



**ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ
İÇİN VERİMLİLİK PROJELERİ; MALATYA
İLERİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ ÖRNEĞİ**

Faik Dinçer ERKAN

**Yüksek Lisans Tezi
Anabilim Dalı: Çevre Teknolojisi
Danışman: Prof. Dr. Halil HASAR**

AĞUSTOS 2019

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ İÇİN
VERİMLİLİK PROJELERİ; MALATYA İLERİ BİYOLOJİK ATIKSU
ARITMA TESİSİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FAİK DİNÇER ERKAN
161112109

Anabilim Dalı: Çevre Teknolojisi

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Halil HASAR (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mahmut FIRAT (İnönü.Ü)
: Doç.Dr. Ergin TAŞKAN (F.Ü)



Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: Temmuz 2019

AĞUSTOS 2019

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bilgi ve birikimini esirgemeyen, tezimin tüm aşamalarında yardımcı olan ve bu süreçte sosyal ve iş hayatımda da desteğini her daim hissettiğim değerli hocam, büyüğüm Prof. Dr. Halil Hasar'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamda gerekli verileri tarafımla paylaşan Sigma Pompa ve Çevre Teknolojileri San. ve Tic. A.Ş. , Anadolu Flygt Pompa Paz. ve Tic. A.Ş.' ye ve Focus Els Led Lighting system A.Ş.' ye teşekkür ederim.

Tez çalışmama desteklerinden dolayı Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresine (MASKİ) ve Tesis Şefi Makine Mühendisi Aziz Mahmut ÖZCAN'a, Çevre Mühendisi Semih BAYDOĞAN'a, Laboratuvar sorumlusu Tuncay DOĞAN'a, Kahramanmaraş Su ve Kanalizasyon İdaresine (KASKİ) ve İnönü Üniversitesi'ne teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca gösterdikleri ilgi, alaka ve anlayış ve desteklerinden dolayı Doç. Dr. Özgür ÖZDEMİR'e, Dr. Rüstem KELEŞ'e, Ali İhsan ALBER'e ve Prof. Dr. Mahmut FIRAT'a, destekleri ile her daim yanımda olan sevgili kardeşlerim Elif LİMANOĞLU ve Gül Erkan DEMİRCİ'ye ve yeğenlerim Zeynep ve Aslı Nur'a, destek ve güvenlerini her zaman hissettiğim hayatımın her anında yanımda olan sevgili annem Sevim ERKAN ve bana güç ve yön veren sevgili babam İzzet ERKAN'a sonsuz teşekkürlerimi ve hürmetlerimi sunarım.

Faik Dinçer ERKAN

ELAZIĞ-2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	IX
KISALTMALAR LİSTESİ	X
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı	2
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Atıksu ve Özellikleri.....	3
2.2. Arıtma Tesislerinin Enerji Verimlilikleri	4
2.2.1. Proses Seçimi	7
2.2.1.1 Eş zamanlı Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon (SND)	7
2.2.1.2. Ardışık Kesikli Reaktör (SBR)	8
2.2.1.3. Membran Biyoreaktör ile Nutrient Giderimi (MBR).....	9
2.2.1.4. İki Kademeli Azot ve Karbon Giderimi (AB Prosesi).....	9
2.2.2. Alternatif Enerji Kaynakları	10
2.2.2.1. Güneş Enerjisi	11
2.2.2.2. Rüzgar Enerjisi.....	12
2.2.2.3. Biyokütle Enerjisi	13
3. ÇALIŞMA SAHASI	16
3.1. Fiziksel Arıtım.....	16
3.2. Biyolojik Arıtım	19
3.3. Çamur Bertarafı	21
4. BULGULAR VE SONUÇLAR	23
4.1. Sayaç Montajı	23
4.2. Enerji Tahkikinde İzlenen Yol.....	27
4.3. Proses İzleme	28

4.4. Tesis Performansı	31
4.5. Sistem Seçimi	34
4.6. Yenilenebilir Enerji Uygunluğunun Kontrolü	35
4.7. Verimli Ekipman Seçimi	41
4.7.1. Giriş Terfi Pompası	42
4.7.2. Geri Devir Pompası	44
4.7.3. Çevre Aydınlatma.....	46
4.8. Havalandırma Ekipmanları	48
5. GENEL DEĞERLENDİRME	50
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	56

ÖZET

Bu çalışmada kentsel atıksu arıtım yöntemleri ve atıksu hakkında bilgi verildikten sonra, Malatya İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde Enerji dengesi detaylıca incelenmiş ve tesiste enerji harcayan ekipmanlar tespit edilerek arıtma verimini düşürmeden alınabilecek önlemler ile enerji üretimi için gerekli ekipmanlar ve sistemler anlatılmıştır.

Tesis de mevcut olan enerji analizörleri hariç, 7 farklı noktaya sayaç takılarak günlük olarak raporlamalar yapılmıştır. Tesis içi enerji tüketimini oluşturan yüksek güçteki ekipmanlar detaylıca irdelenerek yeni teknolojik gereksinimlere karşılık gelen ürünler ile değişimi incelenmiştir. 2005 yılı ila 2017 yılları arasında m^3 başına harcanan birim enerji tüketimi (kWh/m^3) ortalama 0,209 olup, en fazla 0,299 en az 0,150 kWh/m^3 'dür.

Tesis iç izlemeye yönelik olarak günlük olarak birden çok noktadan numuneler alınarak analiz edilmiştir. Aylık bazda görülebilmesi için tesisin farklı noktalarına takılan sayaçların çıktıları ile yeni ekipman takılmasında kazanılacak faydalar detaylıca açıklanmıştır.

Arıtma tesisinde 2017 yılı ortalama değerleri çerçevesinde % 93 AKM, % 90 KOİ, % 85 BOİ5, % 75 TN ve % 82 TP giderimi yapılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda öncelikli olarak karbon salınımı ve enerji maliyetini düşürmek adına yeni nesil blower ve çevre aydınlatma değişimi ile eski tip olan pompaların revize edilerek enerji verimliliği yüksek pompa temin edilmesi ve güneş enerji santrali kurulduğunda tesis enerji tüketimi 5.026.764 kWh azalacağı, 2.865.255,84 TL kazanç sağlanacağı hesap edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Tüketimi, Enerji Verimliliği, Elektrik Üretimi, Yenilenebilir Enerji.

SUMMARY

Efficiency Projects For Sustainability of Wastewater Treatment Plants; Malatya Advanced Biological Wastewater Treatment Plant

The energy balance in the Malatya Advanced Biological Wastewater Treatment Plant was investigated in detail and the prevations to be done without decreasing the process performance were evaluated by considering the equipments that consume energy in the plant.

With the exception of energy analyzers available at the plant, daily reports were obtained from active energy meters installed at seven different points. High-power equipments available in the plant were avaluated in point of chanching with the modernized high power equipments. Between 2005 and 2017, the energy consumed per m^3 (kWh) is 0.209 on average, in the range of 0.150 and 0.299 kWh/m^3 .

For on-site monitoring, it was analyzed on a daily basis from multiple points of sampling. The benefits of the installation of new equipment and the outputs of the meters installed at different points in order to be seen on a monthly basis were explained in detail.

In 2017, the treatment plant had removed 93% AKM, 90% COD, 85% BOD5, 75% TN and 82% TP on average.

As a result of the study, primarily in order to reduce carbon emissions and energy costs, the new generation blower and environmental lighting change will be provided by revising the old type pumps and supplying high energy efficient pumps. Finally, it has been calculated that the plant energy consumption will decrease by 5.026.764 kWh when the solar power plant is installed, meaning a saving of 2.865.255 TL.

Key Words: Electricity Consumption, Energy Efficiency, Electricity Generation, Renewable Energy.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1.	4 Kutuplu Bir Elektirik Motorunun Uluslararası Verimlilik Değerleri (ABB)	5
Şekil 2.2.	Pompa Verim Kayıpları (TTMD)	5
Şekil 2.3.	Konvansiyonel AAT Akım Şeması	7
Şekil 2.4.	MBR Prosesi	9
Şekil 2.5.	AB Prosesi	10
Şekil 2.6.	GEPA (YEGM)	12
Şekil 2.7.	Güneşlenme Süreleri (MGM)	12
Şekil 2.8.	Malatya İli Rüzgar Enerji Santrali Kurulabilir Alanlar (YEGM)	13
Şekil 2.9.	Çürütücü Ünitesi	15
Şekil 2.10.	Kojenerasyon Ünitesi	15
Şekil 3.1.	Çalışma Alanı	16
Şekil 3.2.	Kaba Izgara Ünitesi	17
Şekil 3.3.	Terfi Merkezi	17
Şekil 3.4.	İnce Izgara Ünitesi	18
Şekil 3.5.	Havalandırılmalı Kum ve Yağ tutucu Havuz	19
Şekil 3.6.	Biyolojik Fosfor Giderim Havuzu	20
Şekil 3.7.	Havalandırma Havuzu	20
Şekil 3.8.	Son Çökeltim Havuzu	21
Şekil 3.9.	Belt Pres Ünitesi	22
Şekil 3.10.	Genel Yerleşim Planı	22
Şekil 4.1.	Malatya İBAAT Aylık Enerji Tüketim Savaş Değerleri	26
Şekil 4.2.	BOİ5 Giderilen Yük	29
Şekil 4.3.	AKM Giderilen Yük	30
Şekil 4.4.	KOİ Giderilen Yük	30
Şekil 4.5.	TN Giderilen Yük	30
Şekil 4.6.	TP Giderilen Yük	31
Şekil 4.7.	BOİ5 Giriş Çıkış Yükleri	32
Şekil 4.8.	AKM Giriş Çıkış Yükleri	33
Şekil 4.9.	KOİ Giriş Çıkış Yükleri	33
Şekil 4.10.	TN Giriş Çıkış Yükleri	33

Şekil 4.11. TP Giriş Çıkış Yükleri	34
Şekil 4.12. 2017 Yılı Debi Salınım Grafiği.....	37
Şekil 4.13. GES Panel Dizilimi.....	38
Şekil 4.14. GES Enerji Üretim Similasyonu	39
Şekil 4.15. Malatya İBAAT Yıllık Enerji Tüketim Sayaç Değerleri	42
Şekil 4.16. Giriş Terfi Pompa Eğrisi.....	43
Şekil 4.17. Geri Devir Pompa Eğrisi.....	45
Şekil 4.18. Aydınlatma Raporu Değer Eğrileri	46
Şekil 4.19. Blower Hava-Devir Bilgileri.....	48
Şekil 4.20. Blower Ünitesi	49



