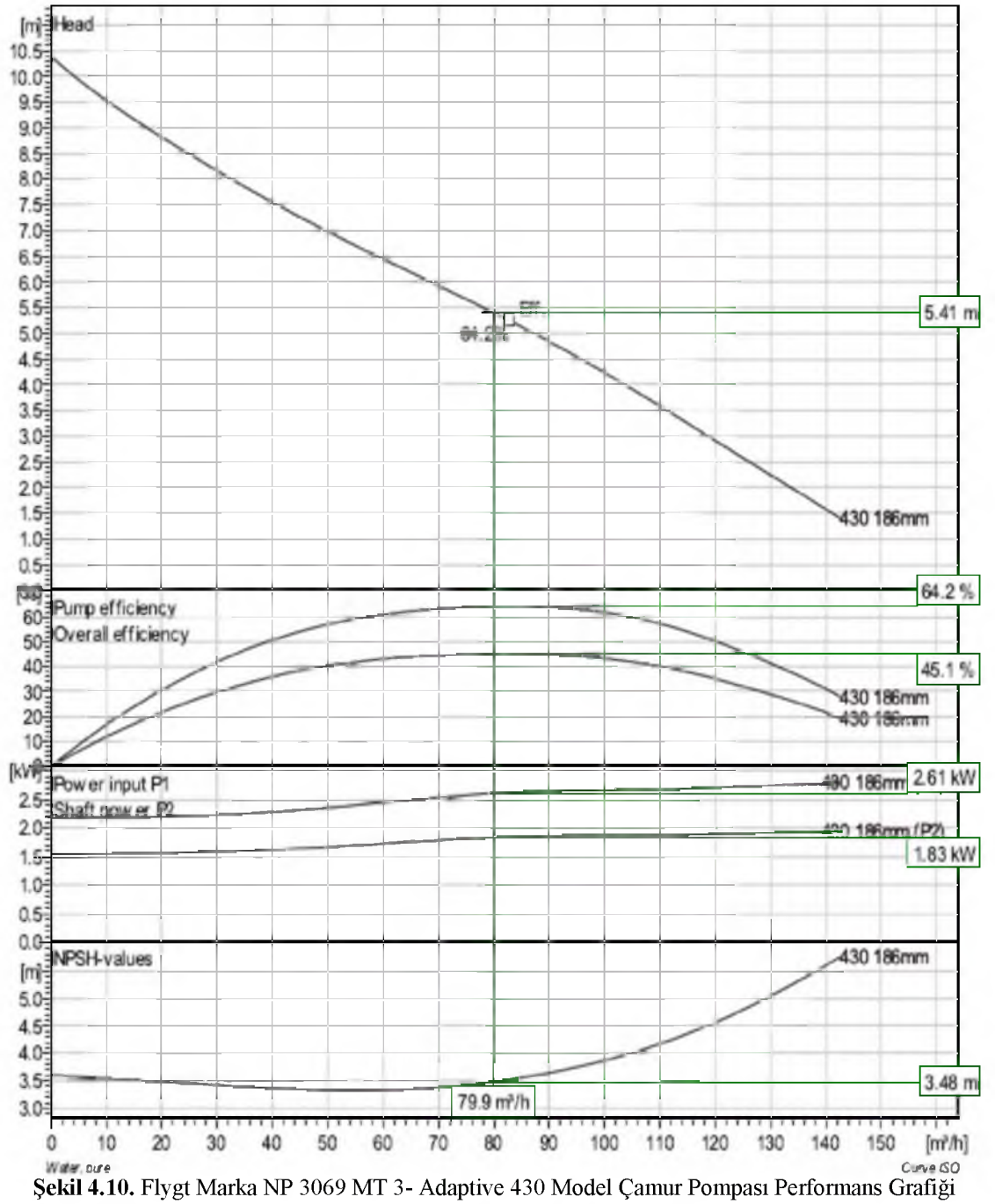
sonucu çıkar. Bu durumda bir havuzdaki jet aeratör sayısı 5 adet seçilmelidir. İki havalandırma havuzu olmasından dolayı toplam 10 adet jet aeratör olması gerekmektedir.

4.1.3. Atıksu Arıtımında Çamur Pompaları ve Seçimi

Mevcut atıksu arıtma tesisinde geri devir ve fazla çamur pompaları incelenmiştir. Artıma sonucu oluşan %6 katı madde içerikli çamuru; 1000 devir/dakika 45 kW motor güçlü, 1400 m^3/saat kapasiteli ve 7 m terfi iletimine sahip 24 saat %50 frekans invertörü

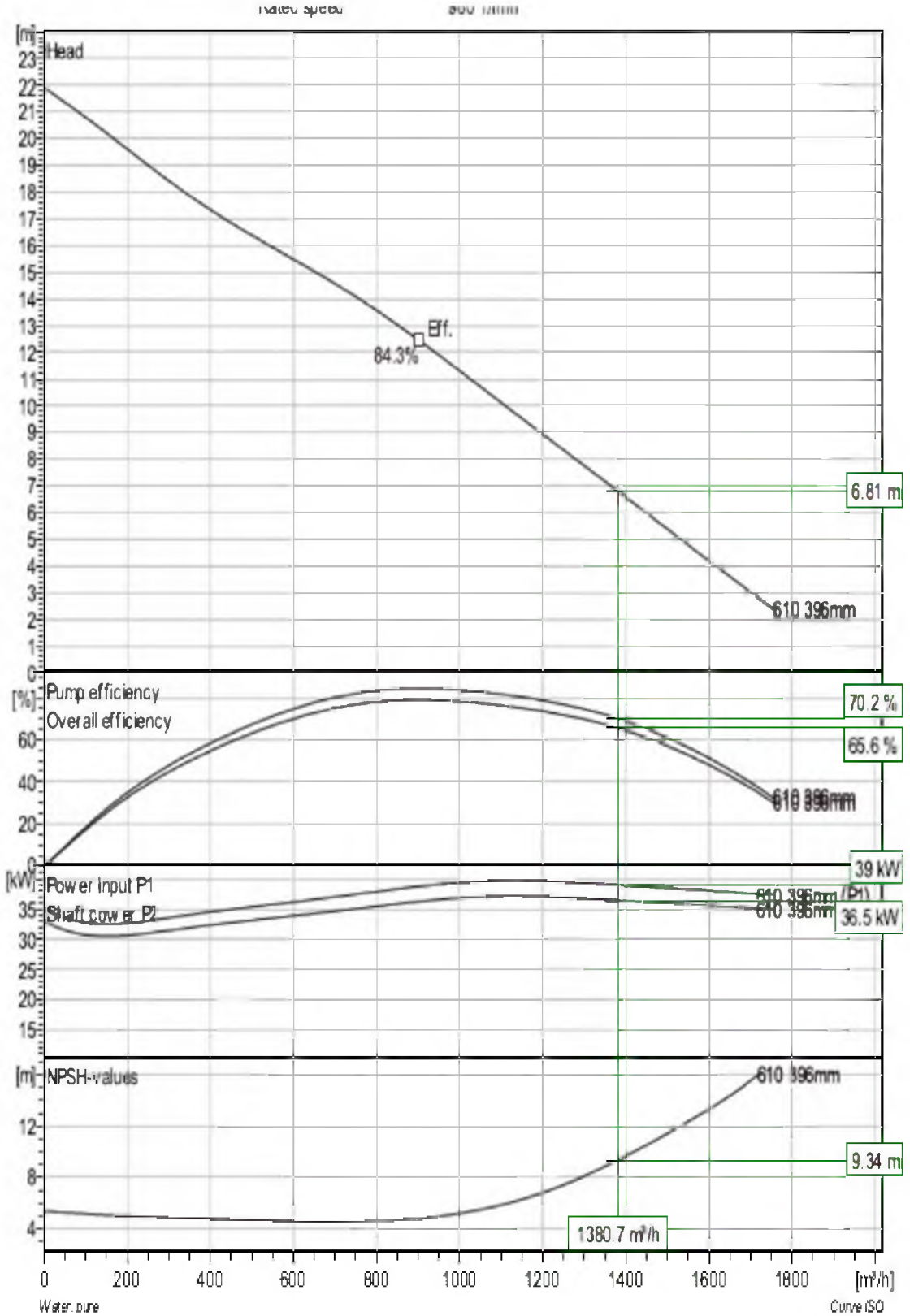
ile çalışan pompa ile havalandırma havuzlarına geri devir yaptırılır. Bu pompanın günlük çektiği enerji 549 kWh'tır. Geri kalan arıtma çamuru ise; 1000 devir/dakika 7 kW motor güçlü, 80 m^3/saat kapasiteli 18 saat %50 frekans invertörü ile çalışan pompa ile çamur arıtımına iletilir.

***Fazla Çamur Pompası Alternatifi*:** Çalışması yapılacak fazla çamur pompası için flygt marka NP 3069 MT 3 – Adaptive 430 modelli çamur pompası incelendiğinde, tesiste mevcut debisi 80 m^3/saat ve motor gücü 7 kW enerji tüketimine sahip çamur pompası yerine debisi 80 m^3/saat ve motor gücü 2,61 kW pompa düşünülmektedir.



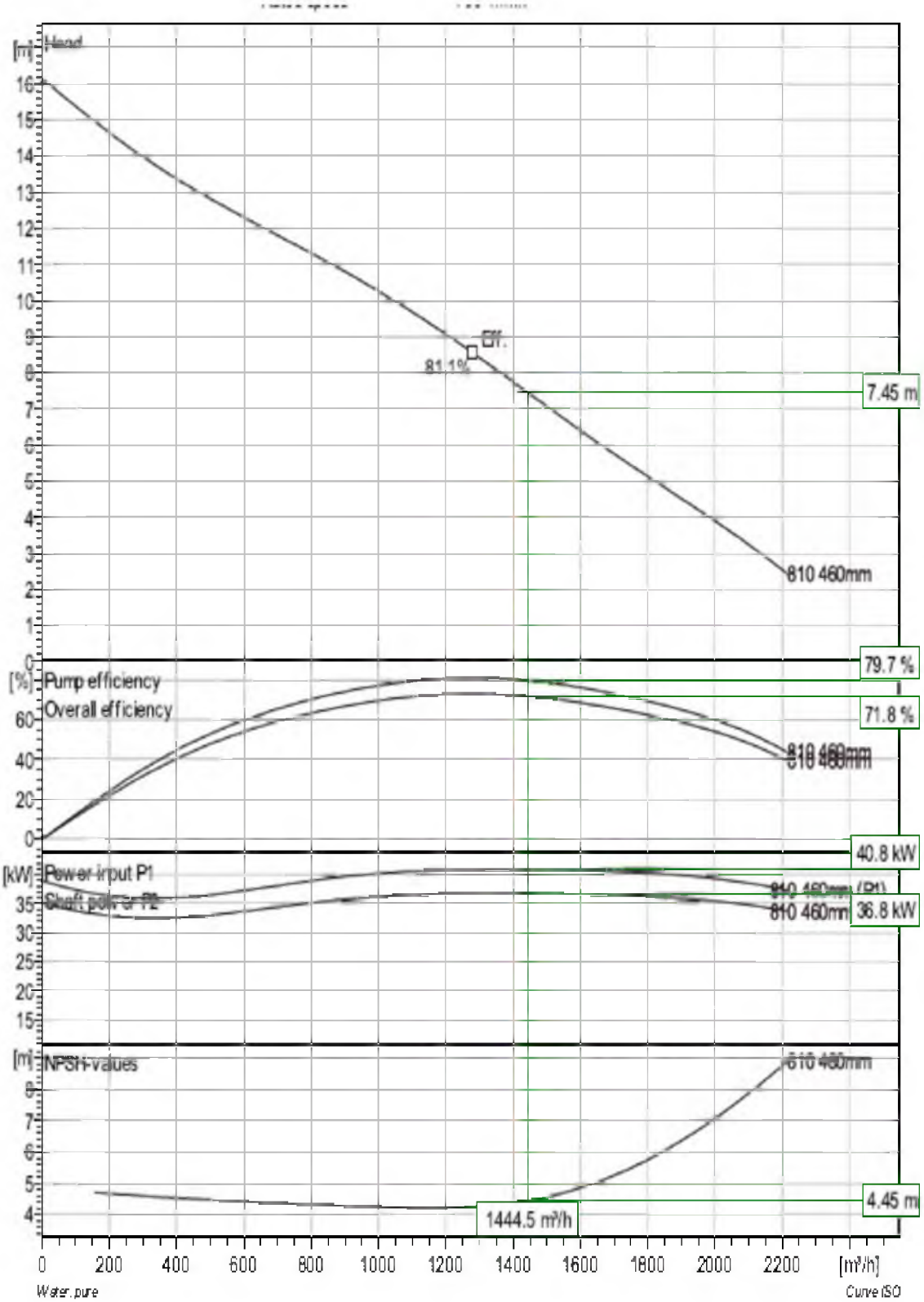
Şekil 4.10. Flygt Marka NP 3069 MT 3- Adaptive 430 Model Çamur Pompası Performans Grafiği (Anonim, 2017a).

***Geri Devir Çamur Pompası 1. Alternatifi*:** Çalışması yapılacak geri devir çamur pompası için flygt marka NP 3202 LT 3 – 610 modelli çamur pompası incelendiğinde, tesiste mevcut debisi 1440 m^3/saat ve motor gücü 45 kW enerji tüketimine sahip çamur pompası yerine debisi 1380 m^3/saat ve motor gücü 39 kW pompa düşünülmektedir.



Şekil 4.11. Flygt Marka NP 3202 LT 3- 610 Model Çamur Pompası Performans Grafiği (Anonim, 2017f).

***Geri Devir Çamur Pompası 2. Alternatifi*:** Çalışması yapılacak geri devir çamur pompası için flygt marka NP 3201 LT 3 – 810 modelli çamur pompası incelendiğinde, tesiste mevcut debisi 1440 m^3/saat ve motor gücü 45 kW enerji tüketimine sahip çamur pompası yerine debisi 1445 m^3/saat ve motor gücü 40.8 kW pompa düşünülmektedir.



Şekil 4.12. Flygt Marka NP 3301 LT 3- 810 Model Çamur Pompası Performans Grafiği (Anonim, 2017g).