TABLULAR LİSTESİ

Sayfa No:

Tablo 2.1. Dünyadaki Yenilenebilir Enerji Kullanımı (YEGM)	11
Tablo 2.2. Biyogaz Verimleri ve Biyogazdaki Metan Oranları [36]	14
Tablo 4.1. Malatya İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Ekipman Kurulu Güç Listesi	24
Tablo 4.2. Malatya İBAAT Sayaç Değerleri Mart 2018	25
Tablo 4.3. Tesis Toplam ve Sayaç Takılan Ekipman Enerji Tüketimleri ve Oranları .	26
Tablo 4.4. Malatya İBAAT Günlük Elektrik, Birim Atıksu ve Yük Başına Enerji Tüketimi.....	28
Tablo 4.5. Malatya İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Giriş ve Çıkış Kirlilik Yükleri	29
Tablo 4.6. Malatya İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi AKM/BOİ5 ve KOİ/BOİ5 oranları	32
Tablo 4.7. Çamur Bertarafı ve Kojenerasyon Ünitesi Kurulumu için Seçeneklerin Gelir Gider Durumu	36
Tablo 4.8. İnönü Üniversitesi 2015 ve 2016 yılı Enerji Üretimi.....	40
Tablo 4.9. GES Gelir Gider Tablosu	41
Tablo 4.10. Sayaç Takılı Ekipman ve Ünitelerin Yıllık Toplam Enerji Tüketimleri ...	41
Tablo 4.11. 1000 watt lamba için Led değişim Durumu Aydınlatma -1	47
Tablo 4.12. 180 watt lamba için Led değişim Durumu Aydınlatma -2	47
Tablo 4.13. Yeni Nesil Blower Bilgileri	49
Tablo 5.1. Ekipman Değişim Durumu	50

KISALTMALAR LİSTESİ

AAT	: Atıksu Arıtma Tesisi
İBAAT	: İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi
BOİ	: Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
AKM	: Askıda Katı Madde
TN	: Toplam Azot
TP	: Toplam Fosfor
NO₂	: Nitrit
NO₃	: Nitrat
NH₄	: Amonyum
H₂S	: Hidrojen Sülfür
N₂	: Azot
CO₂	: Karbondioksit
CO	: Karbonmonoksit
CH₄	: Metan
TKM	: Toplam Katı Madde
UAKM	: Uçucu Askıda Katı Madde
MLSS	: Karışık Sıvıda Askıda Katı Madde
pH	: Hidrojen Potansiyeli
f/m	: Besin/Mikroroganizma
ATV 131 E	: Tek Aşamalı Aktif Çamur Tesislerinin Boyutlandırılması Standartı
A²O	: Anaerobik Anoksik Oksik Proses
EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
İSO	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü
DIN	: Alman Standartlar Enstitüsü
€	: Euro
\$: Dolar
TL	: Türk Lirası
AC	: Alternatif Akım
DC	: Doğru Akım
lm	: Lümen
DN	: Anma Çapı
mm	: Milimetre
m	: Metre
sn	: Saniye
mV	: Milivolt
mg	: Miligram
ÇO	: Çözünmüş oksijen
Kfw	: Alman Kalkınma Bankası

C	: Derece
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
SND	: Eş zamanlı Nitrikasyon ve Denitrikasyon Prosesi
NPSH	: Net Pozitif Emme Bıncı
SBR	: Ardışık Kesikli Reaktör
AB Prosesi	: İki Kademeli Azot ve Karbon Giderimi
ABB	: Asea Brown Bower Şirketi
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
UASB	: Yukarı akışlı anaerobik reaktör
V	: Volt
GES	: Güneş Enerji Santrali
RES	: Rüzgâr Enerji Santrali
HES	: Hidroelektrik Santrali
ORP	: Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli
GZFT	: Güçlü Yön/Zayıf Yön/Fırsatlar/Tehditler
VFA	: Uçucu yağ asiti
YSA	: Yapay sinir ağları
W	: Watt
MW	: MegaWatt
KWh	: Kilowattsaat
kW	: Kilowatt
mW	: Miliwatt
MWt	: MegaWatt ısı
MCC	: Hareket kontrol sistem Panosu
LED	: Light Emitting Diod
İP	: Uluslararası Koruma Kodu
F/M	: Fayda/Maliyet
G.T	: Giriş Terfi Pompası
G.D	: Geri Devri Pompası
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
GEPA	: Güneş Enerji Potansiyel Atlası
Kg	: Kilogram
L	: Litre
TTDM	: Türk Tesisat Mühendisleri Derneği
GHG	: Sera Gazları
IEC	: Uluslar arası Elektroteknik Komisyonu
EFF1	: Yüksek Verimli Motor
EFF2	: Verimliliği Arttırılmış Motor
EFF3	: Düşük Verimli Motor
IE1	: Standart Verimli Motor
IE2	: Yüksek Verimli Motor
IE3	: Premium Verimli Motor
IE4	: Süper Premium Verimli Motor

UV : Ultraviyole Işınları
ISO : Uluslararası Standartlar Teşkilatı
SUEN : Türkiye Su Enstitüsü
TRT : Türkiye Radyo ve Televizyon Kurumu



1. GİRİŞ

1.1. Genel

Enerji tüketimini karşılamak için fosil yakıtların kullanımındaki yükseliş çevresel problemleri hızlandırmış ve bunun sonucunda yenilenebilir enerjiye duyulan ihtiyaç ve yeni nesil teknolojik ekipman üretimi giderek artmıştır. Küresel düzeyde enerji ile ilgili çeşitli çalışmalar devam etmektedir. En popüler yenilenebilir enerji çalışmaları hidroelektrik, jeotermal, güneş, rüzgâr ve biyoenerji türleri ile enerji verimliliği için standartların yükseltilmesi için yapılan çalışmalardır.

Atıksu arıtımı büyük miktarda elektrik tüketir. Atıksuyun arıtılması hâlihazırda Birleşik Devletlerde üretilen tüm elektrik enerjisinin yaklaşık %4'ünü tüketirken, Çin'deki atık su arıtma tesislerinin (AAT'ler) elektrik tüketimi 1×10^{11} kWh'dir. Atıksu arıtımı için gerekli olan elektrik, önümüzdeki 15 yıl içinde gelişmiş ülkelerde %20 oranında artacak ve bu da atıksu arıtma tesislerinde büyük bir karbon ayak izi bulunduğundan, CO emisyonları ve kaynak tüketiminde önemli artışlara neden olacaktır. AAT'nin büyük miktarda enerji tüketiminin sonuçları, çevreye verilen hasar, doğal kaynakların tükenmesi ve önemli miktarda ekonomik yük getirir. Bu nedenle, elektrik tüketimini ve AAT'lerin sera gazı (GHG) ayak izini azaltmak için sürdürülebilir atık su arıtma prosedürleri geliştirilmelidir (Yan vd. 2015).

Son yıllarda, atıksu arıtma tesisleri de sera etkisi yaratan minör kaynaklardan birisi olarak kabul edilmektedir. Karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitroz oksit (N₂O) atıksu arıtma tesislerinde oluşan temel sera gazlarıdır. Atıksu arıtma tesislerinde temel sera gazı kaynakları; arıtma tesisindeki proses üniteleri (biyokimyasal reaksiyonlar, biyolojik reaksiyonlar, kimyasal reaksiyonlar vb.), tesisteki enerji tüketimi (havalandırma prosesi, elektrik tüketimi, yakıt kullanımı vb.), kimyasal kullanımı (çamur şartlandırma prosesi için ilave edilen kimyasallar (polielektrolitler, pıhtılaştırıcı ve yumaklaştırıcılar), nitrifikasyon ve denitrifikasyon için metanol ilavesi, alkaliniteyi sağlamak için kimyasal ilavesi, pH düzenlemek için kimyasal eklenmesi vb.), arıtma çamuru stabilizasyonu (insinerasyon, anaerobik çamur çürütme vb.) ve tesiste uygulanan planlı ve periyodik bakım-onarım faaliyetleridir. Atıksu arıtma tesislerinde oluşan sera gazı emisyon kaynaklarının ve miktarlarının belirlenmelidir. Bununla

beraber, çıkış suyu kalitesine ve atıksu arıtımına olumsuz etki oluşturmadan sera gazlarının miktarlarının azaltılması gerekmektedir (Yapıcıoğlu vd, 2015).

Türkiye Su Enstitüsü verilerine göre su ve kanalizasyon idarelerinden alınan veriler ışığında ileri biyolojik atıksu arıtma tesislerinde tüketilen birim elektrik enerjisinin ortalama değerin 0.29 kWh/m³ olduğu görülmektedir. (SUEN, 2019). Farklı şehirlerde ve İstanbulda ki arıtma tesislerinde tüketilen birim elektrik enerjisi ise 0.18 ile 0.40 kWh/m³ arasında değişmektedir. (Karagözlü vd, 2018).

Atıksu arıtma tesislerinde enerji tüketimi ve yönetimi tesislerin sürdürülebilir işletimi için çok önemlidir. Sürdürülebilir işletme için tesisin ilk yatırım ve işletme maliyetinin optimum seviyede olması gerekmektedir; finans kaynağı, proje, proses seçimi gibi konuları detaylıca inceledikten sonra karar verilmelidir.

Atıksu arıtma tesisleri birçok ünitelerden oluşmakta olup başlıca kaba ızgara Ünitesi, terfi merkezi ünitesi, ince ızgara ünitesi, kum ve yağ tutucu ünitesi, selektör ve anaerobik tank, havalandırma havuzu ünitesi, son çöktürme ünitesi ve çamur bertaraf üniteleridir. Enerji tüketen birimler başlıca; kirlilik yükü olmakla beraber debi salınımları, enerji negatif unsurlardır. Özellikle terfi yapılan tesislerde yeraltı suları, sızma ve yağmur sularının tesise geliyor olması enerji sarfiyatının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca kirlilik yükünün artmasıyla beraber oksijen sarfiyatını da arttırmaktadır.

Sürdürülebilir tesisler için ekipman seçimi ve kullanımı önemlidir. Tipik olarak geleneksel bir atık su arıtma tesisinde enerji tüketimine asıl katkıyı sağlayan karışık sıvının havalandırılması (% 55-70), çamur pompalama ile birincil ve ikincil çöktürme (% 15.6) ve çamur susuzlaştırmadır (% 7) (Tchobanoglous vd. 2006). Malatya İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde enerji tüketiminin yaklaşık % 50'sinin hava temin eden ekipmanlardan sağlandığı düşünüldüğünde Blower, jet aeretör, yüzeysel havalandırıcıların seçimi büyük önem göstermektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı işletilmekte olan atıksu arıtma tesislerinde en az enerji ve yakıt tüketimi ile en verimli tesis işletimi için detay bilgileri paylaşmaktır. Atıksu arıtma tesislerinde yenilenebilir enerji ve yüksek verimli motorlar kullanılması durumunda fayda maliyet analizleri hesaplanarak yapılacak yatırımın uygunluğu kontrol edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Atıksu ve Özellikleri

Atıksu karakteristikleri, gelen debi ile atıksuyun muhteviyatı ile direkt bağlantılıdır. Karakteristik, bölgenin sosyo ekonomik yapısı, topografya ve sanayi durumu çerçevesinde harcanan su miktarı ile bağlantılıdır. Özellikle yağmurlu havalarda birleşik sistem olan mahalde yağmur suyu kanalizasyon hattına ulaşır ve atıksuyun muhteviyatını değiştirir. Sızıntı sularının miktarı, yeraltı su seviyesine, kanalın cinsine boru ve bacaların durumuna göre değişir (Öztürk, 2005) . Evsel atıksu karakteristiği bölgenin refah seviyesine, topografik koşullarına ve iklim şartlarına göre değişim gösterir. Atıksu miktarı ise nüfusun değişimlerine, yazlık-kışık turist varlığına ve öğrenci nüfusu ile bağlantılıdır (Koyuncu, 2015) . Evsel atıksular karbon, azot ve fosfor gibi organik besinlerden ve yüksek konsantrasyonda ki mikroorganizmalardan oluşur. Öyleki bozunma kanalizasyon hattına deşarj olduğu an itibari ile başlar (Arceivala, 2002). Evsel nitelikli atıksu miktarı, arazi kullanım alanı bazında veya nüfus yoğunluğu belirlenerek hesaplanabilir. Diğer bir yöntem ise kişi başı su tüketiminin % 80 ' ninin kanalizasyona ulaşacağı öngörüsü ile hesap yapılabilir (Toprak, 2001).

Birçok büyük atıksu arıtma tesisi evsel atıksudan ziyade küçük endüstri işletmelerin kanalizasyon hattına bağlanmasından dolayı endüstriyel atıksu arıtımı da yapmaktadır (Koyuncu, 2015). Kentsel atıksu debisi hesabında sızma (infiltrasyon) debisi ve yağmur suyu debisi de hesaplanmalıdır. Özellikle yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde ve kanalizasyon hattının birleşik sistem ve eski olduğu yerlerde debi artış göstermektedir (Toprak, 2001).

Endüstriyel atıksu karakteri ve miktarı, üretim tipi ve takvimine göre oldukça değişkenlik gösterir (Koyuncu, 2015). ve geniş çapta dalgalanmalara sebebiyet verir (Arceivala, 2002). Bu yüzden endüstriyel debi hesabı için, direkt endüstrilerin su tüketim miktarları hesaplanmalıdır ya da atıksu debileri yerinde ölçülmelidir. Böylece hem debi hem de karakterizasyon için doğru sonuçlara varılır (Toprak, 2001).

Atıksu arıtma tesisinin tasarımında atıksuyun kaynağı ve miktarı proses dizaynını etkilemektedir. Tesisin normal şartlar altında çalışabilmesi için Mevsimsel, endüstriyel ve kısa dönem salınımlar hesaplanmalıdır (Toprak, 2001). Atıksu debilerinde salınımlar

kırsal bölgelerde, şehir merkezine göre daha fazladır ve kısa sürelidir (Mackenzie, 2015).

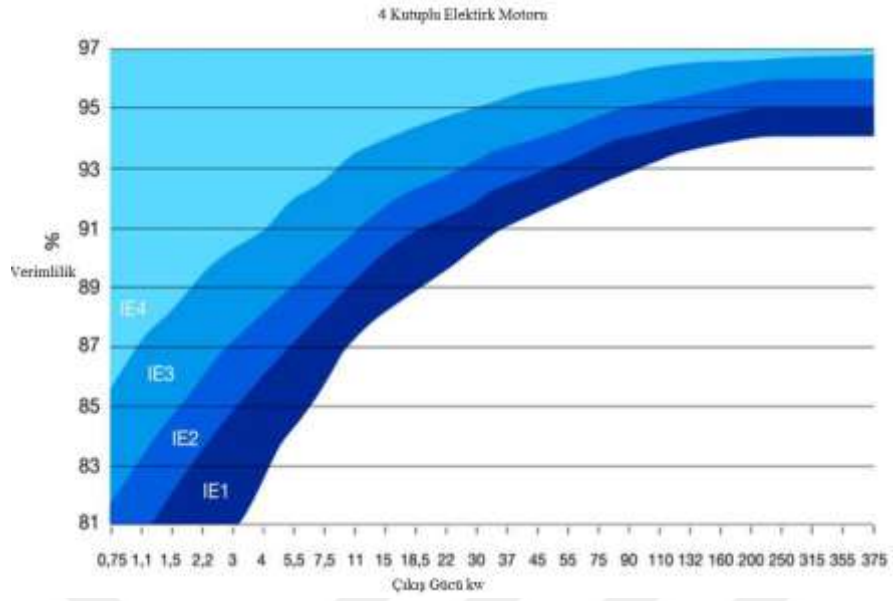
2.2. Arıtma Tesislerinin Enerji Verimlilikleri

Dünyadaki enerji kaynaklarının çeşitliliğinin artması ve buna rağmen fiyatlarının yükselmesi nedeniyle su ve atıksu arıtımında kullanılan arıtma tesislerinin enerji politikalarının güncellenmesi zaruri hale gelmiştir. Bu nedenle son zamanlarda özellikle mevcut arıtma tesislerinin enerji akışları, alternatif enerji kaynaklarının entegrasyonu ve proses-ekipman-enerji verimliliği üzerine bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalar arasında mevcut tesislerin donanımlarında yapılan değişimler sonucunda enerji verimliliğinin irdelendiği çalışmalar dikkat çekicidir. Bayram (2019), endüstrilerde kullanılan santrifüj pompaların enerji verimliliği analizi çalışmasında, enerji israfının endüstride elektrikli dönen makine olduğunu belirtmiş ve fanlar, kompresörler ve pompaların verim kayıplarının hesaplanması için öncelikle kapasite ile basma yüksekliği belirlenerek çalışma noktası tayin edilmesini önermiştir. Diğer taraftan, Bostan (2017), atıksu arıtma tesislerinde havalandırma ünitelerinin ve ekipmanlarının tetkik etmek ve karşılaştırılması çalışmasında, iki farklı havalandırma ünitesi ile devreye alınmış tesisi gözlemlemiş olup, ekipman seçiminde verimlilik ile beraber hava koşullarında etkili olduğunu tayin etmiştir.

Atıksu Arıtma tesisleri dinamik prosesler olup kesintisiz işletilmektedir. Avrupa Bölgesinde, elektrik motorlarında verimliliği arttırmaya yönelik ilk somut çalışma 1998 yılında EFF1, EFF2 ve EFF3 şeklinde tanımlanan verim sınıflandırmasıdır (URL-5).

IEC (International Electrotechnical Commission) bütünleşik bir çalışma yürüterek, tek devirli, üç fazlı, 50 ve 60 Hz elektrik motorlarında verimlilik 2014 yılında son halinde yayınlanan iki standart ile uluslararası düzeyde bir zemine oturtulmuş oldu. IEC 60034-30-1:2014 ile elektrik motorlarında IE (International Efficiency) verimlilik sınıfları belirlenmiş, IEC 60034-2-1:2014 ile de motorların verim ölçümlemesi için test metotları standardize edilmiştir (URL-5).

Şekil 2.1’de Uluslararası verimlilik sınıfları 4 kutuplu bir motor için verilmiştir. Şekil 2.2 de ise pompa giriş gücü ile hidrolik güç arasındaki aktarım elemanları ve kayıp noktaları belirtilmiştir.



Şekil 2.1. 4 Kutuplu Bir Elektirik Motorunun Uluslararası Verimlilik Değerleri (ABB)



Şekil 2.2. Pompa Verim Kayıpları (TTMD)

Genel güç formülü $P = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q / 1000 \cdot \eta$ 'dir (URL-6).

$P =$ Giriş gücü (kW/h)

$\rho =$ Suyun yoğunluğu (kg/m³)

$g =$ Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²)

$H =$ Net düşü (su yüzeyi ile türbin arasındaki yükseklik)

$Q =$ Suyun hacimsel debisi (l/s)

$\eta =$ Genel verim (%)

Atıksu arıtma tesislerinin işletilmesinde özellikle elektrik tüketimi ve ekipman bakımları önemli giderler kalemlerini oluşturmaktadır. Bu sebeple, verimliliği yüksek ve enerji tüketimi düşük ekipmanlar ile üniteler tercih edilmelidir. Ayrıca proseslerin ve ekipmanların verimliliklerini değerlendirebilecek ölçüm cihazlarının da kullanılması gerekmektedir. En yaygın kullanılan cihazlar; Çözünmüş oksijenmetre, oksidasyon-reduksiyon potansiyeli (ORP) probu, pH metre vb.'dir.

Biyolojik prosesler için optimum çamur yaşı ve biyokütle (MLSS - mixed liquor suspended solids) konsantrasyonları belirlenmelidir. Özellikle çamur yaşı ve MLSS konsantrasyonlarının optimize edilmesi ile oksijen sarfiyatı da optimize edilecektir.

Böylece, blowerların çalışması sınırlandırılacak ve elektrik sarfiyatı azaltılacaktır. Anoksik ve anaerobik proseslerde oksijen ölçümüne ilave olarak ORP ölçümü yapılmalıdır. ORP değerleri dikkate alınarak denitrifikasyon ve fosfor salınımı için uygun koşulların oluşup oluşmadığı da değerlendirilmelidir (URL-3).

Evsel atıksu arıtma tesislerinde enerji tüketimini etkileyen unsurlar başlıca; kullanılan arıtma teknolojileri, kalifiye personel durumu, arıtım verimi, tesis kapasitesi, havalandırma sisteminin tipi, tesis hidrolik profili, üçüncül arıtımın türü (UV, ozon, kum filtre, disk filtre seçimi), susuzlaştırma ve kurutma tipidir (Haas vd, 2015) .