4.1.4. Alternatif Proses: Havalandırma Havuzu Çözünmüş Oksijen ve Amonyum-Nitrat Kontrolü

***Çözünmüş Oksijen Kontrolü*:** Arıtma tesislerini enerji yönünden incelediğimizde tüketimin en fazla olduğu ünitenin biyolojik arıtımın gerçekleştiği havalandırma havuzlarında olduğunu görmekteyiz. Havalandırma havuzları içerisinde bulunan ve arıtmada önemli rol oynayan bakterilere hava ihtiyacının mekanik ya da basınçlı hava sağlayıcılar ile karşılandığını daha önceki bölümlerde incelemiştik. Arıtıma veriminin iyi olması için havuz içerisindeki çözünmüş oksijenin istenilen düzeyde olması gerekir. Yaşamsal faaliyetleri için önemli olan bu oksijenin havuz içerisinde istenilen seviyede olması için değeri düzenli bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu değerin azlığında bakterilerin yaşamsal faaliyetlerinin gösterememesinden dolayı çamur şişmeleri, ipliksi çamur oluşumu ve çamur çökelmelerinde belirli problemler yaşanmaktadır. Bunun tam tersi fazla oksijenin varlığında ise havuz içerisinde oluşan yumakların parçalanması ve enerjinin gerektiğinden fazla tüketilmesine neden olmaktadır (Meral ve Cavadzade, 2013).

Oksijen kontrolünün Endress+Hauser firmasına ait COS61D optik oksijen sensörüne sahip Liquiline CM44X cihazla yapılabileceği düşünülmektedir. Aynı cihaz Kayseri Merkez Atıksu Arıtma Tesisi içerisinde yer alan 8 adet havalandırma havuzlarında kullanılmaktadır. Kayseri Atıksu Arıtma Tesisinde yer alan cihazın resim ve enerji bilgileri Şekil 4.13'de gösterilmektedir (Medya, 2017).

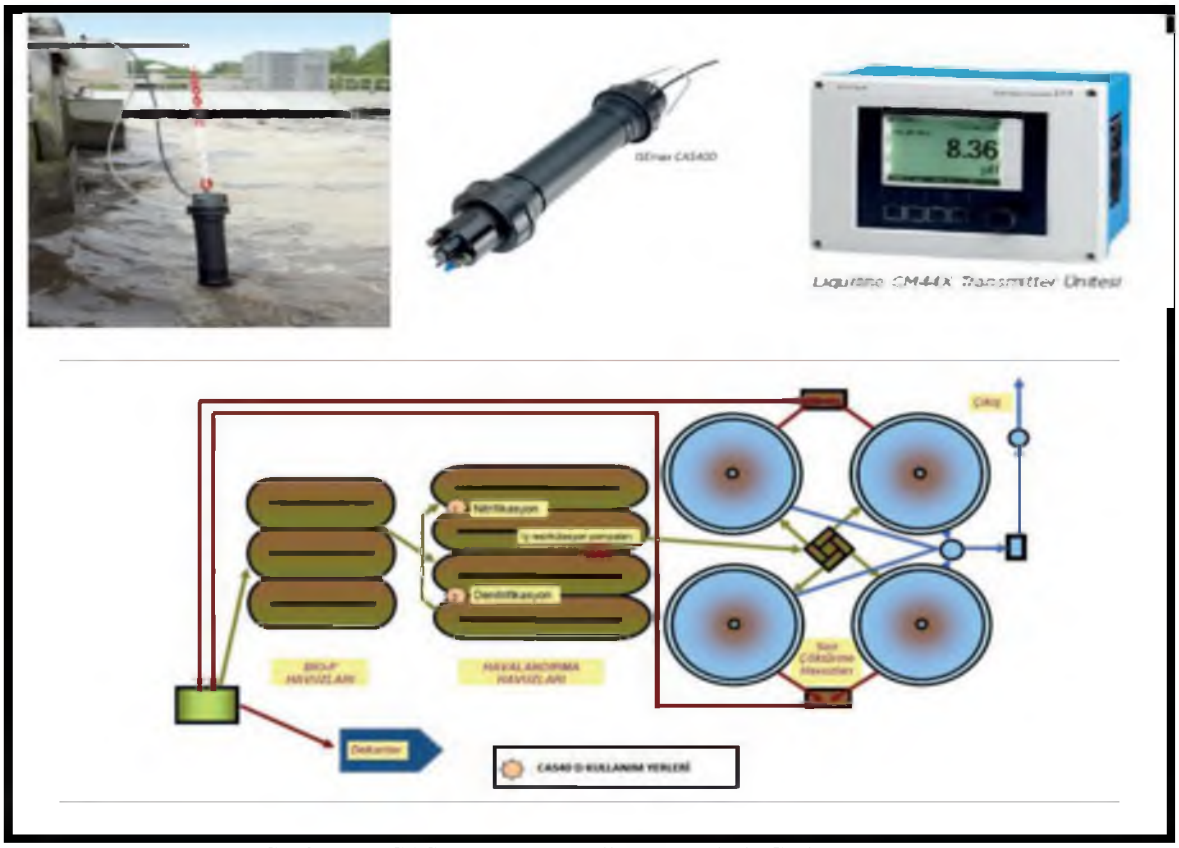


Şekil 4.13. Kayseri Atıksu Arıtma Tesisi Oksijen Metre ve Enerji Tablosu (Medya, 2017).

Mevcut tesisi ele aldığımızda böyle bir ekipmanın olmadığını görmekteyiz. Oksijenin tecrübeye dayılı verilmesi yerine düzenli kontroller ile verilmesi arıtım verimini olumlu yönde etkileyeceğini düşünmekteyiz. Bu ekipmanın varlığında arıtma veriminin artışı

ile oluşan çamurun daha kararlı ve daha iyi çökelebilir olması havalandırma da yapılan enerji tasarrufunun çamur arıtımına da yansıyacağını öngörmekteyiz.

Amonyum - Nitrat Kontrolü: Oksijen ölçümü ile birlikte havalandırma havuzlarında amonyum ve nitratın ölçülmesinin faydaları bulunmaktadır. Bu faydalar ise, geri devir çamur pompaları ve havuz içi resirkülasyon pompalarının optimum şartlarda çalışmasını sağlamaktadır. Bu ölçümle birlikte enerji tüketiminde düşmeler gözlemlenirken aynı zamanda havalandırma ekipmanlarının ömrünün uzamasına da yardımcı olur. Amonyum ve nitrat ölçümü ile birlikte arıtmanın en iyi şartlarda gerçekleşmesi sağlanarak çıkış suyundaki amonyum ve nitrat konsantrasyonunun istenilen limit değerlerin altına düşmesi elde edilmiş olur (Güder, 2017). Bu bilgiden yola çıkılarak Endress+Hauser marka ISEmax CAS40D memosensli sensör incelenmiştir. Cihazın parçaları ve havalandırma havuzu ölçüm noktaları Şekil 4.14'de gösterilmektedir.



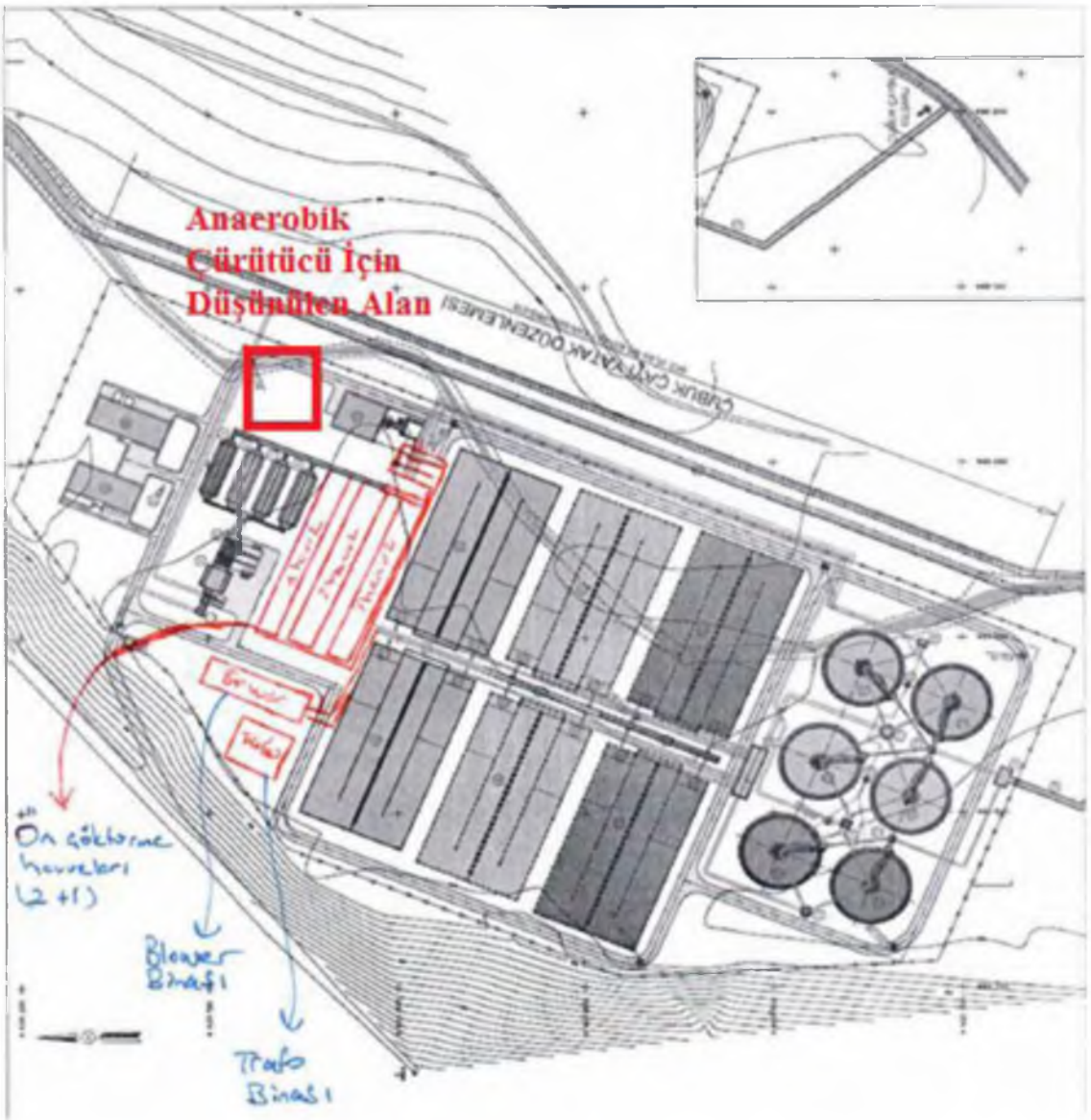
Şekil 4.14. CAS40D Havuz Kullanım Yerleri (Güder, 2017).

Bu iki cihazın varlığı havalandırma havuzu ve çamur arıtımındaki enerji tüketimleri toplamı yaklaşık %5 civarında azalma sağlanacağı düşünülmektedir.

4.1.5. Alternatif Proses: Çamur Stabilizasyonu Anaerobik Çürütme

Anaerobik çürütücü için ön çökeltim havuzuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun sebebi ön çökeltim çamurunun son çökeltim çamuruna göre enerji içeriği fazla ve daha taze oluşudur (İrdemez ve ark., 2016). Bundan dolayı anaerobik çürütücü öncesi tesiste bir ön çökeltim havuzu tasarlanması gerekmektedir. Ön çökeltim çamuru hesabı yapıldıktan sonra, ön çökeltim çamuru ile son çökeltim havuzu (geri devir sonrası net çamur) çıkış çamuru harmanlanarak çürütücüye geçmesi düşünülecek ve toplam çamur hesabı yapılacaktır. Anaerobik çürütücü olarak ise sürekli akımlı tam karışımlı reaktör düşünülmektedir.

Ön çökeltim havuzu tasarımı:



Şekil 4.15. Anaerobik Çürütücü ve Tesis Yerleşimi.

Şekil 4.15'de gösterilen mevcut vaziyete göre borulama maliyetinden tasarruf edebilmek için dikdörtgen planlı ön çökeltim havuzu uygun olacağı düşünülmektedir.

Bu bilgilere göre dikdörtgen ön çökeltim havuzu için;

$Q_{debi:}$ 42.000 m^3/gün (1750 m^3/sa)

Ön çöktürme havuzu yüzey yükü, $m^3/m^2.sa$ = 2 (1-2 $m^3/m^2.sa$) (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Havuz yüzey alanı: Q / Yüzey yükü (4.4)

Yüzey alanı 875 m^2 hesaplanmıştır. Dikdörtgen planlı çöktürme havuzu boyutlandırma kriterleri Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Çöktürme Havuzu Tasarım Bilgileri (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008).

Parametre	Aralık
Derinlik, m	1.5 – 5.0
Uzunluk, m	15 – 90
Genişlik, m	3 – 24
Taban Eğimi,	1:100, 1:200
Sıyırıcı Hızı, m/dk	0,6 – 1,2
Yatay Su Hızı, mm/sn	< 10
Savak Yükü, l/sn.m	< 10

Çizelge 4.1'e göre havuz genişliği 10 m seçilmiştir. Buna göre havuz uzunluğu;

Havuz uzunluğu = Havuz yüzey alanı / Havuz genişliği (4.5)

Bu verilere göre havuz uzunluğu 87,5 m çıkar.

Ön çökeltim havuzu çamur hesabı;

Çizelge 4.2. Farklı Çamurların Özellikleri (Anonim, 2010a).

Çamurun Veya Biyokatının Tipi	Katı Madde Konsantrasyonu (%)		Katı Madde Yükü, $kg/m^2.gün$
	Yoğunlaşmamış	Yoğunlaşmış	
Ön Çöktürme Çamuru	2 - 6	5 – 10	100 – 150
Damlatmalı Filtre Humusu	1 - 4	3 - 6	40 - 50
Döner Biyolojik Temas Tankı Atık Çamuru	1 – 3,5	2 - 5	35 - 50
Aktif Çamur	0,5 – 1,5	2 - 3	20 – 40
Uzun Havalandırma Aktif Çamur	0,2 – 1,0	2 - 3	25 – 40
Havasız Olarak Ön Çöktürme Çamuru Köpük	8	12	120

Atıksu giriş karakterizasyonu; AKM 115,9 mg/l ve BOİ 83 mg/l dir. Bu verilere göre AKM ve BOİ yükleri;

AKM, kg/gün : Giriş $_{AKM}$ x Q_{Debi} (4.6)

BOİ, kg/gün : : Giriş $_{BOİ}$ x Q_{Debi} (4.7)

AKM yükü 4867,8 kg/gün, BOİ yükü 3486 kg/gün bulunmuştur.

Çamur hesabı;

Çamur hacmi (m^3): ($\sum$ katı madde, kg/s)/(% katı madde x ρ $_{çamur}$ x 1000 kg/m^3)

(Filibeli, 1998) (4.8)

Çizelge 4.2'e göre katı madde muhtevası %4 kabul edilmiştir.

Ön çökeltim çamurunda, BOİ giderimi %25-40 ve AKM giderimi %50–60 arasında değişmektedir (Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008; Anonim, 2010a). Ön çökeltim çamuru BOİ giderimi %30 ve AKM giderimi %50 olarak düşünülürse;

Çamur yoğunluğu, ρ = 1,02 kabul edilerek;

Çamur hacmi, m^3 = (4867,8 kg/gün)/(0,04 x 1,02 x 1000 kg/m^3) = 119, 30 m^3/gün x 0,5 (AKM giderimi) = 59,65 m^3/gün (AKM giderimi içinde %30'luk BOİ giderimi gerçekleşmiş olur.)

Son çökeltim havuzu çamur hesabı;

Havuza giren AKM, mg/l = (115,9 mg/l – 115,9 x 0,5 mg/l) = 57,95 mg/l

Tesis çıkış AKM, mg/l = 35 mg/l

Havuza giren BOİ, mg/l = (83 mg/l – 83 x 0,3 mg/l) = 58,1 mg/l

Tesis çıkış BOİ, mg/l = 25 mg/l

AKM yükü hesabı = (57,95 mg/l – 35 mg/l) x 1000 l/m^3 x 1 kg/10^6 mg x 42000 m^3/gün = 963,9 kg/gün

BOİ yükü hesabı= (58,1 mg/l – 25 mg/l) x 1000 l/m^3 x 1 kg/10^6 mg x 42000 m^3/gün = 1390,2 kg/gün

Toplam çamur yükü, kg/gün= 963,9 kg/gün + 1390,2 kg/gün = 2354,1 kg/gün

Mevcut tesiste çamurun %75 geri devir edildiği bilinmektedir. Buna göre;

= 2354,1 kg/gün x 0,25 = 588,525 kg/gün

katı madde muhtevası %1 kabul edildi.

Çamur hacmi, m^3 = (588,525 kg/gün)/(0,01 x 1,02 x 1000 kg/m^3) = 57,69 m^3/gün

Anaerobik çürütücüye giden günlük çamurun hacmi, m^3 = (ön çökeltim çamurundan gelen çamur) 59,65 m^3 + (son çökeltim çamurundan gelen çamur) 57,69 m^3= 117,34 m^3 olarak hesaplanır.

Anaerobik çürütücü gazı hacmi ve dönüştürülen enerji;

Kullanılan BOİ, kg/m^3 = 83 mg/l x 1000 l/m^3 x 1kg/10^6 mg = 0,083 kg/m^3

Çamura dönüşen giderilen BOİ, kg/m^3 = (83 mg/l – 25 mg/l) x 1000 l/m^3 x 1kg/10^6 mg = 0,058 kg/m^3

Giderilen BOİ yükü, kg/gün = (0,058 kg/m^3) x (42000 m^3/gün) = 2436 kg/gün

1. ***Çürütücü hacmi hesabı;***

Çürütücü bekleme süresi 10-20 gün arasından 13 gün seçildi (Filibeli, 1998).

$$\theta_{gün} = V/Q \quad (4.9)$$

V= 117,34 m^3/gün x 13 gün = 1525,42 m^3

2. ***Hacimsel organik yükleme hesabı;***

kg BOİ / m^3.gün = 2436 kg/gün / 1525,42 m^3 = 1,6 kg/m^3.gün (1,6 – 4,8 kg/m^3.gün) (Filibeli, 1998)

3. ***Oluşan uçucu katı madde hesabı;***

$P_X = (\gamma \times Q \times E \times S_0) / (10^3 \text{ g/kg}) \times (1 + k_d \times \theta_c)$ (Filibeli, 1998; Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008) (4.10)

P_X: Net biyokütle üretimi, kg/gün

γ : Dönüşüm katsayısı, gr/gr (0,05 kabul edildi)

E: Stabilizasyonun verimi (%80 kabul edildi)

S_o : Nihai giriş BOİ'si, g/m^3

k_d : Ölme hızı katsayısı, gün^{-1} (0,03 kabul edildi)

θ_c : Çamur bekleme süresi, gün (13 gün)

P_X = (0,05 x 0,8 x 2436 kg/gün) / (1 + 0,03x13) = 70,10 kg/gün

4. ***Stabilizasyon yüzdesi hesabı;***

Stabilizasyon yüzdesi = $(Q \times E \times S_o \times ((1000 g/kg)^{-1} - 1{,}42\ P_X) / (Q \times S_o \times 1000 g/kg)^{-1}) \times 100$ (4.11)

Stabilizasyon yüzdesi= ((0,8 x 2436 – 1,42 x 70,10) / 2436) x 100 = 75,91 bulunur.

5. ***Oluşan metan gazı hacmi;***

$V_{metan} = (0{,}35 \text{ m}^3/\text{kg}) \times ((E \times Q \times S_o \times (10^3 \text{ g/kg})^{-1} - 1.42 \times P_X)$ (Filibeli, 1998; Samsunlu, 2006; Eroğlu, 2008) (4.12)

V_{metan} = (0,35) x (0,8 x 2436 – 1,42 x 70,10)

= 647 m^3/gün bulunur.

6. ***Toplam gaz oluşumu hesabı;***

Çamur çürütücü gazının metan yüzdesi %60-70 ve kalorifik değeri, 6-7 kWh/m^3 arasında değişmektedir (Öztürk, 2007).

Bu bilgiye göre metan yüzdesi %60 ve kalorifik değeri 6 kWh/m^3 seçilmiştir.

Toplam gaz hacmi, m^3/gün = 647 m^3/gün / 0,60 = 1078 m^3/gün

Metan gazından elde edilen enerji;

Enerji, kWh/gün = 647 m^3/gün x 9,7 kWh/m^3 (Erşahin ve ark., 2016) = 6275,9 kWh/gün

7. ***Kazanılan bu enerji ile arıtımda elde edilen günlük kazanım ve yüzdesi;***

Günlük harcanılan enerjinin %30 enerjiye geri kalan %50'lik enerjinin ise kendisi için kullanıldığı düşünülürse (Erşahin ve ark., 2016);

Metan gazından enerji dönüşümü, kWh/gün = 6275,9 x 0,30 = 1882,77 kWh/gün

Tesisin ihtiyaç duyduğu enerji, kWh/gün = 11809 – 1882,77 = 9926,23 kWh/gün bulunur.

4.2.Alternatif Ekipman ve Proseslerin Enerji Tüketim Değerleri ve Tesisin Toplam Enerji Tüketiminde Gözlemlenen Değişimler

4.2.1. Alternatif Terfi Pompalarının Enerji Tüketim Verileri

Enerji tüketimi, kWh/gün = Cihaz gücü (kW) x Çalışma verimi x Pompanın günlük çalışma süresi (saat) (4.13)

Aylık kazanç, TL = Aylık kazanılacak olan enerji x Tüketilen enerji bedeli, TL/kWh (4.14)

1. Alternatif Terfi Pompası: Flygt marka, NP 3400/736 3-870 modelli terfi pompası tesiste bulunan 100 kW motor gücündeki pompa yerine düşünüldüğünde, eşitlik 4.13'ten yararlanılarak yaklaşık enerji tüketimi 1235 kWh/gün olarak bulunmuştur. Bu terfi pompasının kullanılması durumunda günlük yaklaşık 305 kWh enerjinin tasarruf edileceği ve böylece tesisin günlük toplam enerji tüketiminin yaklaşık 11.504 kWh değerine düşeceği görülmektedir. İkinci alternatif olarak değerlendirilen pompanın kullanımı ile elde edilen günlük enerji kazancı 305 kWh ve aylık kazancı ise 9150 kWh tır. Eşitlik 4.14'e göre aylık yaklaşık 2394 TL kazancın olabileceği hesaplanmıştır.

2. Alternatif Terfi Pompası: Standart marka, SDS 350-400 modelli terfi pompası tesiste bulunan 100 kW motor gücündeki pompa yerine düşünüldüğünde, eşitlik 4.13'ten yararlanılarak yaklaşık enerji tüketimi 1098 kWh/gün olarak bulunmuştur. Bu terfi pompasının kullanılması durumunda günlük yaklaşık 442 kWh enerjinin tasarruf edileceği ve böylece tesisin günlük toplam enerji tüketiminin yaklaşık 11.367 kWh değerine düşeceği görülmektedir. Üçüncü alternatif olarak değerlendirilen

pompanın kullanımı ile elde edilen günlük enerji kazancı 442 kWh ve aylık kazancı ise yaklaşık 13.260 kWh tır. Eşitlik 4.14'e göre aylık yaklaşık 3469 TL kazancın olabileceği hesaplanmıştır. Tesiste mevcut terfi pompası ve alternatif pompalarına ait teknik – sonuç bilgileri Çizelge 4.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Mevcut Terfi Pompası ve Alternatif Terfi Pompalarının Enerji Verimi Açısından Karşılaştırılması.

Terfi Pompaları ve Özellikleri			
Parametre	**Tesiste Mevcut Çalışan Terfi Pompası**	**1.Alternatif Terfi Pompası**	**2.Alternatif Terfi Pompası**
Pompa Markası	Grundfos	FLYGT	Standart
Pompa Tipi	Dalgıç	Dalgıç	Yatay Milli Santrifüj
Motor Gücü, kW	100	96	87,7
Motor Devri, rpm	1000	735	740
Su Basma Yüksekliği, m	15	15,3	15
Debi, m^3/sa	1800	1815,2	1800
Frekans, Hz	50	50	50
Çalışma Verimi, %	90	83,5	81,3
Günlük Harcanan Net Enerji, kWh/gün	1540	1235	1098
Ekipmanın Kullanımı İle Arıtma Tesisinde Toplam Enerji, kWh/gün	11809	11504	11367
Arıtma Tesisi Enerji Tüketimi İçindeki Yüzdesi, %	13	10,7	9,7
Tesisteki Mevcut Pompaya Göre Günlük Kazanılan Enerji, kWh/gün	-	305	442
Tesisteki Mevcut Pompaya Göre Aylık Kazanılan Enerji, kWh/gün		9150	13260
Ekipmanın Aylık Tüketim Bedeli, TL	12.086	9692	8617
Aylık Kazanç, TL	-	2394	3469

4.2.2. Alternatif Havalandırma Ekipmanlarının Enerji Tüketim Verileri

1. Alternatif Havalandırma Ekipmanı: Neuros marka turbo blower (NX350-C070) tesiste bulunan 315 kW motor gücüne sahip roots tipi blower'a alternatif olarak düşünüldüğünde, eşitlik 4.13'ten yararlanılarak yaklaşık enerji tüketimi 5314 kWh/gün bulunmuştur. Arıtma tesisinin günlük yaklaşık 11.809 kWh toplam enerji tüketimi içerisinde, günlük 6804 kWh enerji tüketiminin mevcut 315 kW motor gücüne sahip roots tipi blower'a ait olduğu bilinmektedir. Neuros marka turbo blowerın (NX350-C070) kullanımı ile birlikte günlük 1490 kWh enerjinin tasarruf edileceği ve böylece tesisin günlük toplam enerji tüketiminin 11.319 kWh değerine düşeceği görülmektedir. Düşünülecek olan alternatif havalandırma ekipmanının kullanımı ile elde edilen günlük enerji kazancı 1490 kWh ve aylık kazancı ise 44.700 kWh olacaktır. Eşitlik 4.14'e göre aylık yaklaşık 11.694 TL kazancın olabileceği hesaplanmıştır.

2. Alternatif Havalandırma Ekipmanı: Next marka turbo blower (GTB T30) tesiste bulunan 315 kW motor gücüne sahip roots tipi blower'a alternatif olarak düşünüldüğünde, eşitlik 4.13'ten yararlanılarak yaklaşık enerji tüketimi 4320 kWh/gün bulunmuştur. Arıtma tesisinin günlük yaklaşık 11.809 kWh toplam enerji tüketimi içerisinde, günlük 6804 kWh enerji tüketiminin mevcut 315 kW motor gücüne sahip roots tipi blower'a ait olduğu bilinmektedir. Next marka turbo blowerın (GTB T30) kullanımı ile birlikte günlük 2484 kWh enerjinin tasarruf edileceği ve böylece tesisin günlük toplam enerji tüketiminin 9325 kWh değerine düşeceği görülmektedir. Düşünülecek olan alternatif havalandırma ekipmanının kullanımı ile elde edilen günlük enerji kazancı 2484 kWh ve aylık kazancı ise 74.520 kWh olacaktır. Eşitlik 4.14'e göre aylık yaklaşık 19.494 TL kazancın olabileceği hesaplanmıştır.

***3. Alternatif Havalandırma Ekipmanı*:** Flygt marka mekanik havalandırıcının JA317-3202 modelli mekanik havalandırıcı tesiste bulunan 315 kW motor gücüne sahip roots tipi blower yerine düşünüldüğünde, Bölüm 4.1.2' de gösterilen Şekil 4.8-9'a göre JA317-3202, 50 Hz modelinin 37 kW güçte olduğu görülmüş ve buna göre havalandırıcı ihtiyacının 10 adet olduğu hesaplanmıştır. Bu bilgilere göre toplam tüketilen enerji 370 kWh olmaktadır. Buna göre günlük enerji tüketimi bağıntısından (Eşitlik 4.13) yararlanılarak enerji tüketimi 7792 kWh/gün olarak bulunmuştur. Bu ekipmanın kullanılması ile birlikte havalandırma havuzlarında bulunan ve karışımı sağlayan günlük 1814,4 kWh enerji tüketime sahip dalgıç mikserlerin kullanılmayacağı kanaatine varılmıştır. Bu durumda net tüketim yaklaşık 6178 kWh/gün olur. Flygt marka JA317-3202 modelli mekanik havalandırıcıların kullanımı ile birlikte günlük 626

kWh enerjinin tasarruf edileceği ve böylece tesisin günlük toplam enerji tüketiminin 11.183 kWh değerine düşeceği görülmektedir. Düşünülecek olan alternatif havalandırma ekipmanının kullanımı ile elde edilen günlük enerji kazancı 626 kWh ve aylık kazancı ise 18.780 kWh olacaktır. Eşitlik 4.14'e göre aylık yaklaşık 4913 TL kazancın olabileceği hesaplanmıştır.