Atıksu arıtma tesislerinde enerji pozitif tesislerinin uygulanabilmesi, çevrenin korunması adına çok önemlidir. Ülkemizde enerji ihtiyacının % 70'nin yerli olmadığı düşünüldüğünde enerji sarfiyatı içinde bir o kadar mühim olduğu aşikârdır (Kılıç, 2011).

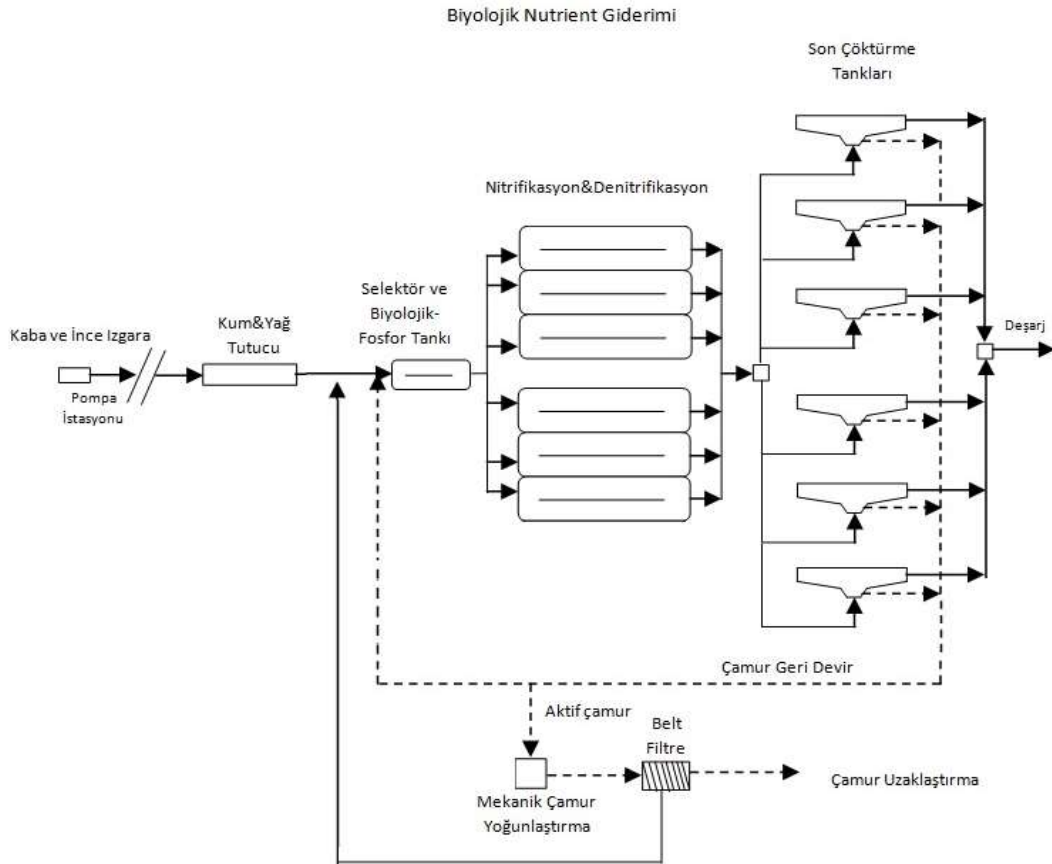
ISO 50001 kodlaması ile adlandırılan uluslararası enerji yönetim standartının tüm ülke kurumlarında ciddiyetle kullanılması gerekmektedir. Enerji yönetimi; iş güvenliği, üretimin nitelik ve niceliğine çevresel mesuliyetten ödün vermeden enerjinin tasarruflu kullanımınıdır. ISO 50001 enerji yönetim sistemi standardı kurumların nasıl hareket edeceğini sistematik olarak oluşturulmasında yardımcı olur ve sürekliliğini sağlar. Standart tüm enerji türünü kapsamakta olup etkin enerji yönetimine, maliyetlerinin azalmasına ve çevreye karşı duyarlılığa karşı teşvik eder (ISO 5001, 2011).

Mevcut tesislerin işletim parametreleri ve enerji tüketiminin kontrol edildiği çalışmalar da göstermiştir ki; önemli yapısal değişiklikler yapmadan da gerekli arıtma ihtiyacı gözetilerek önemli enerji verimlilikleri kolaylıkla sağlanabilir. Azman (2005) yapmış olduğu çalışmada Atıksu arıtma tesisinin işletme verilerini bir ay boyunca izlenmiş olup, tesise ait giderim verimleri, KOİ-BOİs-AKM-Enerji ilişkilerini gözlemlemiş ve tüketilen enerji miktarlarını hesaplayarak seçilen proseslere uygun mekanik ekipmanlar ile tesis yapımını önermiştir.

Konvansiyonel ileri arıtım prosesleri öncelikli olarak karbonun giderimi, fosforun hücre sentezinde kullanımı ve çamur bünyesine katılması azotun ise amonyak formundan önce nitrata sonra nitrit ve azot gazına indirgenmesi ile gerçekleşir. Bu sistem nitrifikasyon bakterilerin hassas olması ve oksijen ihtiyacından dolayı aerobiktir. Aerobik prosesler havalandırma tankındaki enerji sarfiyatı nedeniyle arıtma tesislerinde tüketimin en yüksek olduğu proseslerdir (Çoşkun vd, 2015).

2.2.1. Proses Seçimi

Konvansiyonel nitrifikasyon denitrifikasyon prosesleri pH, alkalinite, çözülmüş oksijen, sıcaklık ve ağır metallere direkt etkilenmektedir. Şöyle ki nitrifikasyon sürecinde; Ph 7.2 ile 8.5 aralığında iken alkalinite nitrifikasyon sonucu nitroz asidi oluşturması dolayısıyla tamponlama yapabilmeli, nitrifikasyon bakterileri ototrof olmasından dolayı 1-2 mg/l oksijen ihtiyacı karşılanmalı ve sürece ağır metallere toksik etki yaptığı unutulmamalıdır. Denitrifikasyon sürecinde ise pH'ın 6'nın altına inmesi bakteri faaliyetinin durmasına çözülmüş oksijen miktarı 0.3 mg/l'erin üzerine çıktığında nitrat yerine oksijen kullanmakta, nitrat kaçışına neden olmaktadır. 10 derecenin altındaki sıcaklıklarda denitrifikasyon yapılamamaktadır. Şekil 2.3'de Konvansiyonel aktif çamur sistemi gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Konvansiyonel AAT Akım Şeması (MASKİ, 2019)

2.2.1.1 Eş zamanlı Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon (SND)

Aerobik aktif çamur sistemlerinde organik maddenin karbondioksit, su ve son nihai ürünlere dönüştürüldüğü konvansiyonel sistemler yıllardır kullanılmaktadır.

Yapımı tamamlanmış kapasitesi 100.000 Eşdeğer nüfustan yüksek tesislerde 2018 yılı itibari ile kentsel atıksu arıtım yönetmeliği uygulamaya geçmiş olup deşarj limitleri sıkılaştırılmıştır. Sıkılaşan deşarj limitleri enerji tüketimleri paralelinde arttırmaktadır. Eş zamanlı nitrifikasyon ve denitrifikasyon prosesinde tek bir havuzda hem nitrifikasyon hem de denitrifikasyonun aynı anda düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında gerçekleştirilmesi ve ek karbon ve alkalinite ihtiyacı olmaksızın azot giderimi gerçekleşir (ÇŞB, 2018).

Konvansiyonel sistemlere kıyasla SND daha düşük çamur yaşında işletilebilmektedir. SND 10 derece işletme sıcaklığında minimum 10 gün çamur yaşında işletilebilmekte iken uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde aynı sıcaklıkta 21 gün çamur yaşında işletim sağlanmaktadır (Trivedi, 2009). Eş zamanlı nitrifikasyon denitrifikasyon prosesinde çözünmüş oksijen değerinin 1 ppm'den 0.5 ppm'e düşmesine KOİ giderim veriminin değişmediği ancak azot giderim veriminin önce azaldığı sonra arttığı ve enerji tasarrufu için çözünmüş oksijen konsantrasyonunun zamanla azaltılabileceği öngörülmüştür (Fan vd. 2017).

SND işletmede olan ve yeni yapılacak tesisler için öncelikli olarak seçilebilir. Düşük oksijen ihtiyacı ve aynı havuzda gerçekleşmesi dolayısıyla enerji, tank hacmi ve ekipman ihtiyacının azalmasına sebebiyet verir. Ancak sürekli olarak çözünmüş oksijen kontrolü gerektirir ve nitroz oksit (N_2O) oluşmasına ve tam nitrifikasyon gerçekleşmediği durumlarda çıkış suyunda nitrat ve amonyum konsantrasyonuna sebebiyet verir (ÇŞB, 2018).

2.2.1.2. Ardışık Kesikli Reaktör (SBR)

Ardışık kesikli reaktörler uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinden farklı olarak kesikli havalandırma ile çalışır. SBR tesislerinde 5 genel dereceye yer verilir; (1) doldurma, (2) karıştırma, (3) havalandırma, (4) çöktürme, (5) deşarj. Kesikli reaktörler debinin değişken olduğu ve kirlilik yükünün salınım gösterdiği yerlerde dengeleme havuzu bulundurmasından dolayı stabil arıtma verimi sağlar. Uygulamalarda görülmüştür ki konvansiyonel tiplere kıyasla projelerde yüksek kapasitede ekipman seçilmesine ve hava ihtiyacı aynı olmasına rağmen işletmede düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında yüksek verim sağladığı ve daha az çamur oluşturduğu gözlemlenmiştir (Gürtekin, 2013).

SBR havuzlarının dezavantajı uzman personel ve ileri derecede otomasyon gereksinimidir. Ardışık kesikli reaktörde azot ve fosfor arıtımı için varyasyonlar; hidrolik alıkonma süresi, çamur bekleme süresi, karıştırma/havalandırma oranı ve faz miktarı, doldurma ile kontrol stratejilerdir (Manga vd, 2010). Ancak başka bir çalışmada Strass atıksu arıtma tesisinde çamur yoğunlaştırma için kullanılan kimyasalda % 50 azalma susuzlaştırma maliyetinde ise % 33 bir azalma göstermiştir (Crawford, 2011).