Tesiste mevcut havalandırıcı ve alternatif havalandırıcılara ait teknik – sonuç bilgileri Çizelge 4.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Mevcut Hava Sağlayıcı ve Alternatif Hava Sağlayıcılarının Enerji Kazanımı Açısından Kıyaslanması.

Hava Sağlayıcılar ve Özellikleri				
Parametre	**Tesiste Mevcut Hava Sağlayıcı**	**1.Alternatif Hava Sağlayıcı**	**2.Alternatif Hava Sağlayıcı**	**3.Alternatif Hava Sağlayıcı**
Havalandırma Ekipmanın Markası	Aerzen	Neuros NX350-C070	Next Turbo GTB T30 XY	Flygt JA317-3202
Havalandırıcı Tipi	Basınçlı	Basınçlı	Basınçlı	Mekanik
Havalandırıcı Sayısı, Adet	1	1	1	10
Motor Gücü, kW	315	246	200	370
Motor Devri, rpm	1490	-	3000	-
Hava Debisi, m^3/sa	8400	12756	9730	-
Frekans, Hz	50	50	50	50
Çalışma Verimi, %	90	90	90	90
Günlük Harcanan Net Enerji, kWh/gün	6804	5314	4320	6178
Ekipmanın Kullanımı İle Arıtma Tesisinde Toplam Enerji, kWh/gün	11.809	10.319	9325	11.183
Arıtma Tesisi Enerji Tüketimi İçindeki Yüzdesi, %	58	52	46	55
Tesisteki Mevcut Havalandırıcıya Göre Günlük Kazanılan Enerji, kWh/gün	-	1490	2484	626
Tesisteki Mevcut Havalandırıcıya Göre Aylık Kazanılan Enerji, kWh/ay	-	44.700	74.520	18.780
Ekipmanın Aylık Tüketim Bedeli, TL	53.398	41.704	34.033	48.485
Aylık Kazanç, TL	-	11.694	19.494	4913

4.2.3. Alternatif Çamur Pompalarının Enerji Tüketim Verileri

Alternatif Fazla Çamur Pompası: Flygt marka, NP 3069 MT 3 – Adaptive 430 modelli çamur pompası tesiste bulunan 7 kW motor gücündeki pompa yerine düşünüldüğünde, eşitlik 4.13'ten yararlanılarak yaklaşık enerji tüketimi yaklaşık 15 kWh/gün olarak bulunmuştur. Bu çamur pompasının kullanılması durumunda günlük yaklaşık 48 kWh enerjinin tasarruf edileceği ve böylece tesisin günlük toplam enerji tüketiminin yaklaşık 11761 kWh değerine düşeceği görülmektedir. Alternatif olarak değerlendirilen pompanın kullanımı ile elde edilen günlük enerji kazancı 48 kWh ve aylık kazancı ise 1440 kWh tır. Eşitlik 4.14'e göre aylık yaklaşık 377 TL kazancın olabileceği hesaplanmıştır.

1. Alternatif Geri Devir Çamur Pompası: Flygt marka, NP 3202 LT 3 – 610 modelli çamur pompası tesiste bulunan 45 kW motor gücündeki pompa yerine düşünüldüğünde, eşitlik 4.13'ten yararlanılarak yaklaşık enerji tüketimi yaklaşık 329 kWh/gün olarak bulunmuştur. Bu çamur pompasının kullanılması durumunda günlük yaklaşık 211 kWh enerjinin tasarruf edileceği ve böylece tesisin günlük toplam enerji tüketiminin yaklaşık 11.598 kWh değerine düşeceği görülmektedir. Alternatif olarak değerlendirilen pompanın kullanımı ile elde edilen günlük enerji kazancı 211 kWh ve aylık kazancı ise 6330 kWh tır. Eşitlik 4.14'e göre aylık yaklaşık 1656 TL kazancın olabileceği hesaplanmıştır.

2. Alternatif Geri Devir Çamur Pompası: Flygt marka, NP 3201 LT 3 – 810 modelli çamur pompası tesiste bulunan 45 kW motor gücündeki pompa yerine düşünüldüğünde, eşitlik 4.13'ten yararlanılarak yaklaşık enerji tüketimi yaklaşık 390 kWh/gün olarak bulunmuştur. Bu çamur pompasının kullanılması durumunda günlük yaklaşık 150 kWh enerjinin tasarruf edileceği ve böylece tesisin günlük toplam enerji tüketiminin yaklaşık 11.659 kWh değerine düşeceği görülmektedir. Alternatif olarak değerlendirilen pompanın kullanımı ile elde edilen günlük enerji kazancı 329 kWh ve aylık kazancı ise 4500 kWh tır. Eşitlik 4.14'e göre aylık yaklaşık 1177 TL kazancın olabileceği hesaplanmıştır.

Tesiste mevcut çamur pompaları ve alternatif pompalarına ait teknik – sonuç bilgileri Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Mevcut Çamur Pompaları ve Alternatif çamur Pompalarının Enerji Verimi Açısından Karşılaştırılması.

Terfi Pompaları ve Özellikleri					
Parametre	**Tesiste Mevcut Çalışan Fazla Çamur Pompası**	**Alternatif Fazla Çamur Pompası**	**Tesiste Mevcut Çalışan Geri Devir Çamur Pompası**	**1.Alternatif Geri Devir Çamur Pompası**	**2.Alternatif Geri Devir Çamur Pompası**
Pompa Markası		FLYGT		FLYGT	FLYGT
Pompa Tipi	Dalgıç	Dalgıç	Dalgıç	Dalgıç	Dalgıç
Motor Gücü, kW	7	2,61	45	39	40,8
Motor Devri, rpm	-	1360	-	980	735
Basma Yüksekliği, m	-	5,41	7	6,81	7,45
Debi, m^3/sa	80	79,9	1440	1380,7	1444,5
Frekans, Hz	50	50	50	50	50
Çalışma Verimi, %	90	64,2	90	70,2	79,7
Günlük Harcanan Net Enerji, kWh/gün	63	15	540	329	390
Ekipmanın Kullanımı İle Arıtma Tesisinde Toplam Enerji, kWh/gün	11809	11761	11809	11598	11659
Arıtma Tesisi Enerji Tüketimi İçindeki Yüzdesi, %	0,53	0,13	4,57	2,84	3,35
Tesisteki Mevcut Pompaya Göre Günlük Kazanılan Enerji, kWh/gün	-	48	-	211	150
Tesisteki Mevcut Pompaya Göre Aylık Kazanılan Enerji, kWh/gün	-	1440	-	6330	4500
Ekipmanın Aylık Tüketim Bedeli, TL	495	118	4238	2582	3061
Aylık Kazanç, TL	-	377	-	1656	1177

4.2.4. Alternatif Proses Anaerobik Çürütücü Enerji Verileri

Tesise düşünülen anaerobik çürütücü, sistemde yerleşim olarak borulamalarda değişmelere sebep olacak ve aynı zamanda yeni ünitelerin eklenmesi ile kazı maliyeti, inşaat maliyeti gibi birçok maliyetleri beraberinde getirecektir. Anaerobik çürütücü sistemlerinde, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu ve işletme problemlerinin varlığı göz ardı edilmemesi gerekir. H_2S kontrolü ve ekipmanların hassasiyetlerinden kaynaklanan arızalar işletme sorunlarıdır. Bakım maliyetleri yüksek olan bu sistemlerde reaktörün boşaltılması ve bakımı aşaması 4-5 ay gibi süreye tekabül etmektedir. Bu süre içerisindeki 1-2 aylık süreç gazın boşalması için beklenilen süredir. Bu süreyi azaltmak için hava sirkülasyonunu artıracak hava pompaları kullanılabilir. Ayrıca oluşan köpüğünde kontrol zorluğu bulunmaktadır (Erdirençelebi, 2015). Tesiste anaerobik çürütücünün eklenmesi ile muhtemel değişiklik ise Şekil 4.15.'te gösterilmiştir. Düşünülen anerobik çürütücü ile birlikte tesiste günlük yaklaşık 1883 kWh bir enerji kazanımı olacağı Bölüm 4.1.5'te hesaplanmıştır. Böylece tek terimli üç zamanlı sanayi tipi elektrik verilerine göre aylık kazanç,

Kazanç = 1883 kWh x 30 (gün) x 0,2616 kr = 14.778,000 TL/ay olur.

42.000 m^3/gün kapasiteli tesise, ön çökeltim ünitesi ve anaerobik çürütücünün eklenmesi durumunda inşaat, mekanik ekipman ve elektrik gibi parametreler dikkate alınarak ön çökeltim havuzları için ilk yatırım maliyetinin yaklaşık 250.000 TL ile 300.000 TL aralığında ve anaerobik çürütücünün ilk yatırım maliyetinin 700.000 TL ile 1.000.000 TL aralığında olacağı düşünülmektedir. Buna göre anaerobik çürütücünün olması durumunda yaklaşık 65 ay (5 yıl – 5 ay) ile 90 ay (7 yıl – 6 ay) gibi süreler sonunda kazanılan enerji ile amorti edilebileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.6. Alternatif Ekipmanlar ve Tesisin Enerji Tüketim Verileri (1).

Alternatif Ekipmanların Numaraları			Enerji Tüketimi, kWh/gün								
		Mevcut Tesis Enerji Tüketimi	$(Tp_1)^a$	$(Tp_3)^b$	$(TH_1)^c$	$(TH_2)^d$	$(H_3)^e$	$(GDÇP_1)^f$	$(GDÇP_2)^g$	$(FÇP)^h$	AÇ
S. No	Tesis Ekipman Listesi		1.Tip Terfi Pompası	2.Tip Terfi Pompası	1.Tip Hava Sağlayıcı	2.Tip Hava Sağlayıcı	3.Tip Hava Sağlayıcı	1.Alternatif Geri Devir Çamur Pompası	2.Alternatif Geri Devir Çamur Pompası	1.Alternatif Fazla Çamur Pompası	Anaerobik Çürütücü
1	Kaba Izgara Kumandalı Kapak	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396
2	Kaba Izgara Motor	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135
3	Terfi Pompası	1540	1235	1098	1540	1540	1540	1540	1540	1540	1540
4	İnce Izgara Motor	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
5	Yağ Sıyırıcı	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
6	Kum Sıyırıcı	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
7	Kum Tutucu Körüğü	324	324	324	324	324	324	324	324	324	324
8	Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu Çıkış Debimetre	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16
9	Kum Ayırıcı	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2
10	Kum Pompası	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8	64,8
11	Havalandırma Havuzu Anaerobik Bölüm Dalgıç Mikser	1814,4	1814,4	1814,4	1814,4	1814,4	(Jet Aeratör)	1814,4	1814,4	1814,4	1814,4
12	Havalandırma Havuzu İç Resürkülasyon Pompası	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432
13	Hava Sağlayıcı (Blower)	6804	6804	6804	5314	4320	6178	6804	6804	6804	6804
14	Geri Devir Çamur Pompası	540	540	540	540	540	540	329	390	540	540
15	Fazla Çamur Pompası	63	63	63	63	63	63	63	63	15	63
16	Son Çökeltim Havuzu Debimetre	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32
17	Çamur Toplama Yapısı Motorlu Savak	1,875	1,875	1,875	1,875	1,875	1,875	1,875	1,875	1,875	1,875

Çizelge 4.6. Alternatif Ekipmanlar ve Tesisin Enerji Tüketim Verileri (2).

Alternatif Ekipmanların Numaraları			Enerji Tüketimi, kWh/gün								
			$(Tp_2)^b$	$(Tp_3)^c$	$(TH_1)^d$	$(TH_2)^e$	$(H_3)^f$	$(GDÇP_1)^h$	$(GDÇP_2)^g$	$(FÇP)^i$	AÇ
Tesis Ekipman Listesi		Mevcut Tesis Enerji Tüketimi	2.Tip Terfi Pompası	3.Tip Terfi Pompası	1.Tip Hava Sağlayıcı	2.Tip Hava Sağlayıcı	3.Tip Hava Sağlayıcı	1.Alternatif Geri Devir Çamur Pompası	2.Alternatif Geri Devir Çamur Pompası	Alternatif Fazla Çamur Pompası	Anaerobik Çürütücü
18	Çamur Susuzlaştırma Polielektrolit Ünitesi	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
19	Dozaj Pompası	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05
20	Çamur Susuzlaştırma Karıştırma	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
21	Mekanik Çamur Yoğunlaştırıcı	12,15	12,15	12,15	12,15	12,15	12,15	12,15	12,15	12,15	12,15
22	Mekanik Yoğunlaştırıcı Yıkama Pompası	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
23	Konveyör	48,6	48,6	48,6	48,6	48,6	48,6	48,6	48,6	48,6	48,6
24	Sızıntı Suyu Pompası	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
25	Anaerobik Çürütücü	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1883
Günlük Toplam Enerji Tüketimi, kWh/gün		**11.809**	**11.504**	**11.367**	**10.319**	**9325**	**11.183**	**11.598**	**11.659**	**11.761**	**9926,23**
Günlük Kazanılan Enerji, kWh/gün		**-**	**305**	**442**	**1490**	**2484**	**626**	**211**	**150**	**48**	**1883**
Aylık Kazanılan Enerji, kWh/ay		**-**	**9150**	**13260**	**44.700**	**74.520**	**18.780**	**6330**	**4500**	**1440**	**56490**
Aylık Kazanılan Enerji Bedeli, TL/ay		**-**	**2394**	**3469**	**11.694**	**19.494**	**4913**	**1656**	**1177**	**377**	**14.778**
Tesisin Toplam Aylık Enerji Tüketim Bedeli, TL/ay		**92.673**	**90.284**	**89.208**	**80.984**	**73.183**	**87.764**	**91.021**	**91.500**	**92.300**	**77.901**
Yüzde Enerji Kazanımı, %		**-**	**2,58**	**3,74**	**12,62**	**21,04**	**5,30**	**1,79**	**1,27**	**0,41**	**15,95**

[a] Flygt marka terfi pompası, [b] Standart marka terfi pompası, [c] Neuros marka turbo blower, [d] Next marka turbo blower, [e] Flygt marka mekanik havalandırıcı, [i] Flygt marka fazla çamur pompası, [g] Flygt marka fazla çamur pompası, [h] Flygt marka geri devir çamur pompası

Çizelge 4.7. Alternatif Ekipmanların Kombinasyonu Sonucu Tesis Enerji Tüketim Verileri ve Enerji Kazanım Değerleri (1).

Arıtma Ekipmanları ve Kombinasyonları	Günlük Toplam Enerji Tüketimi, kWh/gün	Günlük Kazanılan Enerji, kWh/gün	Aylık Kazanılan Enerji, kWh/ay	Aylık Kazanılan Enerji Bedeli, TL/ay	Tesisin Toplam Aylık Enerji Tüketim Bedeli, TL/ay	Yüzde Enerji Kazanımı, %
Mevcut Tesis	11.809	-	-	-	92.673	-
Tp-1	11504	305	9150	2393,64	90283,39	2,58
Tp-1 / H-1	10014	1795	53850	14087,16	78589,87	15,20
Tp-1 / H-2	9020	2789	83670	21888,07	70788,96	23,62
Tp-1 / H-3	10878	931	27930	7306,49	85370,54	7,88
Tp-1 / FÇP	11456	353	10590	2770,34	89906,69	2,99
Tp-1 / GDÇP-1	11293	516	15480	4049,57	88627,46	4,37
Tp-1 / GDÇP-2	11354	455	13650	3570,84	89106,19	3,85
Tp-1 / AÇ	9621	2188	65640	17171,42	75505,61	18,53
Tp-1 / H-1 / FÇP	9966	1843	55290	14463,86	78213,17	15,61
Tp-1 / H-2 / FÇP	8972	2837	85110	22264,78	70412,26	24,02
Tp-1 / H-3 / FÇP	10830	979	29370	7683,19	84993,84	8,29
Tp-1 / H-1 / GDÇP-1	9803	2006	60180	15743,09	76933,94	16,99
Tp-1 / H-1 / GDÇP-2	9864	1945	58350	15264,36	77412,67	16,47
Tp-1 / H-2 / GDÇP-1	8809	3000	90000	23544,00	69133,03	25,40
Tp-1 / H-2 / GDÇP-2	8870	2939	88170	23065,27	69611,76	24,89
Tp-1 / H-3 / GDÇP-1	10667	1142	34260	8962,42	83714,62	9,67
Tp-1 / H-3 / GDÇP-2	10728	1081	32430	8483,69	84193,34	9,15
Tp-1 / H-1 / AÇ	8131	3678	110340	28864,94	63812,09	31,15
Tp-1 / H-2 / AÇ	7137	4672	140160	36665,86	56011,18	36,56
Tp-1 / H-3 / AÇ	8995	2814	84420	22084,27	70592,76	23,83
Tp-1 / H-1 / FÇP / GDÇP-1	9755	2054	61620	16119,79	76557,24	17,39
Tp-1 / H-1 / FÇP / GDÇP-2	9816	1993	59790	15641,06	77035,97	16,88
Tp-1 / H-2 / FÇP / GDÇP-1	8761	3048	91440	23920,70	68756,33	25,81
Tp-1 / H-2 / FÇP / GDÇP-2	8822	2987	89610	23441,98	69235,06	25,29
Tp-1 / H-3 / FÇP / GDÇP-1	10619	1190	35700	9339,12	83337,91	10,08
Tp-1 / H-3 / FÇP / GDÇP-2	10680	1129	33870	8860,39	83816,64	9,56
Tp-1 / H-1 / FÇP / AÇ	8083	3726	111780	29241,65	63435,38	31,55
Tp-1 / H-2 / FÇP / AÇ	7089	4720	141600	37042,56	55634,47	39,97
Tp-1 / H-3 / FÇP / AÇ	8947	2862	85860	22460,98	70216,06	24,24
Tp-1 / H-1 / GDÇP-1 / AÇ	7920	3889	116670	30520,87	62156,16	32,93
Tp-1 / H-1 / GDÇP-2 / AÇ	7981	3828	114840	30042,14	62634,89	32,42

Çizelge 4.7. Alternatif Ekipmanların Kombinasyonu Sonucu Tesis Enerji Tüketim Verileri ve Enerji Kazanım Değerleri (2).

Arıtma Ekipmanları ve Kombinasyonları	Günlük Toplam Enerji Tüketimi, kWh/gün	Günlük Kazanılan Enerji, kWh/gün	Aylık Kazanılan Enerji, kWh/ay	Aylık Kazanılan Enerji Bedeli, TL/ay	Tesisin Toplam Aylık Enerji Tüketim Bedeli, TL/ay	Yüzde Enerji Kazanımı, %
Tp-1 / H-2 / GDÇP-1 / AÇ	6926	4883	146490	38321,78	54355,25	41,35
Tp-1 / H-2 / GDÇP-2 / AÇ	6987	4822	144660	37843,06	54833,98	40,83
Tp-1 / H-3 / GDÇP-1 / AÇ	8784	3025	90750	23740,20	68936,83	25,62
Tp-1 / H-3 / GDÇP-2 / AÇ	8845	2964	88920	23261,47	64415,56	25,10
Tp-1 / H-1 / FÇP / GDÇP-1 / AÇ	7872	3937	118110	30897,58	61779,46	33,34
Tp-1 / H-1 / FÇP / GDÇP-2 / AÇ	7933	3876	116280	30418,85	62258,18	32,82
Tp-1 / H-2 / FÇP / GDÇP-1 / AÇ	6878	4931	147930	38698,49	53978,54	41,76
Tp-1 / H-2 / FÇP / GDÇP-2 / AÇ	6939	4820	144600	37827,36	54457,27	40,82
Tp-1 / H-3 / FÇP / GDÇP-1 / AÇ	8736	3062	91860	24030,58	68560,13	25,93
Tp-1 / H-3 / FÇP / GDÇP-2 / AÇ	8797	3012	90360	23638,18	69038,86	25,51
Tp-2	11367	442	13260	3468,82	89208,22	3,74
Tp-2 / H-1	9877	1932	57960	15162,34	77514,70	16,36
Tp-2 / H-2	8883	2926	87780	22963,25	69713,78	24,78
Tp-2 / H-3	10741	1068	32040	8381,66	84295,37	9,04
Tp-2 / FÇP	11319	490	14700	3845,52	88831,51	4,15
Tp-2 / GDÇP-1	11156	653	19590	5124,74	87552,29	5,53
Tp-2 / GDÇP-2	10977	592	17760	4646,02	86147,50	5,01
Tp-2 / AÇ	9484	2325	69750	18246,60	74430,43	19,69
Tp-2 / H-1 / FÇP	9829	1980	59400	15539.04	77137.99	16.77
Tp-2 / H-2 / FÇP	8835	2974	89220	23339.952	69337.08	25.18
Tp-2 / H-3 / FÇP	11271	1116	33480	8758.368	88454.81	9.45
Tp-2 / H-1 / GDÇP-1	9666	2143	64290	16818.264	75858.77	18.15
Tp-2 / H-1 / GDÇP-2	9727	2082	62460	16339.536	76337.50	17.63
Tp-2 / H-2 / GDÇP-1	8672	3137	94110	24619,18	68057,86	26,56
Tp-2 / H-2 / GDÇP-2	8733	3076	92280	24140,45	68536,58	26,05
Tp-2 / H-3 / GDÇP-1	10530	1279	38370	10037,59	82639,44	10,83
Tp-2 / H-3 / GDÇP-2	10591	1218	36540	9558,86	83118,17	10,31
Tp-2 / H-1 / AÇ	7994	3815	114450	29940,12	62736,91	32,31
Tp-2 / H-2 / AÇ	7000	4809	144270	37741,03	54936,00	40,72
Tp-2 / H-3 / AÇ	8858	2951	88530	23159,45	69517,58	24,99
Tp-2 / H-1 / FÇP / GDÇP-1	9618	2191	65730	17194,97	75482,06	18,55
Tp-2 / H-1 / FÇP / GDÇP-2	9679	2130	63900	16716,24	75960,79	18,04

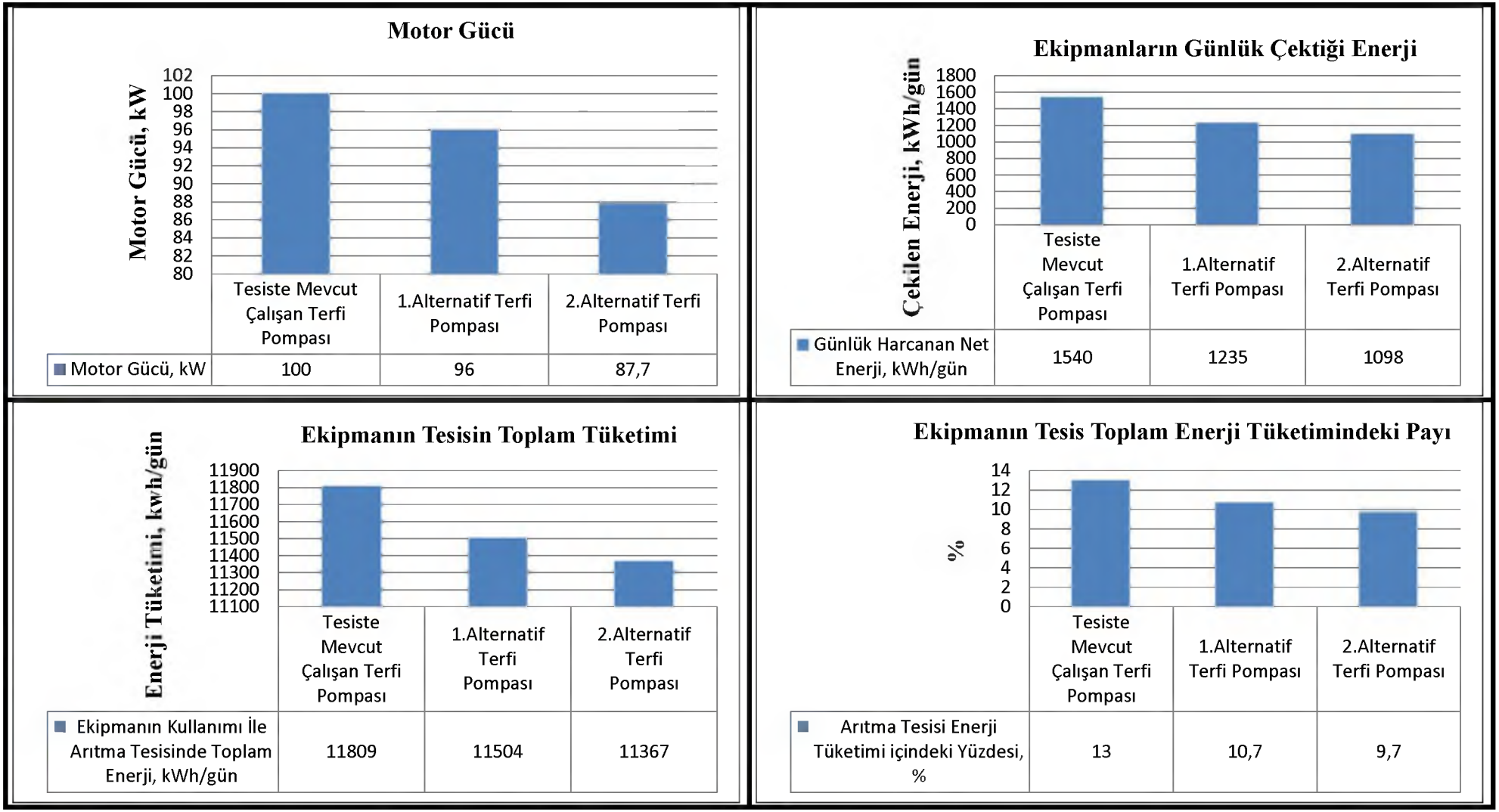
Çizelge 4.7. Alternatif Ekipmanların Kombinasyonu Sonucu Tesis Enerji Tüketim Verileri ve Enerji Kazanım Değerleri (3).

Arıtma Ekipmanları ve Kombinasyonları	Günlük Toplam Enerji Tüketimi, kWh/gün	Günlük Kazanılan Enerji, kWh/gün	Aylık Kazanılan Enerji, kWh/ay	Aylık Kazanılan Enerji Bedeli, TL/ay	Tesisin Toplam Aylık Enerji Tüketim Bedeli, TL/ay	Yüzde Enerji Kazanımı, %
Tp-2 / H-2 / FÇP / GDÇP-1	8624	3185	95550	24995,88	67681,15	26,97
Tp-2 / H-2 / FÇP / GDÇP-2	8685	3124	93720	24517,15	68159,88	26,45
Tp-2 / H-3 / FÇP / GDÇP-1	11060	1327	39810	10414,30	86798,88	11,24
Tp-2 / H-3 / FÇP / GDÇP-2	11121	1266	37980	9935,57	87277,61	10,72
Tp-2 / H-1 / FÇP / AÇ	7946	3863	115890	30316,82	62360,21	32,71
Tp-2 / H-2 / FÇP / AÇ	6952	4857	145710	38117,74	54559,30	41,13
Tp-2 / H-3 / FÇP / AÇ	9388	2999	89970	23536,15	73677,02	25,40
Tp-2 / H-1 / GDÇP-1 / AÇ	7783	4026	120780	31596,05	61080,98	34,09
Tp-2 / H-1 / GDÇP-2 / AÇ	7844	3965	118950	31117,32	61559,71	33,58
Tp-2 / H-2 / GDÇP-1 / AÇ	6789	5020	150600	39396,96	53280,07	42,54
Tp-2 / H-2 / GDÇP-2 / AÇ	6850	4959	148770	38918,23	53758,80	41,99
Tp-2 / H-3 / GDÇP-1 / AÇ	8647	3162	94860	24815,38	67861,66	26,78
Tp-2 / H-3 / GDÇP-2 / AÇ	8708	3101	93030	24336,65	68340,38	26,26
Tp-2 / H-1 / FÇP / GDÇP-1 / AÇ	7735	4074	122220	31972,75	60704,28	34,50
Tp-2 / H-1 / FÇP / GDÇP-2 / AÇ	7796	4013	120390	31494,02	61183,01	33,98
Tp-2 / H-2 / FÇP / GDÇP-1 / AÇ	6741	5068	152040	39773,66	52903,37	42,92
Tp-2 / H-2 / FÇP / GDÇP-2 / AÇ	6802	5007	150210	39294,94	53382,10	42,40
Tp-2 / H-3 / FÇP / GDÇP-1 / AÇ	9177	3210	96300	25192,08	72021,10	27,18
Tp-2 / H-3 / FÇP / GDÇP-2 / AÇ	9238	3149	94470	24713,35	72499,82	26,67