2.2.1.3. Membran Biyoreaktör ile Nutrient Giderimi (MBR)

Membran biyolojik reaktörler ülkemizde üretilmeye başlanmış olup ilk yatırım maliyetleri azalmıştır. Yeni yapılan tesislerde arazinin kısıtlı olan lokasyonlarda öncelikli olarak seçilebilir. İstanbul Ağva Atıksu Arıtma Tesisi 2000 m³/gün (Şekil 2.4) kapasiteli olup debisinin üstünde gelen atıksuyu arıtamamaktadır. Lokasyon itibari ile ve betonarme ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı son çökeltim havuzlarına membran kasetler eklenerek arıtma kapasitesi arttırılmıştır.

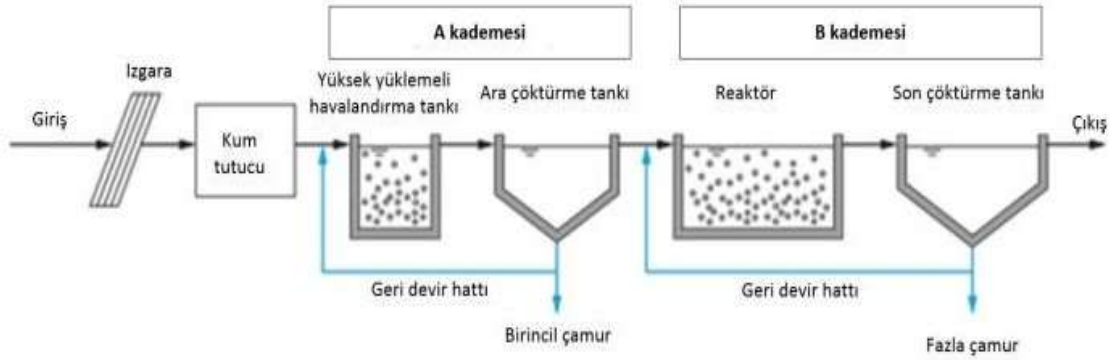


Şekil 2.4. MBR Prosesi

2.2.1.4. İki Kademeli Azot ve Karbon Giderimi (AB Prosesi)

AB prosesi şekil 2.5’de gösterilmiştir, yüksek hızlı aktif çamur sistemi ile karbonun ayrılması (A prosesi) sonrasında daha yüksek çamur yaşında tekrar havalandırılması işlemidir. A prosesi özellikle yalnız karbon gideriminin yapıldığı, alan ihtiyacının

sınırlı olduğu yüksek debili yerlerde kullanımı uygun olabilir. Bekletme süresinin ve çamur yaşının kısa oluşu oksijen sarfiyatını ve havuz hacimlerini düşürür. B kademesi ise havalandırma ve son çöktürme tankından ibaret olup bekletme süresi 5 saate kadar çıkabilmekte çamur yaşı ise 10 ile 20 gün arasında değişebilmektedir (ÇŞB, 2018).



Şekil 2.5. AB Prosesi

2.2.2. Alternatif Enerji Kaynakları

Diğer taraftan arıtma tesislerinde alternatif enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi de önemli bir enerji verimliliği adımıdır. Kanat (2017), çalışmasında Ankara Tatlar atıksu arıtma tesisinin biyogazla çalışma prensibini ve ünitelerini tanıtmıştır. Tesis çıkışına kurulan mikro hidroelektrik santralının ve kojenerasyon ünitesinin enerji üretim miktarlarını belirtmiştir. Fosil yakıt kullanımı ile artan CO₂ seviyelerinin yüksek nüfuslu yerleşim yerlerine yapılacak arıtma tesislerinde Çürütücü ve kojenerasyon ünitesi ile azalacağını söylemiştir. Ayrıca Ağaçbiber (2010), yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye ve ekonomiye etkisini; enerji güvenliği, çevresel etkiler, ekonomik etkiler ve GZFT analizleri kapsamında araştırmış olup yeni yatırımlarda güneş, biyokütle ve rüzgar enerjisine yönelimin faydalı olacağını öngörmektedir. Bir başka çalışmada da Zengin (2016), yenilenebilir enerji kullanılarak atıksu arıtma tesislerinin enerji tüketiminin nasıl azaltılacağını değerlendirmiş olup, farklı yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak fayda maliyet analizlerini ortaya koymuş ve en verimli sistemi önermiştir. Sevgili (2017), birden fazla belediyenin birarada ve ayrı ayrı GES kurulumunun mali açıdan uygunluğunu arazi ihtiyacı, enerji üretimi, ilk kurulum maliyeti ve net bugünkü değer üzerinden hesaplamış olup, maliyetin ortalama geri dönüş süresinin daha kısa olmasından dolayı birarada yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları doğal bir devir sürecinde, sürekli kullanımda dahi miktarı azalmayan enerji kaynaklarıdır (Kanat, 2017). Küresel boyutta yenilenebilir enerji pazarı (elektrik, ısıtma ve ulaşım) araştırıldığında son beş yıllık periyotta önemli bir büyüme gözlemlenmiştir. Tablo 2.1’de dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim miktarları ve üretimdeki payları belirtilmiş olup, 2010 ve 2035 yılları arasında 2.69 katında genişleme öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi 2010 yılında 34 megawatt (mW) iken, 2035 yılında 1124 mW olması beklenmektedir (Doğan vd, 2017).

Tablo 2.1. Dünyadaki Yenilenebilir Enerji Kullanımı (YEGM)

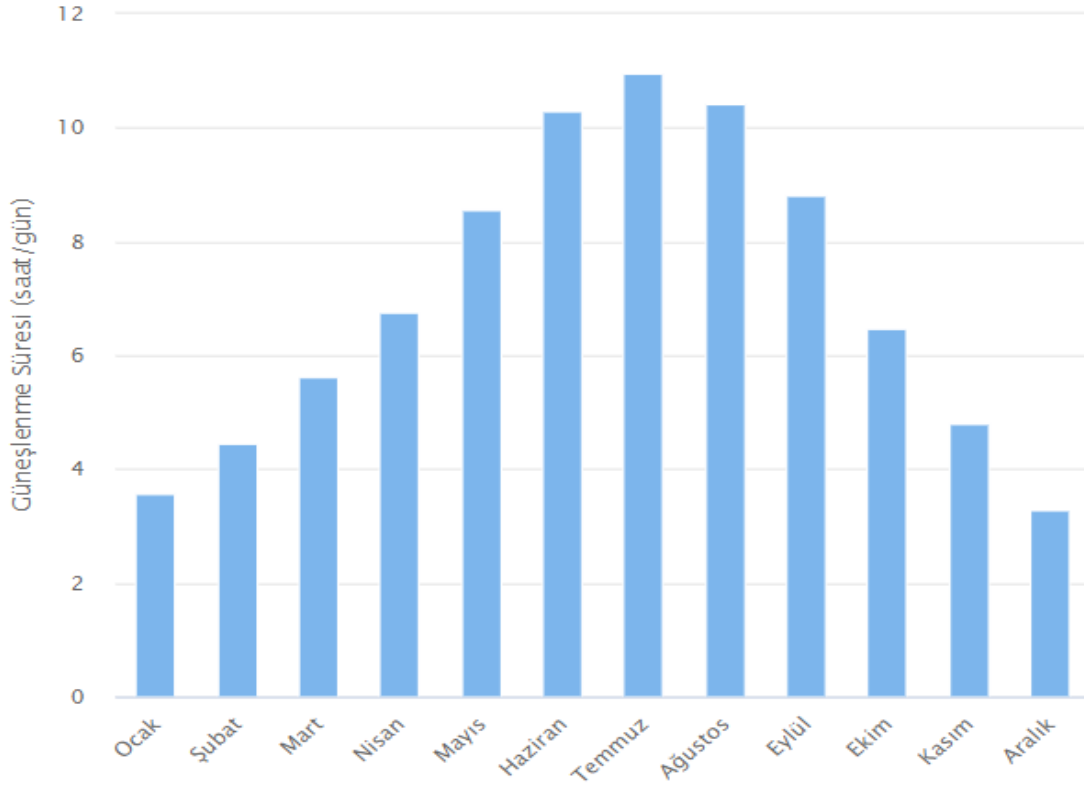
Enerji türü	2010	2020	2035
Elektrik Üretimi (Mwh)	4206	6999	11342
Biyoenerji	331	696	1487
Hidrolik	3431	4513	5677
Rüzgar	342	1272	2681
Jeotermal	68	131	315
Güneş	34	382	1124
Dalga	1	5	57
Üretimdeki Payı (%)	20	25	31
Isı Talebi (Mtoe)	337	447	604
Endüstri	207	263	324
Bina ve Tarım	131	184	280
Üretimdeki Payı (%)	10	12	14

2.2.2.1. Güneş Enerjisi

Türkiye de güneş enerjisi potansiyel atlası Şekil 2.6’da görülmekte olup Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesinde yıllık ortalama değerler yüksek gözükmektedir. Yakıt sorununun olmaması, işletme kolaylığı, modüler kurulum ve hızlı montaj yapılabilmesi sebebiyle güneş enerjisi kullanımı önemlidir. Türkiye güneşlenme süreleri Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.6. GEPA (YEGM)

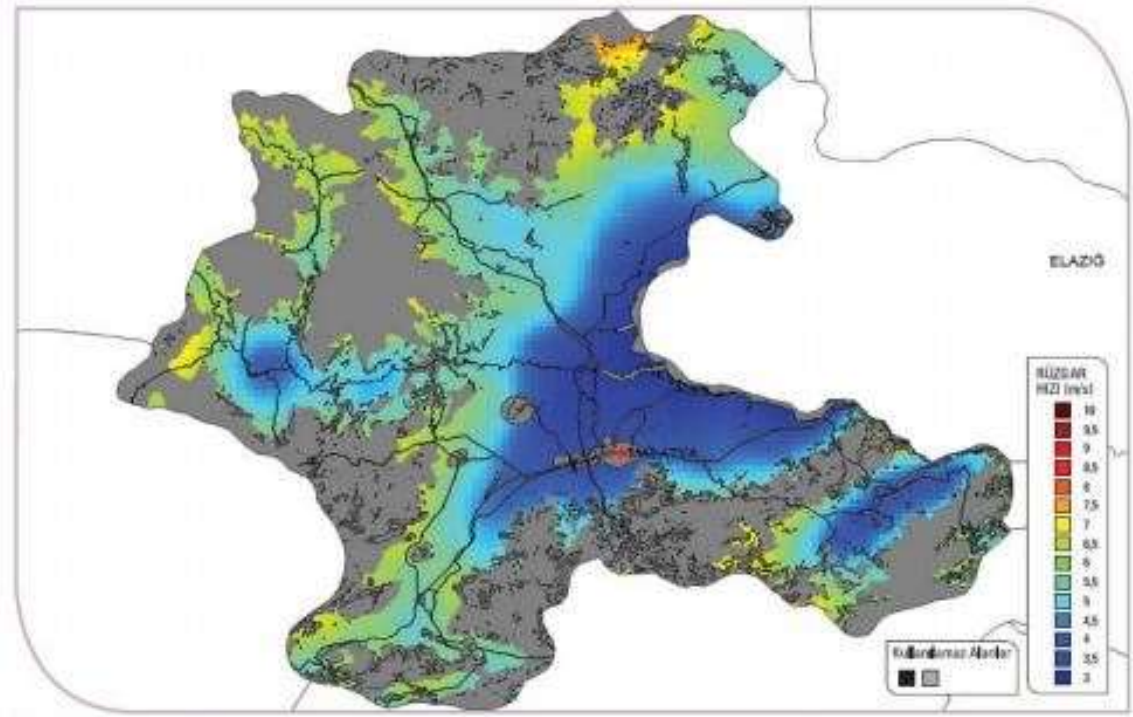


Şekil 2.7. Güneşlenme Süreleri (MGM)