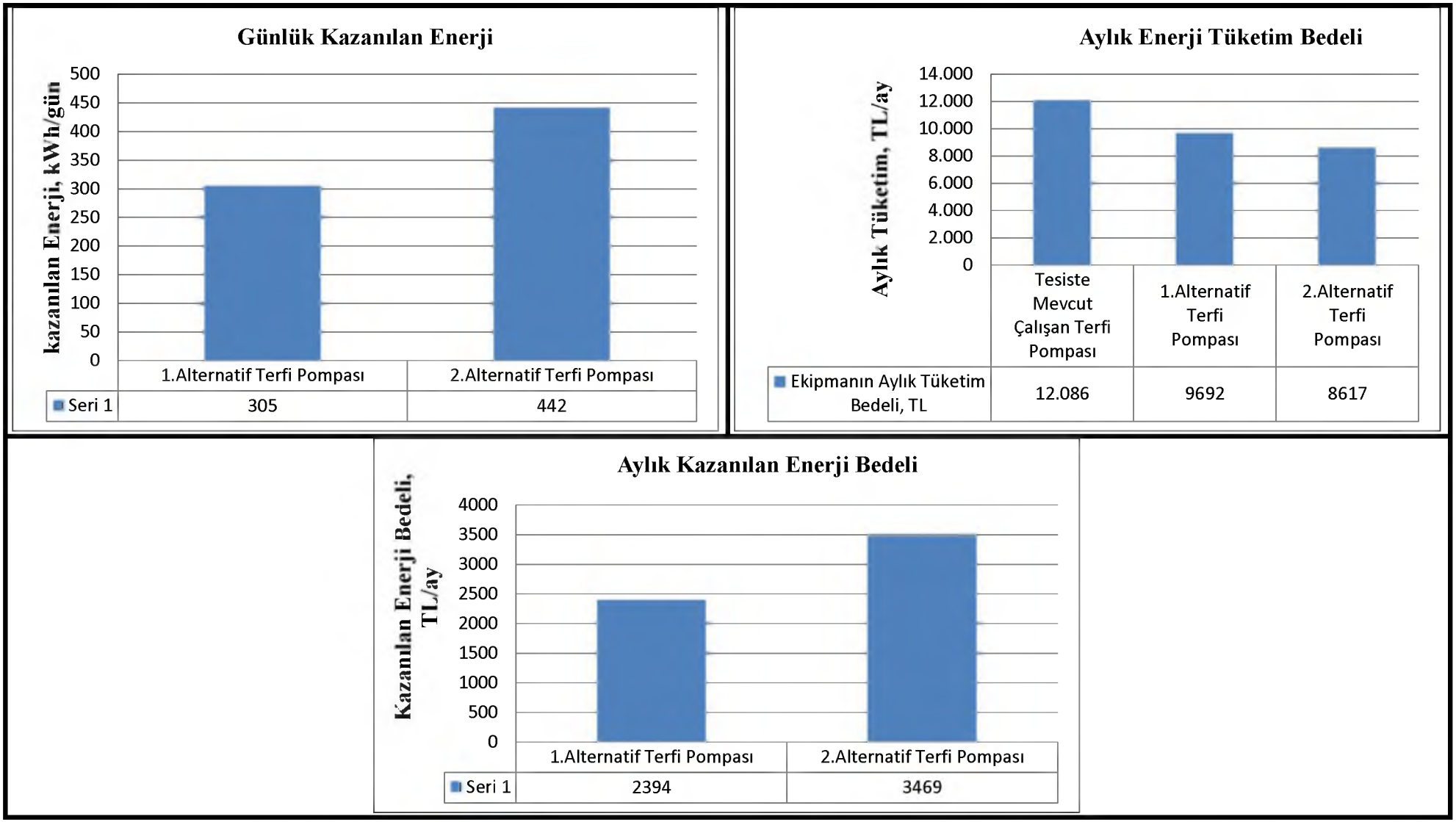
TP-1: Flygt Marka Terfi Pompası, **Tp-1:**Standart Marka Terfi Pompası, **H-1:**Neuros Marka Turbo Blower, **H-2:** Next Marka Turbo Blower, **H-3:**Flygt Marka Mekanik Havalandırıcı, **FÇP:** Flygt Marka Fazla Çamur Pompası, **GDÇP-1/2:** Flygt Marka Geri Devir Çamur Pompası, **AÇ:** Anaerobik Çürütücü

Tartışma

Alternatif Terfi Pompaları:



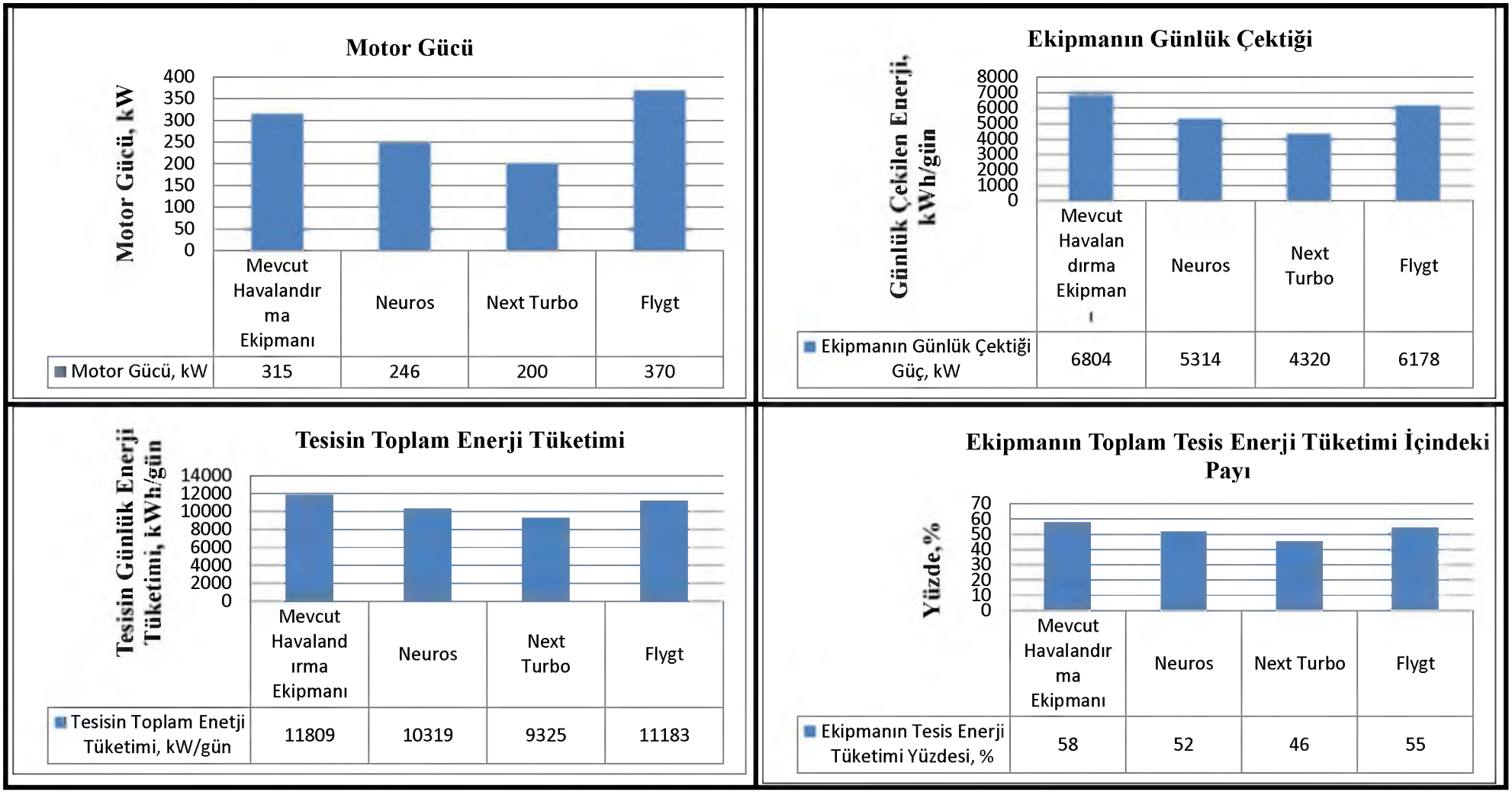
Şekil 4.16. Mevcut Terfi Pompaları ve Alternatif Terfi Pompaları.



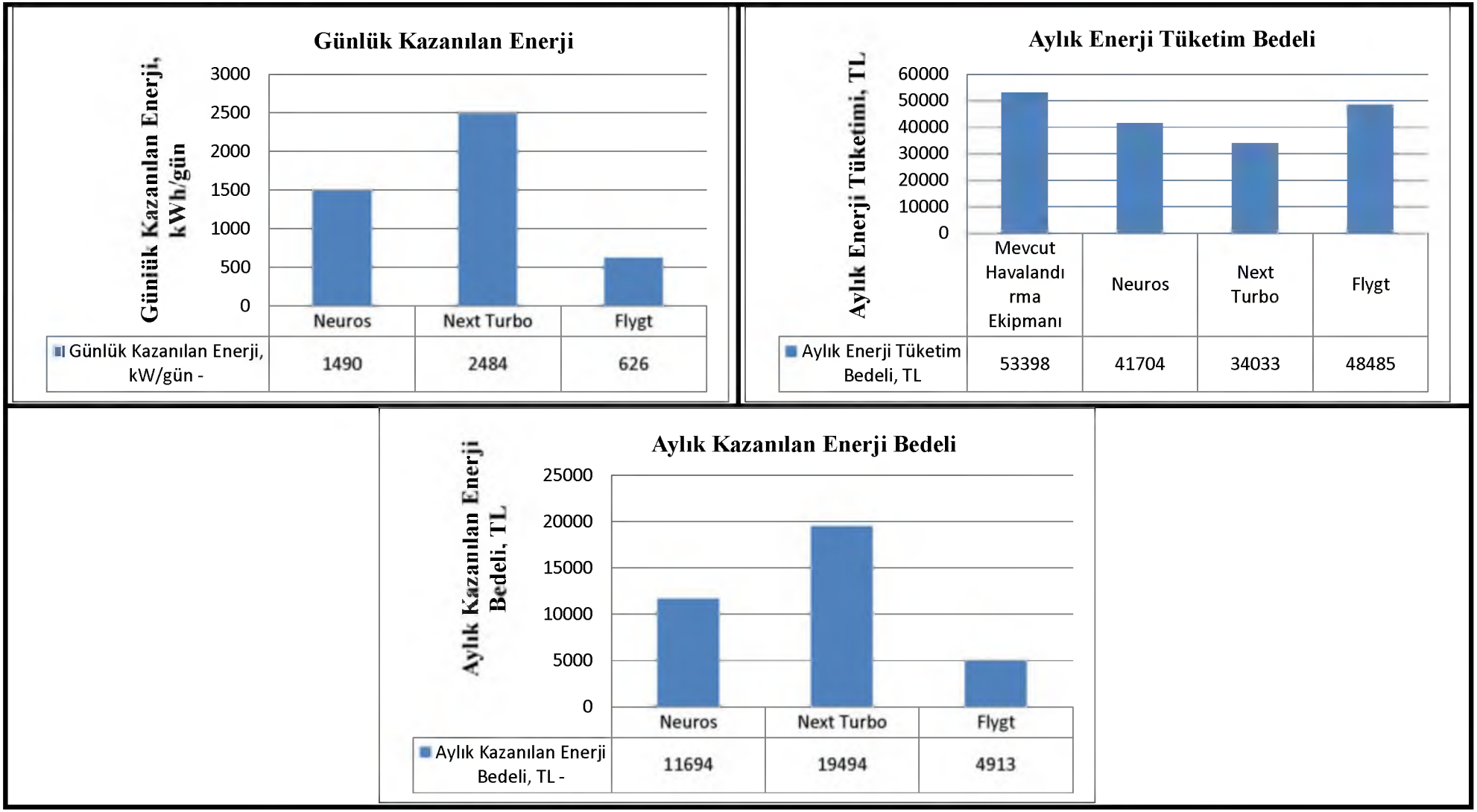
Şekil 4.17. Alternatif Terfi Pompalarının Mevcut Terfi Pompasına Göre Sağladığı Kazanımlar.

Yapılan araştırmalar sonucunda mevcut ıslak hazne tipi terfi merkezi içerisinde bulunan dalgıç pompaya alternatifler araştırılmış ve bu araştırma sonucunda bir adet ayrı performansa sahip dalgıç pompa ile bir adet kuru tip pompanın tesise uygun olabileceği düşünülmüştür. Dalgıç tipi pompa ile kuru tipli pompaların performans değerlerinden önce birbirlerinden ayıran en önemli özellik ilk yatırım maliyetleridir. Yapılan çalışmalar ve uygulamalar sonucunda kuru tip pompanın yerleştirileceği terfi istasyonunun inşaat maliyetlerinin ıslak hazne tipli istasyonlara nazaran daha yüksek olmasına rağmen performans ve verim açısından kuru tip pompanın daha faydalı olabileceği düşünülmektedir. Belirli kapasiteye sahip eşit iki tip pompanın işletme ve bakım maliyetlerini göz önünde bulundurulduğunda kuru tip pompanın bakım kolaylığı, soğutma problemlerinin azlığı gibi daha az parametreler ile karşılaşıldığı görülmektedir.(Bosserman ve Behnke, 1998). Bu sonuçlara göre, Flyght marka pompanın dalgıç tipi olması nedeniyle mevcut ıslak hazne tipli terfi merkezi için sorunsuz bir şekilde çalışacağını düşünülmektedir. Bu dalgıç tipi pompanın boyutları tesiste mevcut terfi pompasının boyutlarına benzer olması fiziksel olarak tesiste sıkıntı oluşturmayacağı düşünülmektedir. En son terfi pompası ise kuru hazne tipli terfi merkezlerine uyumluluğu göze çarpmaktadır. Bu pompadan yararlanmak için tesiste pompaların yerleştirildiği bölgelerin yanlarına kuru tip pompaların yerleşebileceği alanların yapılması ile sisteme dahil edilmesinde bir sakınca bulunmayacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu pompalar için yapılacak olan kuru hazne odaları ayrı bir maliyet oluşturacaktır. Flygt marka NP 3400/736 3 – 870 dalgıç pompasının fiyatı 60.000 € dır. 2017 yılı temmuz ayı kuruna göre (4,15836387) yaklaşık 249.502 TL dir. Bu ekipmanın alınması durumunda yaklaşık 104 ay (8 yıl – 8 ay) süre sonunda kazanılan enerji ile amorti edileceği düşünülmektedir. Standart marka 350 - 400 kuru tip terfi pompasının fiyatı yaklaşık 50.000 TL'dir. Tesiste 8 adet terfi pompası odasının yanlarına kuru tip pompanın yerleştirilebileceği kapalı bir alanın maliyeti yaklaşık 30.000 TL'dir Bu ekipmanın alınması durumunda yaklaşık 23 ay (1 yıl – 11 ay) süre sonunda kazanılan enerji ile amorti edileceği düşünülmektedir.

Alternatif Hava Sağlayıcıları:



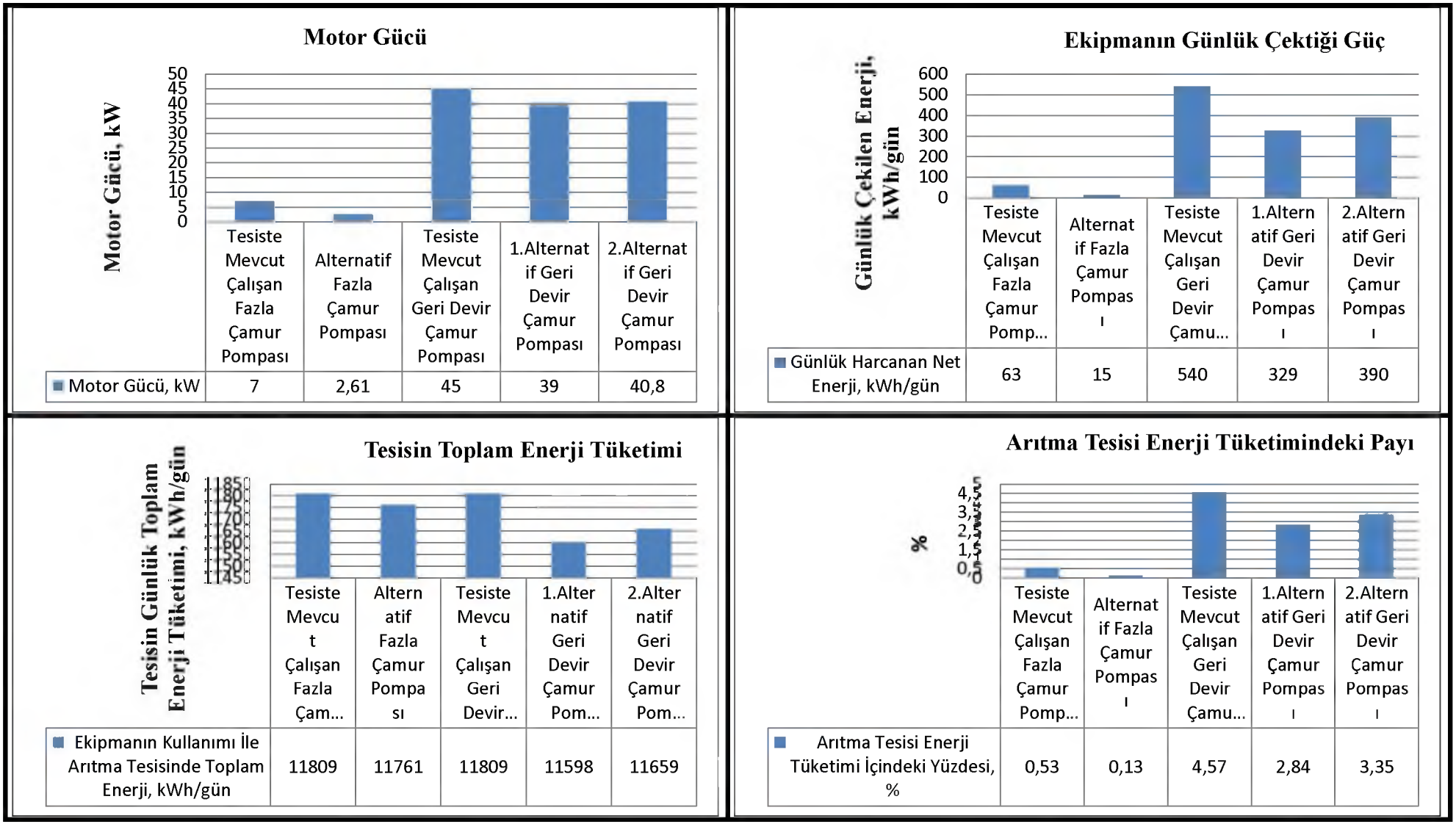
Şekil 4.18. Mevcut Hava Sağlayıcı ve Alternatif Hava Sağlayıcıları.



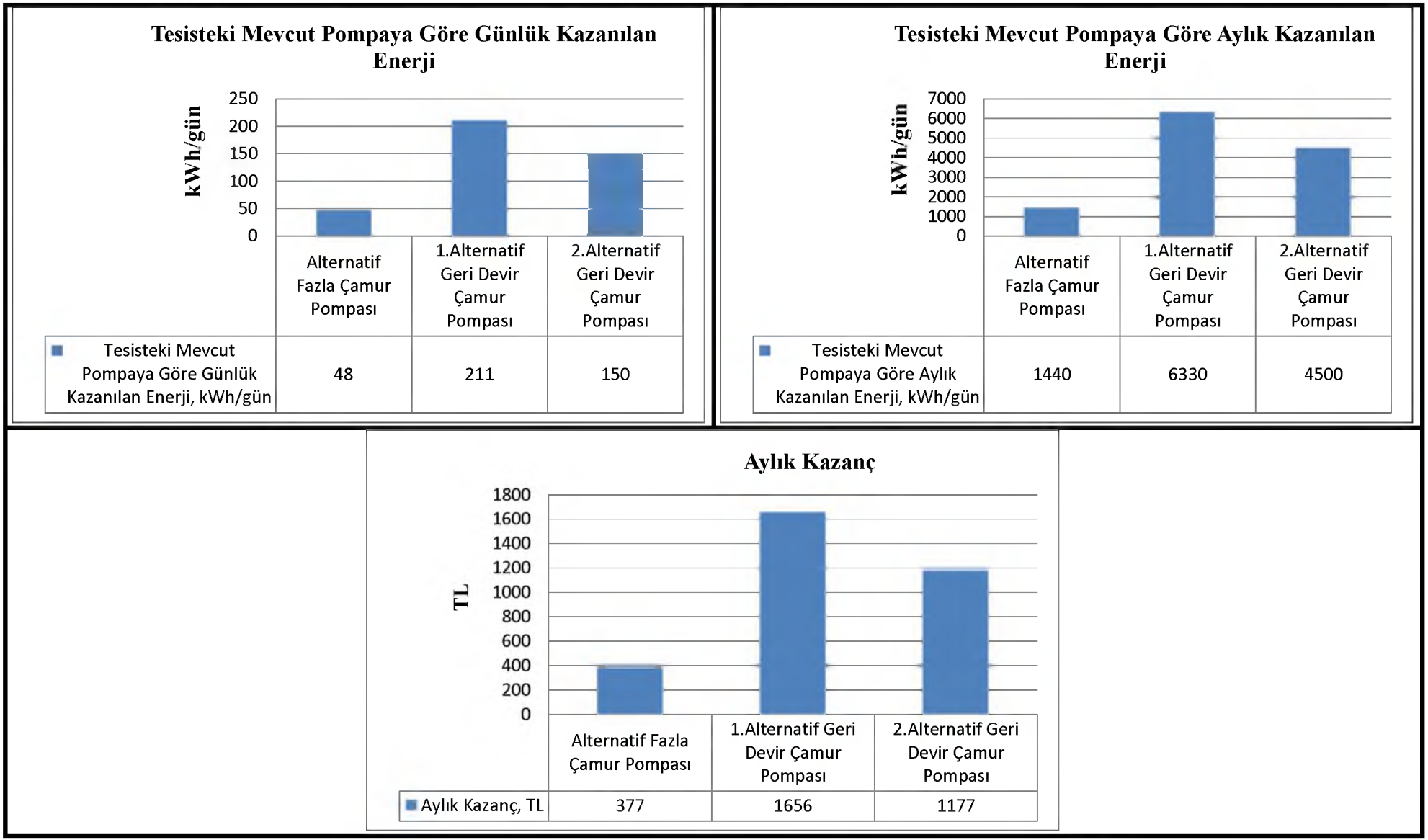
Şekil 4.19. Havalandırma Ekipmanlarının Mevcut Hava Sağlayıcıya Göre Sağladığı Kazanımlar.

Tesiste mevcut hava sağlayıcı (blower) roots tipi havalandırıcıdır. Bu blowerın genel bakımları ise, yağ değişimleri, filtre değişimleri, kayış değişimleri ve tamir bakım kiti (set rulmanlar) dır. Bu blowerlerın çalışma esnasında gürültü seviyeleri oldukça yüksektir. Yerine düşünülen turbo blowerler ise, gürültü yönünden oldukça iyi olduğu görülmektedir. Mevcut roots tipi pompanın 103,5 dB(A) görültü seviyesinde olduğu neuros marka turbo blowerın ise 81,7 dB(A) olduğu çalışmalar sonucunda görülmüştür (Anonim, 2015). Düşünülen iki adet blowerın turbo blower, enerji korunması yanında işletme ve bakım yönünden fayda sağlayacağını düşünülmektedir. Bu iki adet alternatif turbo blower yağsız çalışmalarının yanı sıra ihtiyaç duyulacak yedek parçanın sadece hava filtresi olması en önemli avantajlarıdır. Ayrıca bu blowerlerın boyut olarak sisteme direk entegre edilebilir olması bir diğer avantajıdır. 1. Alternatif hava sağlayıcı 120.000 € dır. Bu meblağ 2017 yılı temmuz ayı kuruna göre (4,16) yaklaşık 499.000 TL etmektedir. Bu ekipmanın alınması durumunda yaklaşık 43 ay (3 yıl – 7 ay) süre sonunda kazanılan enerji ile amorti edileceği düşünülmektedir. 2.Alternatif hava sağlayıcı 180.000 $ dır. Bu meblağ 2017 yılı temmuz ayı kuruna göre (3,56) yaklaşık 641.000 TL etmektedir. Bu ekipmanın alınması durumunda yaklaşık 33 ay (2 yıl-9 ay) süre sonunda kazanılan enerji ile amorti edileceği düşünülmektedir. Üçüncü alternatif olan mekanik havalandırıcı basınçlı havalandırıcılara göre arıtma verimini azalatacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu tip ekipmanların kullanımında önemli bir risk olan sıçrama ihtimalinin basınçlı havalandırıcılara göre daha çok olacağı belirtilmektedir (Orhan, 2016). Bu tip ekipmanların kullanılması havuz derinliği ile orantılı olarak değişir. Sistemdeki havuzların su yüksekliği arttıkça mekanik ekipmanların havalandırma verimi düşmektedir. İncelediğimiz havuzun su derinliği optimum çalışma derinliğinden fazla oluşu nedeniyle ekipmanın sayısını artıracaktır. Bu nedenle mekanik ekipmanların kullanılması halinde, mevcut sistemdeki havalandırıcılar ile hemen-hemen benzer enerji sarfiyatının olduğu gözlemlenmiştir.

Alternatif Çamur Pompaları:



Şekil 4.20. Mevcut Çamur Pompaları ve Alternatif Çamur Pompaları.



Şekil 4.21. Çamur Pompalarının Mevcut Çamur Pompalarına Göre Sağladığı Kazanımlar.

Tesiste mevcut çamur pompaları dalgıç tipi pompalardır. Ayrıca bu pompaların boyut olarak sisteme direk entegre edilebilir olması önemli bir avantajıdır. Alternatif fazla çamur pompası 1500 € dır. Bu meblağ 2017 yılı temmuz ayı kuruna göre (4,16) yaklaşık 6238 TL etmektedir. Bu ekipmanın alınması durumunda yaklaşık 17 ay (1 yıl – 5 ay) süre sonunda kazanılan enerji ile amorti edileceği düşünülmektedir. 1. alternatif geri devir çamur pompasının fiyatı 25.000 € dır. Bu meblağ 2017 yılı temmuz ayı kuruna göre (4,16) yaklaşık 104.000 TL etmektedir. Bu ekipmanın alınması durumunda yaklaşık 63 ay (5 yıl - 3 ay) süre sonunda kazanılan enerji ile amorti edileceği düşünülmektedir. 2. alternatif geri devir çamur pompasının fiyatı 28.000 € dır. Bu meblağ 2017 yılı temmuz ayı kuruna göre (4,16) yaklaşık 117.000 TL etmektedir. Bu ekipmanın alınması durumunda yaklaşık 100 ay (8 yıl - 4 ay) süre sonunda kazanılan enerji ile amorti edileceği düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Atıksu arıtımının enerji verimliliği açısından değerlendirilmesi çalışmasında (Türkmenler, 2017) ve (Kuru ve ark., 2016) yaptığı çalışmalara benzer şekilde tesiste enerji tüketimine önemli rol oynayan ekipmanlardan, terfi pompası, havalandırma ekipmanı, fazla çamur pompası ve geri devir çamur pompası incelenmiş ve işletme kontrolü ile enerjini korunmasına yönelik ise çözünmüş oksijen ölçüm cihazı ve amonyum nitrat ölçüm cihazının olması durumunda enerji tüketimi yönünden tasarruf potansiyeli değerlendirilmiştir. Ayrıca yenilebilir enerji kaynağının oluşturulması öngörüsü ile tesiste anaerobik prosesin varlığında enerji tüketimindeki değişimler incelenmiştir. Çizelge 4.6-7'de tesisin mevcut ekipmanlarının enerji tüketimi ile düşünülen alternatif ekipman ve proseslerin ayrı ayrı veya birlikte çalışma durumları irdelenmiştir. Tesiste bulunan terfi pompası, havalandırıcı (blower), fazla çamur pompası ve geri devir çamur pompası gibi ekipmanların yerine, 2. Alternatif (Standart marka) terfi pompası, 2. Alternatif (Next marka) turbo blower, fazla çamur pompası (Flygt marka), çamur geri devir pompası (Flygt marka), oksijen ölçüm cihazı ve amonyum nitrat cihazın olması durumunda tesisin günlük enerji tüketiminde yaklaşık %32 oranında tasarrufun yanında bu ekipmanlara anaerobik prosesin eklenmesi ile tesisin günlük enerji tüketiminde yaklaşık %48'lere varan bir tasarrufun sağlanabileceği görülmüştür. Bu çalışmada önerilen iki ayrı tesis güncellenmeleri ile Ankara ilinde incelenen tesise benzer özellikte olan arıtma tesisleri arasında enerji tüketimleri açısından yapılan karşılaştırma ise Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Mevcut Arıtma Tesisi, İncelenmesi Yapılan Mevcut Tesise Benzer Tesisler ve Alternatif Ekipman ve Proseslerin Oluşturduğu Güncel Arıtma Tesisleri (Anonim, 2016a; ASKİ, 2017).