2.2.2.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr güneşin dünya yüzeyine eşit ısıtamamasından kaynaklanan sıcaklık, yoğunluk ve basınç farklarından oluşur. Yıllık ortalama rüzgâr hızları bölgelerde çok

değişken olup 0.6 ile 5.1 m/sn arasında değişmektedir (TASAM, 2006). Rüzgârlar yüksek basınç alanlarından alçak basınca doğru akış gösterirken, hız ve yön olmak üzere iki ana etken ile belirlenir. Rüzgâr hızı kuramsal yönden güç ile küpü oranında ilintilidir. Rüzgâr tribünleri rüzgârda bulunan potansiyel enerjiyi önce mekanik daha sonra ise isteğe göre elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Şekil 2.8'de Malatya ili rüzgâr enerji potansiyeli gözükmetedir. Rüzgar Enerjisi kurulacak alanlarda kapasite faktörü en az % 35, rüzgar hızı 7 m/sn olmalıdır (URL-1).



Şekil 2.8. Malatya İli Rüzgar Enerji Santrali Kurulabilir Alanlar (YEGM)

2.2.2.3. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi sonsuz bir kaynak olması, birçok yerden ulaşılabilmesi, çokça kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmeler için de faydalı olması sebebiyle kullanışlı ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Mısır, arpa gibi yetiştirilen bitkiler, meralardaki otlar, mavi yeşil algler, hayvan gübreleri ve sanayi atıkları, evlerden ve işyerlerinden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları), atıksu arıtma çamurları biyokütle için kaynak oluşturmaktadır (URL-2). Biyoyakıt içerdiklerinin en az % 80'i son 10 yıl içinde toplanmış canlı organizmalardan elde edilmiş yakıtları tanımlar. Biyokütle enerjisinin değişik yöntemlerle enerji eldesi mevcuttur. Başlıca Aneorobik ortamda fermantasyon (çürütücü vasıtasıyla biyogaz eldesi), oğrudan yakma

veya gazlaştırma, kompostlaştırma, hidrojenasyon ile sentetik yakıt üretimi, ısı parçalanmadır (Kılıç, 2011). Tablo 2.2’de bazı hammaddelerin biyogaz verimleri ve metan içerikleri belirtilmiştir. Atıksu çamuru metan oranı % 65-80 seviyelerinde olup kg başına verim ise 310 ila 800 litre arasındadır.

Tablo 2.2. Biyogaz Verimleri ve Biyogazdaki Metan Oranları [36]

Hammadde	Metan Oranı %	Biyogaz Verimi L/kg
Sığır Gübresi	65	90-310
Kanatlı Gübresi	60	310-620
Buğday Samanı	50-60	200-300
Çavdar Samanı	59	200-300
Arpa Samanı	59	290-310
Mısır Sapları ve Artıkları	59	380-460
Keten	59	360
Kenevir	59	360
Çimen	70	280-550
Sebze Atıkları	Değişken	330-360
Yer Fıstığı Kabuğu	-	365
Dökülmüş Ağaç Yaprakları	58	210-290
Alg	63	420-500
Atıksu Çamuru	65-80	310-800

Türkiye’de yerleşim yerine, kültürel özellik ve çalışma duruma göre kişi başına yılda 10 ile 30 m³ metan gazı üretebilme potansiyeli vardır. Biyokütlenin enerji kaynağı olarak avantajları neredeyse her lokasyonda bulunması, üretim çevrim mantığının anlaşılır olması, çevre kirliliğine etki eden sera gazlarını oluşturmamasından dolayı önemlidir (URL-2). Atıksu arıtma çamurundan kaynaklanan biyogaz içeriği % 60-70 CH₄ , % 30-35 CO₂, % 1-2 H₂S ve % 0.3-3 N₂’dir. Arıtma çamurlarının nihai giderimi öncesinde tatbik edilen süreçlerden biri biyogaz üretimidir. Ülkemizdeki bu arıtma tesislerinden oluşacak gaz miktarı 0.015- 0.022 m³/kişi.gün arasında değişmekte ve oluşan gazın ortalama ısı değeri 5.300 kcal/kg’dır (Şenol vd. 2017). Şekil 2.9’da çürütücü ünitesi görülmektedir.



Şekil 2.9. Çürütücü Ünitesi (KASKİ, 2019)

Biyogaz ile çalışan jeneratörlerde, kullanılan yakıtın enerjisinin yaklaşık % 75'i sistemde atık ısı olarak kaybedilmektedir. Atık ısının kullanıldığı kojenerasyon sistemlerinde toplam sistem verimi artmaktadır. Elektrik ve ısı üretiminin birlikte yapıldığı sistemlerde toplam verim % 58'lerden % 85'lere çıkmaktadır. Güç üretimi ve ısı üretiminin yanında soğutma sisteminin entegrasyonunun sağlandığı Trijenerasyon ünitelerinde özellikle soğutma ihtiyacının olduğu yaz aylarında verim daha da artmaktadır (Deviren, 2017). Şekil 2.10'da Kojenerasyon ünitesi belirtilmiştir.



Şekil 2.10. Kojenerasyon Ünitesi (KASKİ, 2019)

3. ÇALIŞMA SAHASI

Malatya ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi 3 aşamalı olarak projeye esas dizayn edilmiştir. Öncelikli olarak ilk aşaması tamamlanmıştır. Tesis 135.000 m³/gün ortalama debiye göre ve 197.000 m³/gün yağışlı hava debisine göre projelendirilmiştir (Şekil 3.1). Atıksu arıtma tesisi proses yapıları, idari binalar, trafo binalarını kapsayacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma Alanı (MASKİ, 2019)

3.1. Fiziksel Arıtım

Azot, fosfor ve karbon giderimini ve simültane çamur stabilizasyonunu öngörerek tasarlanan tesis KfW (Alman Kalkınma Bankası) kredisi ile müşavirlik denetimi altında 2002 yılında yapımına başlanmış 2004 yılında 1. Kademesi devreye alınmıştır. Atıksu tesise DN 2400 doğu ana kollektörü ve DN 1000 ana kollektörleri ile gelmektedir. 6 metre uzunluğundaki yaklaşım kanalından geçen atıksular 25 mm aralıklı tek kepçeli halatlı kaba ızgaraya ulaşmaktadır (Şekil 3.2). Kaba ızgara derinliği 5.5 metre, genişliği ise 2.6 metredir. Seviye farkına ve zamana göre çalışan kaba ızgaranın tek olması herhangi bir problem durumunda suyun taşkan kanalına deşarjına neden olmaktadır. Kaba ızgarada alınan malzemeler konveyör bant marifetiyle konteynere taşınmaktadır.



Şekil 3.2. Kaba Izgara Ünitesi (MASKİ, 2019)

Bölgenin topografik yapısından dolayı ve atıksuyun tesis boyunca cazibeli akışına olanak vermek için yaklaşık 8.5 metre terfi ettirilir. Terfi istasyonunda 4'ü sabit hızlı (130 kW gücünde), 2'si frekans konvertörlü (280 kW gücünde) 6 adet dalgıç tip pompa bulunmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Terfi Merkezi (MASKİ, 2019)

Terfi ettirilen atıksu 3 adet otomatik olarak seviye farkına ve zamana göre çalışabilen 6 mm aralıklı zincirli tip ince ızgaralardan geçmektedir. Iızgaralar 1.5 metre genişliğinde ve 1.9 metre derinliğindedir (Şekil 3.4). İnce ızgarada günlük 7.9 m³ sıkıştırılmış ızgara atığı alınmaktadır. Iızgaraların öncesinde ve sonrasında bulunan stop-loglar ayrı ayrı izole edilebilmelerine imkân tanımaktadır. Alınan atıklar ızgara konveyörüne boşaltılarak ve oradan da ızgara presinde sıkıştırılarak hacminin yüzde 50 azaltımı ile konveyöre aktarılır. Iızgara preslerinde gelen drenaj suyu drenaj çukuruna yönlendirilir buradan da dalgıç tip pompa vasıtasıyla giriş yapılarına aktarılır.



Şekil 3.4. İnce Iızgara Ünitesi (MASKİ, 2019)

Atıksu bir sonraki aşamada paralel olarak işleyen 4 adet havalandırmalı tip kum ve yağ tutucu havuzuna geçer (Şekil 3.5). Her bir havuz, yukarı kısma konulan kapaklar yardımıyla izole edilebilirler. Kum, organik maddelerden, havalandırma sistemi ile ayrılır. Kum ve yağ tutucuların deşarjı için 2 çift hareketli sıyırıcı mevcuttur. Kum, kum tutucu girişinde bulunan kum toplama çukuruna itilir ve kum pompaları yardımıyla ayırma ve giderme işlemleri için kum ayırıcıya gönderilir. Kum pompaları toplamda 4 adet dalgıç tip olup saatte 20 m³ kapasitelidir. Yağ ve diğer yüzen maddeler, kum tutucunun hemen yanında bulunan yağ ayırma bölümünün yüzeyinde toplanır, sıyırıcı

köprüsünün ayrı bir kolu yardımıyla yağ haznesine süpürülür ve buradan da 4 adet köpük pompası (20 m³/saat kapasiteli) ile konteynere iletilir.



Şekil 3.5. Havalandırmalı Kum ve Yağ tutucu Havuz (MASKİ, 2019)

Kum ve yağ tutucuların havalandırılması için, 3 adet rotary pistonlu hava blower bulunmaktadır. Blower 30 kW gücünde 600 Nm³/h kapasitesindedir. Kum ve yağ tutucu havuz uzunluğu 64 metre olup ATV 131 E standartlarının 14 metre üzerindedir. Genişlik 2.10 metre, eğim ise 40 derecedir. Kum yağ tutucuda hız 0.3 m/sn olarak belirlenmiştir. Tesisten günlük ortalama 0.80 m³ /1000 m³ kum uzaklaştırılmaktadır.

Kum ve yağ tutucu havuzdan savaklanan su kanal vasıtasıyla geri devir çamuru ile karışmak üzere selektör tankına alınır. Selektör tankında çamur hacim indeksini olumsuz yönde etkileyecek olan filamentli bakteri oluşumu engellenmektedir.

3.2. Biyolojik Arıtım

Giriş atıksuyu ve geri devir çamuru birleşerek 1 adet anaerobik havuza geçiş yapar (Şekil 3.6). Anaerobik tankta -100/-250 mV ORP değerlerinde ve 0 mg/l çözülmüş oksijen şartlarında havuz işletilmeye çalışılarak, atıksuyun bünyesinde bulunan fosforun salınımı sağlanır. Sonraki fazda depolanan suya bırakılan fosfor yüksek oranlarda çamurun bünyesine katılır. Anaerobik tankta aktif çamurun çökmesini engellemek için 6 adet (1.3 kW gücünde) muz tipi karıştırıcı mikser bulunmaktadır.



Şekil 3.6. Biyolojik Fosfor Giderim Havuzu (MASKİ, 2019)

Anaerobik tanktan atıksu 6 adet havalandırma havuzuna geçer (Şekil 3.7). Sistem A²O prensibine göre dizayn edilmiş olup önde denitrifikasyon ve sonrasında nitrifikasyon bölümlerinden oluşmaktadır. Ayrıca anoksik bölgede redoks potansiyeli ölçülerek denitrifikasyon prosesinin kontrolü sağlanır. Havalandırma havuzunun hacmi 170.000 m³ olup anoksik hacim 34.000 m³'tür. Proses havuzu boyutları uzunluk 143 metre, genişlik 28 metre, derinlik ise 7 metredir.



Şekil 3.7. Havalandırma Havuzu (MASKİ, 2019)

Tesis toplam çamur yaşı 21, katı madde yükü 4.200 mg/l, f/m 0.045 kg/kg/gün seçilerek projelendirilmiştir. 6 adet nitrat geri devri için iç resirkülasyon pompası (3750 m³/saat) mevcuttur. Havalandırma havuzlarında oksijeni sağlayabilmek için 4 adet 14.000 Nm³/h kapasiteli turbo blower ve oksijenin iletimi için 5.304 adet membran tip

difüzör bulunmaktadır. Anoksik bölgede çamur çökmesinin engellenmesi ve karışımın sağlanması için 3.1 kW gücünde 12 adet mikser bulunmaktadır.

3.3. Çamur Bertarafı

Havalandırma havuzlarında biyolojik reaksiyonlar sonrasında atıksu cazibe ile son çökeltim havuzlarına dağıtılır (Şekil 3.8). 6 adet çökeltim tankı bulunan tesiste faydalı yüzey alanı 14.000 m²'dir. Çamur hacim indeksi 90 l/kg ve yüzey yükü 1.29 m³/m² dir. Her havuzda çamur sıyrıcı, köpük pompası, pompa haznesi bulunmaktadır.

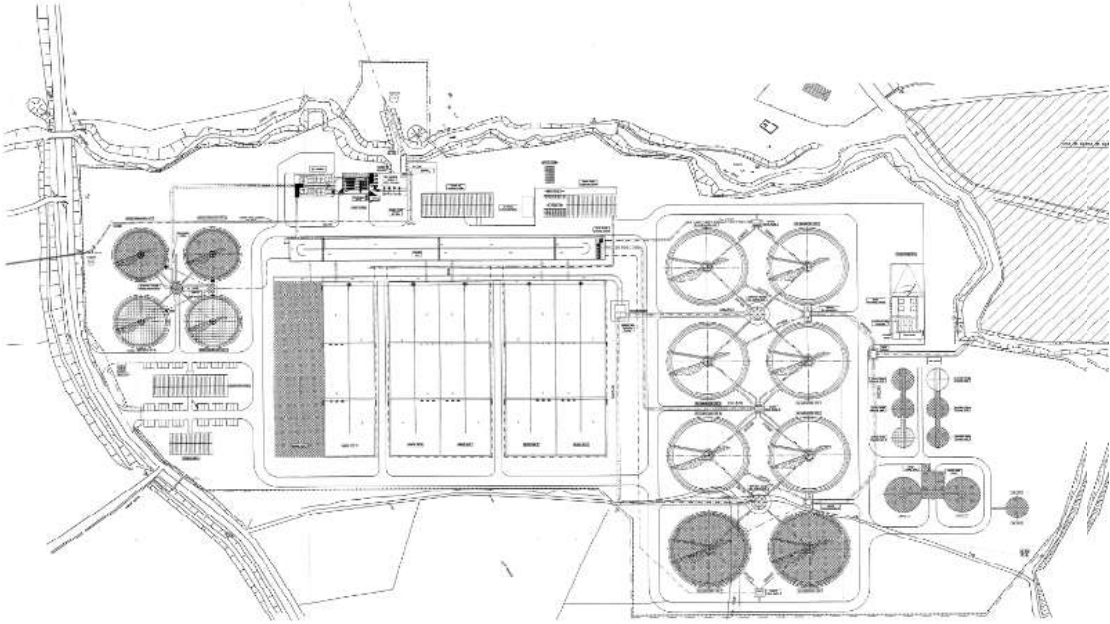


Şekil 3.8. Son Çökeltim Havuzu (MASKİ, 2019)

Son çökeltim havuzlarından savaklanan su çıkış kanalı vasıtasıyla önce boran deresine sonra Karakaya baraj gölüne deşarj olmaktadır. Çamurun bir kısmı aşı için sisteme geri devir ettirilmekte bir kısmı ise fazla çamur pompaları ile önce mekanik yoğunlaştırıcılara ve belt preslere basılır (Şekil 3.9). Presten çıkan süzüntü, süzüntü suyu pompaları ile tesis başına iletilir. Şekil 3.10'da tesis genel yerleşimi bulunmaktadır.



Şekil 3.9. Belt Pres Ünitesi (MASKİ, 2019)



Şekil 3.10. Genel Yerleşim Planı (MASKİ,2019)

4. BULGULAR VE SONUÇLAR

4.1. Sayaç Montajı

Malatya İBAAT’de enerji korunumunu ve tasarrufunu sağlayabilmek için öncelikli olarak fatura analizi, enerjinin tüketildiği üniteler ekipmanlar ve tüketilen enerjinin miktarı, aydınlatma ihtiyacı gibi teknik dataları içeren enerji etüdü yapılmıştır. Enerji etüdünde arıtma tesisleri bir fabrika gibi düşünülüp elektrik, su, kimyasal ve yakıt tüketimleri raporlanmış ve tüm sayaçlar sistematik bir şekilde izlenmiştir.

Enerji tüketimi satın alındığı faturalar detaylıca analiz edilmiş satın alımın yapıldığı tedarikçi denetlenmiştir. Arıtma tesislerinde; (i) arıtma tesisi için bu süreç kapsamlı olup mekanik ekipmanların kontrolü, (ii) elektrik motorlarının izlenmesi ve (iii) proses veriminin detaylıca gözden geçirilmesi şeklinde üç aşamada enerji tasarruf imkânları ortaya konulmalıdır.

Bu çalışmada Malatya İBAAT’de enerji tüketimini azaltmak adına tesisteki yüksek güç çeken ekipmanlar incelenmiş ve enerji beslemesi yapılan panolara sayaçlar takılmıştır. Sayaçlardan alınan değerler ile yeni ekipman alınması durumunda karşılaşılabilecek maliyet belirlenerek ve fayda maliyet oranları hesaplanmıştır.

Enerji tüketimini arttıran proses dışı etmenler de gözönünde bulundurulmuştur. Aydınlatma giderleri hesaplanarak F/M oranı çıkarılmıştır.

Malatya İBAAT’de fiziksel ünitelerden itibaren çok sayıda ekipman bulunmaktadır. Tablo 4.1’de başlıca ekipmanlar listelenmiştir. Ana güçte 70 ekipmanın kurulu gücü 3.657 kWh’ dir. Tesiste 7 farklı noktaya Makel marka X5 Kombi Dijital sayaç takılmış olup enerji tüketimleri izlenmiş, ekipman kontrolleri Fluke marka 305 1000 A AC Pensampermetre cihazla yapılmıştır. Ayrıca Fluke 279 FC TRMS Termal Multimetre marka termal mutimetre ile görüntüleme yapılmıştır. Sayaçlar, MCC panoları önlerine ve direkt pano güç kaynaklarına entegre edilmiştir.

Atıksu arıtma tesislerinde Tablo 4.1’den de okunacağı gibi terfi pompaları, geri devir pompaları ve blowerlar yüksek güçteki ekipmanlardır. Malatya İBAAT Trafo merkezi ikinci kademe planlanarak 9 MW kurulu gücü karşılayacak şekilde dizayn edilmiştir.