S. No	Arıtma Tesisi Adı ve Teknolojisi	Kapasitesi, m^3/gün	Nüfus, Kişi	Elektrik Tüketimi kWh/ay	Ortalama Elektrik Tüketim Bedeli TL/ay	Tek Terimli Üç Zamanlı Sanayi Tipi Elektrik Tarifesine Göre Yaklaşık Tüketim Bedeli, TL/ay	Kişi Başına Düşen Enerji Tüketimi, kWh/kişi-saat	Atıksu Başına Düşen Enerji Tüketimi, Kişi Başına Düşen Enerji Tüketimi, kWh/m^3
1	Karaköy Atık Su Arıtma Tesisi – UAÇ	42.000	160.000	354.270	75.455,00	92.673,00	0,0031	0,018
2	Karaköy Atık Su Arıtma Tesisi Ekipman Güncellemesi (% 32 Tasarruf) - UAÇ	42.000	160.000	240.904	-	63.018,00	0,0021	0,008
3	Karaköy Atık Su Arıtma Tesisi Ekipman ve Proses Güncellemesi (% 48 Tasarruf) - UAÇ	42.000	160.000	184.220	-	48.190,00	0,0016	0,006
4	Çubuk Atık Su Arıtma Tesisi – UAÇ	19.250	110.000	187.119	69.826,00	48.951,00	0,00236	0,013
5	Elmadağ Atık Su Arıtma Tesisi – UAÇ	8700	47.884	15.351	14.252,00	427,560	0,00433	0,003
6	Yapracık KD Atık Su Arıtma Tesisi – AÇ	5000	1439	59.325	20.925,00	15.520,00	0,00483	0,017
7	Hasanoğlan Atık Su Arıtma Tesisi – SBR	3000	25.000	14.034	4910,00	3672,00	0,000167	0,007
8	Kalecik Atık Su Arıtma Tesisi - UAÇ	2500	20.000	22.341	7075,00	5845,00	0,000173	0,012
9	Lalahan Atık Su Arıtma Tesisi - SBR	1500	12.500	14.985	5062,00	3920,00	0,000167	0,014

UAÇ: Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemi, AÇ: Tam Karışımlı Aktif Çamur Sistemi, SBR: Sıralı Biyolojik Reaktör Sistemi

KAYNAKLAR

Açıkgöz, B., Aral, R., Filiz, H. İ., Murat, M. ve Bayrak, İ., 2015, ASKİ Genel Müdürlüğü 2014 Yılı Faaliyet Raporu, *Ankara Büyükşehir Belediye Başkanlığı, ASKİ Genel Müdürlüğü Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı/Ankara*, 209.

Akpınar, N., 2006, Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi, Yüksek Lisans, *İstanbul Üniversitesi*, İstanbul, 124.

Anonim, 2004, Çevre Şehircilik Bakanlığı, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü (Mevzuat Bilgi Sistemi)/Ankara, http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7221&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=su%20kirlili%C4%9Fi:

Anonim, 2010a, Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği. Ankara, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı**:** 102.

Anonim, 2010b, Çevre Şehircilik Bakanlığı, Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik, Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü (Mevzuat Bilgi Sistemi)/Ankara, http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.14167&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=evsel%20ve%20kentsel:

Anonim, 2014, ASKİ Genel Müdürlüğü 2015-2019 Stratejik Plan Çalışması, *Ankara Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlğı/Ankara*, 130.

Anonim, 2015, ASKİ Karaköy Atıksu Arıtma Tesisi Havalandırma Havuzu Blowerlerının Turbo Blowerlar ile Değiştirilmesi Projesi, *İstanbul*.

Anonim, 2016a, Ankara İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, *T.C. Ankara Valiliği Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü Çevresel Etki Değerlendirme Şube Müdürlüğü/Ankara*, 251.

Anonim, 2016b, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2015, *Türkiye İstatistik Kurumu Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü/Ankara*.

Anonim, 2017a, Flygt NP 3069 MT 3 - Adaptive 430 Sludge Pump, Xylem Water Technology Company.

Anonim, 2017b, Yatay Milli, Çift Emişli, Tek Kademeli, Eksenel Ayrılabilir Gövdeli Santrifüj Pompa. İstanbul, Standart Pompa ve Makina Sanayi Ticaret A.Ş.

Anonim, 2017c, Next Turbo Geared Turbo Compresor GTB T30 XY. İstanbul, İdeal Makina Endüstri Ürünleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi.

Anonim, 2017d, Yatay Milli Çift Emişli Tek Kademeli Eksenel Ayrılabilir Gövdeli Santrifüj Pompası, Standart Pompa ve Makina San. Tic. A. Ş.

Anonim, 2017e, Flygt NP 3400/736 3 - 870 Wastewater Pumps Xylem Water Technology Company.

Anonim, 2017f, Flygt NP 3202 LT3 - 610 Sludge Pump, Xylem Water Technology Company.

Anonim, 2017g, Flygt NP 3201 LT3 - 810 Sludge Pump, Xylem Water Technology Company.

ASKİ, 2017, Ankara Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon Genel Müdürlüğü (ASKİ), http://www.aski.gov.tr. (Mart 2017):

Aydoğan, O., 2013, Pompa Seçimi ve Santrifüj Pompa Tipleri, 12.

Azman, H. E., 2005, Evsel Atıksuların Arıtılmasında Arıtma Verimi - Enerji İlişkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans, *Çukurova Üniversitesi*, Adana, 87.

Balkaya, N. ve Balkaya, M., 2008, Atıksu Arıtma Tesislerinin İnşaatı, *İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi*, 12.

Bosserman, B. ve Behnke, P., 1998, Selection Criteria For Wastewater Pumps, *WATER Engineering & Management*.

BUSKİ, 2017, Bursa Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon Genel Müdürlüğü (BUSKİ), Bursa, http://www.buski.gov.tr/tr (Mayıs 2017):

Değirmenci, M., Altın, A. ve Altın, S., 2000, Atıksu Miktarı ve BOİ5 Kirlilik Yükünün, Havalandırma Havuzu İlk Yatırım ve Enerji Maliyetlerine Olan Etkilerinin İncelenmesi, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*.

Eddy, M., Tchobanoglous, G., Burton, F. L. ve Stensel, H. D., 2004, Wasterwater Enginering Treatment and Reuse, *Singapore*, McGraw-Hill, p. 1817.

Erdirençelebi, D., 2015, Havasiz (Anaerobik) Çamur Çürütücülerde Karşilaşilan İşletim Problemleri ve Çözüm Önerileri, *Selcuk University Journal of Engineering, Science and Technology*, 3 (3), 51-58.
Erdoğan, A. O., Orhon, D., Sözen, S. ve Görgün, E., 2011, Türkiye'de Optimum Maliyete Dayalı Atıksu Arıtma Tesisi Tasarımı, *İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 5 (2).
Eroğlu, V., 2008, Atıksuların Tasfiyesi, *İstanbul*, Su Vakfı Yayınları, p. 230.
Erşahin, M. E., Dereli, R. K., Özgün, H., Akmırza, Z. A. ve Öztürk, İ., 2016, Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, DOI: 10.19113/sdufbed. 78149-Online Yayınlanma: 19111.19111. 12016.
Filibeli, A., 1998, Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, *İzmir*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, p. 254.
Geilvoet, S., Geraats, S. G. M., Schelleman, F. J. M. ve Teunissen, M., 2010, Atıksu Arıtımında Enerji Verimliliği Projsesi Sonuç Raporu, *Ankara*, 68.
Güder, B., 2017, Endress+Hauser'den Havalandırma Havuzları Enerji Giderlerini Optimize Edecek Çözüm, *Su ve çevre Teknolojileri* (103), 92.
Gürtekin, E. ve Şekerdağ, N., 2006, Aktif Çamur Proseste Aşırı Çamur Üretimini Azaltmak İçin Kullanilan Yöntemler, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11 (1).
İrdemez, Ş., Yılmaz, A. E. ve Anlatıcı, E., 2016, Evsel Atıksu Arıtma Çamurlarının Termal Kurutma-Yakma Prosesi ile Uzaklaştırılmasında Arıtma Verimi–Enerji İlişkisinin İncelenmesi, *IĞDIR ÜNİVERSİTESİ*, 65.
Koyuncu, İ., Öztürk, İ., Aydın, A. F., Alp, K., Arıkan, O. A., İnsel, G. H., Altınbaş, M. ve Özdüdoğru, A., 2013, Atıksu Arıtma Tesisleri Tasarım Rehberi, *Ankara*, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, p. 446.
Kuru, B., Güler, D., Erkiremitçi, M. A. ve Argun, M. E., 2016, Konya Atıksu Arıtma Tesisinin Bazı Ekipmanlar Açısından Enerji Harcamalarının Hesaplanması ve Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi, *1. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu*, 7.
Medya, K., 2017, Havalandırma Havuzlarında Oksijen Parametresinin Takibi, http://kontrolmedya.com/havalandirma-havuzlarinda-oksijen-parametresinin-takibi/#prettyPhoto:
Meral, R. ve Cavadzade, F., 2013, Atıksu Arıtma Tesislerinin İşletilmesi, *Bakü*, 139.
Niğde, 2017, Niğde Belediyesi, Atıksu Arıtma Tesisi Enerji Verimliliği Projesi, Niğde, http://nigde.bel.tr (Nisan 2017):
Orhan, G., 2016, Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Kimyasal ve Fiziksel Risk Faktörlerinin İncelenmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara.
Özdemir, Ö., 2016, İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde Sürdürülebilir İşletme İçin Revizyon Ve Enerji Verimliliği: Malatya Örneği, *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3 (5), 9-20.
Öztürk, İ., Timur, H. ve Koşkan, U., 2005, Atıksu Arıtımın Esasları Evsel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü, *Ankara*, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, p. 467.
Öztürk, İ., 2007, Anaerobik Arıtma ve Uygulamaları, *İstanbul*, Su Vakfı, p. 479.
Öztürk, İ., Çallı, B., Arıkan, O. ve Altınbaş, M., 2015, Atıksu Arıtma Çamurlarının İşlenmesi ve Bertarafı, *Ankara*, Türkiye Belediyeler Birliği, Korza Yayıncılık Basım San. ve Tic. A.Ş., p. 218.
Salihoğlu, N. K. ve Pınarlı, V., 2010, Atıksu Arıtma Çamurlarının Kapalı Yataklarda Güneş Enerjisiyle Kurutulması, *İTÜDERGİSİ/e*, 17 (1).
Samsunlu, A., 2006, Atıksuların Arıtılması, *İstanbul*, Birsen Yayınevi p. 647.
Sills, D. L., Wade, V. L. ve DiStefano, T. D., 2016, Comparative Life Cycle and Techno Economic Assessment for Energy Recovery from Dilute Wastewater, *Environmental Engineering Science*, 33 (11), 861-872.

Spinosa, L., 2007, Sewage Sludge: From Waste to Resource, *Proc. Symposium "Water Days*, 1-11.

Tanyol, M. ve Uslu, G., 2013, Tunceli Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin Arıtma Etkinliğinin Değerlendirilmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4 (2), 24-29.

Turosvskıy, I. S. ve Matmaı, P. K., 2006, Wasterwater Sludge Processing, *United States öf America*, p. 354.

Türker, M. ve Pakmaya, İ., 2008, Anaerobik Biyoteknoloji ve Biyogaz Üretimi Dünya'da ve Türkiye'de Eğilimler, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul*, 17-19.

Türkmenler, H., 2017, Atık Su Arıtma Tesislerinde Enerji Verimliliği, *Politeknik Dergisi*, 20 (2), 495-502.

Yelmen, B., 2015, Enerji Verimliliği "Atık Su Arıtma Tesisi Örneği", 5.

Yiğit, K. S., Gündüz, M., Şerit, G., Yeğin, M., Saraç, M., Bayram, İ., Bostan, Ü. ve Pir, H., 2011, Arıtma Çamurundan Biyogaz Üretimi ve Enerji Tasarrufu. Kocaeli.

Yıldız, S., Namal, O. Ö. ve Çekim, M., 2013, Atık Su Arıtma Teknolojilerindeki Tarihsel Gelişimler, *SÜ Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*.

Yıldız, S. ve Çekim, M., 2016, Paket/Küçük Kapasiteli Atıksu Arıtma Sistemlerindeki İşletme Problemleri ve Çözüm Önerileri. International Symposium of Water and Wastewater Management. Malatya: 9.

Yıldız, Ş., Yılmaz, E. ve Ölmez, E., 2009, Evsel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonla Bertaraf Alternatifleri: İstanbul Örneği, *Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, TÜRKAY*, 1-8.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ömer KILINÇ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : ÇANKAYA - 21.01.1990
Telefon : 0537 823 98 10
e-mail : omer_kilinc_fb@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Dikmen Lisesi, Çankaya, Ankara	2006
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2012
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2017

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013	Ankara Büyükşehir Belediyesi	Çevre Mühendisi

UZMANLIK ALANI : Çevre Mühendisliği / C Sınıfı İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı

YABANCI DİLLER : İngilizce

ÖDÜLLER:

- 2012 Çevre İçin Tasarım Teması Nazif Yardımcı Proje Yarışması 2. Mansiyon Ödülü

YAYINLAR:

- Kılınç, Ö., Argın, M.E., 2017, Evaluatıon Of Wastewater Treatment In Terms Of Energy Efficıency, Book of Abstracts of the 2nd International Conference on Cıvıl And Envıronmental Engıneerıng, 2017, 3844