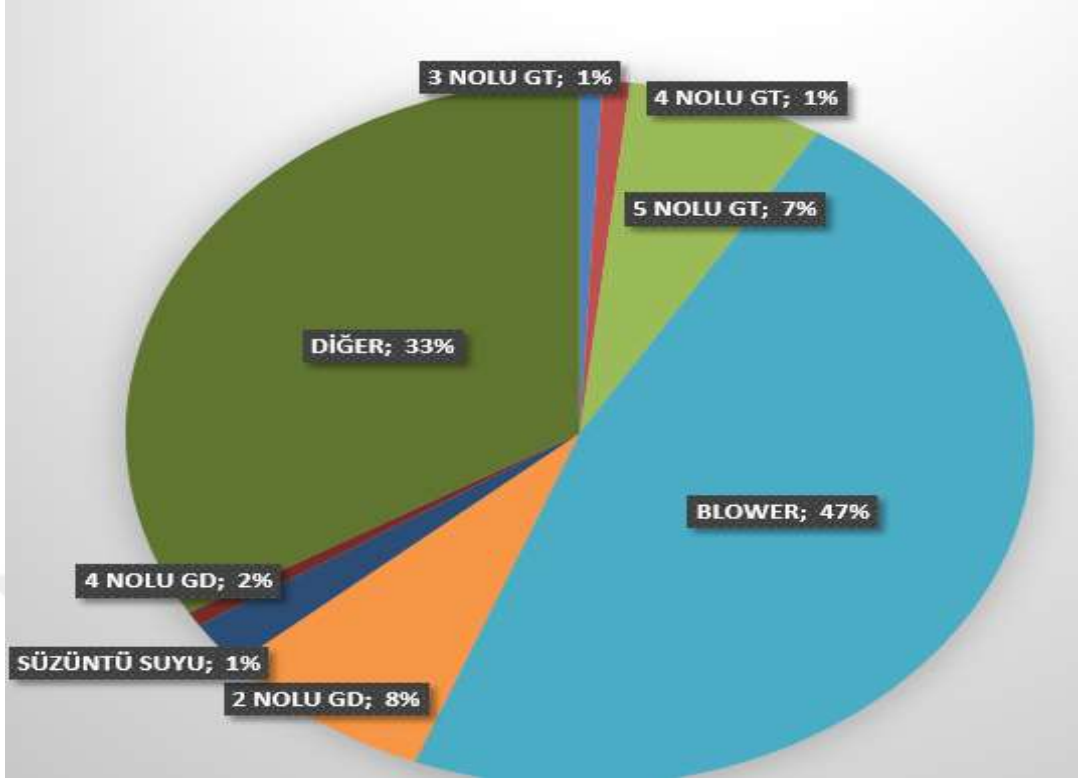
Tablo 4.1. Malatya İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Ekipman Kurulu Güç Listesi (MASKİ, 2019)

Ekipman Adı	Adet	Güç (kW)
Giriş Terfi Pompası	2	280
Giriş Terfi Pompası	4	130
Kaba Izgara Ünitesi	1	3.55
İnce Izgara Ünitesi	3	6.3
Geri Devir Pompası	2	125
Havalandırma Blower	4	450
Kum Yağ Tutucu Blower	3	30
Acil Durum Blower	1	160
Süzüntü Suyu Pompası	2	22.5
Bio-P Mikseri	8	1.25
Havalandırma Mikseri	8	3.1
İç Sirkülasyon Pompası	4	11.8
Köpük Pompası	6	1.1
Fırça Motoru	6	0.95
Hidrofor	4	11
Yıkama Pompası Alt Bant	3	11
Yıkama Pompası Üst Bant	3	7.5
Poli Pompası	3	1.5
Belt Pres Tahrik Motoru	3	3.75

Atıksu Arıtma tesisinde 7 farklı sayacın Mart 2018 değerleri Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Tablodan okunacağı üzere yüksek tüketim blowerlar tarafından yapılmaktadır. Tablo 4.1’de ekipman güçleri belirtilmiş olup, blower (450 kW), 3 (130 kW)-4 (130 kW)-5 (280 kW) nolu giriş terfi pompaları, 2 (132 kW)-4 (125 kW) nolu geri devir pompaları ve süzüntü suyu (13.5 kW) pompasına ekipmanların gün, ay ve yıl içinde çektiği enerjinin gözlemlenmesi adına direkt sayaçlar takılmıştır. Tesis için 2018 yılı mart ayı enerji tüketimini tek başına % 47’sini blower harcamakta olup, % 33 diğer ekipmanlar, % 8 2 nolu geri devir pompası ve % 7 harcamayı 5 nolu giriş terfi pompası yapmaktadır. Şekil 4.1’de ekipman tüketim oranları belirtilmiştir. Ay içerisinde toplam enerji tüketimi 1.198.992 kWh olup % 66.5’i haricen takılan sayaçlarda okunmuştur. Aynı dönem içerisinde 3.759.992 m³ atıksu arıtılmıştır. Tüketimler çerçevesinde giriş terfi, geri devir ve blower ekipmanları için çalışma yapılmıştır.

Tablo 4.2. Malatya İBAAT Sayaç Değerleri Mart 2018 (MASKİ, 2019)

Günler	3.G.T	4.G.T.	5.G.T.	Blower (kWh)	2.G.D.	4.G.D	Süzüntü Suyu Pompaı
1.03.2018	763.8	452.7	3592.8	29752.2	4016.1	820.2	553.0
2.03.2018	499.6	371.3	2354.2	20756.4	3081.1	902.6	629.1
3.03.2018	570.7	358.7	2504.4	19298.4	3122.2	922.2	835.8
4.03.2018	624.7	366.5	2256.6	16896.0	2678.5	732.7	206.8
5.03.2018	675.3	130.3	2701.7	10576.8	2151.4	692.0	204.8
6.03.2018	189.1	179.6	2803.3	15988.8	2803.9	819.4	216.3
7.03.2018	248.3	211.0	2664.6	17811.6	2980.3	770.5	230.0
8.03.2018	358.0	649.6	2506.2	17851.2	2992.6	864.2	227.8
9.03.2018	12.9	423.8	3195.4	18559.8	3107.3	929.7	226.5
10.03.2018	454.4	444.4	2474.6	17355.0	3139.1	963.2	224.1
11.03.2018	413.6	586.4	2381.7	16771.8	3066.1	944.0	216.0
12.03.2018	185.8	334.4	2821.4	18765.0	3379.7	761.4	239.8
13.03.2018	344.3	197.6	2630.8	17874.0	3098.2	801.8	212.8
14.03.2018	213.9	826.3	2398.3	16213.2	3203.0	769.6	227.6
15.03.2018	189.1	352.7	2697.5	17322.0	3067.5	773.3	217.4
16.03.2018	9.3	256.7	3143.2	18904.8	3048.7	822.8	228.5
17.03.2018	88.3	354.6	2980.5	17878.8	3069.7	830.8	228.1
18.03.2018	120.1	495.2	2675.6	17429.4	2978.0	878.1	225.1
19.03.2018	119.6	474.6	2719.5	17460.0	3006.1	834.0	224.5
20.03.2018	143.2	129.8	2510.2	16256.4	2649.7	705.7	170.5
21.03.2018	104.9	460.3	2816.8	20595.0	3015.0	782.5	259.3
22.03.2018	180.0	178.3	2471.7	25548.6	5126.3	633.5	264.2
23.03.2018	183.3	341.8	2408.1	15639.0	2334.6	594.6	336.8
24.03.2018	350.7	1060.1	4150.7	15558.0	1817.0	1243.9	247.5
25.03.2018	132.1	189.0	875.4	13480.2	2130.8	619.6	191.3
26.03.2018	203.8	236.0	2722.4	20083.2	2997.3	818.3	145.6
27.03.2018	83.9	335.2	2799.5	18573.6	2903.9	880.6	202.8
28.03.2018	204.7	348.5	2891.6	18427.8	3027.2	927.4	236.7
29.03.2018	1417.7	412.9	2997.6	18502.8	3093.8	978.0	241.8
30.03.2018	205.1	126.4	2921.2	19001.4	2741.8	904.1	553.0
31.03.2018	308.1	383.5	2818.4	19787.4	3139.5	863.2	71.7
Toplam (kWh)	9.598	11.668	83.886	564.919	92.967	25.784	8.125



Şekil 4.1. Malatya İBAAT Aylık Enerji Tüketim Sayaç Değerleri (MASKİ, 2017)

2017 yılında yıl içinde sayaçların tamamı incelenmiş olup Tablo 4.3'de gösterilmiştir. Takılan sayaçların enerji tüketiminin % 70 ine karşılık gelmekte olup en çok tüketim 1.028.148 kWh ile mayıs ayında en az tüketim ise 409.583 kWh ile eylül ayında gerçekleşmiştir. Takılı sayaçların tesisin toplam tüketiminde en yüksek oran % 78.5 ile mayıs ayıdır. Tesis debisinin azaldığı temmuz, ağustos ve eylül aylarında en düşük oranlar görülmektedir. Debinin azalması ile tesis girişinde azalan yük için harcanan enerjide azalmış blower miktarında yaşanan düşüş, oranı direkt düşürmüştür.

Tablo 4.3. Tesis Toplam ve Sayaç Takılan Ekipman Enerji Tüketimleri ve Oranları (MASKİ, 2017)

Aylar (2017)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Sayaç Takılan Ekipmanların Tüketimi (kWh)	Takılı Sayaçların Toplam Tüketime Oranı (%)
Ocak	941449	698.719	74.2
Şubat	842.173	555.761	66.0
Mart	894.588	625.662	69.9
Nisan	875.225	618.315	70.6
Mayıs	1.028.148	807.422	78.5
Haziran	737.484	518.085	70.3

Tablo 4.3. Devamı

Temmuz	507.051	318.323	62.8
Ağustos	421.793	250.713	59.4
Eylül	409.583	235.197	57.4
Ekim	782.298	553.161	70.7
Kasım	1.004.045	769.087	76.6
Aralık	958.584	627.427	65.5
Toplam/Ortalama	9.402.421	6.577.871	70.0

4.2. Enerji Tahkikinde İzlenen Yol

Bu çalışmada Atıksu arıtma tesislerinin enerji tüketimi azaltmak için dört ana başlıkta çalışma yapılmıştır. Bunlar; proses değişimi, yenilenebilir enerji uygunluğunun kontrolü, verimli ekipman kullanılması, fatura analizi ve havalandırma ekipmanlarının optimizasyonudur.

Tablo 4.4’de m³ başına harcanan enerji miktarı ve giderilen BOİs başına harcanan enerji görülmektedir. 13 yıllık enerji tüketimleri incelendiğinde toplam aylık tüketim son üç yılda artış göstermiş olup, birim atıksu başına harcanan enerji ise m³ başına harcanan enerji (kWh) ortalama olarak 0.209 olup, en fazla 2012 yılında 0.299 en az 2005 yılında 0.150 kWh/m³’dür. 2012 yılı tesisin yıllar içinde en az debi ile işletildiği süreç olduğu görülmektedir. Tesiste ekipmanların kurulu gücünün yüksek seçilmiş olması düşük debilerde dahi fazla enerji tüketimine sebep olmaktadır.

Atıksu arıtma tesisleri Enerji piyasası düzenleme kurulunun yayınladığı usul ve esaslar kapsamında sanayi abone grubunda yer almaktadır. 1.10.2018 itibari ile ticarethane abone grubuna göre enerji dağıtım bedeli dahil % 20 daha ucuzdur. Ayrıca tek terimli ve 3 zamanlı olarak tesis incelenmiş olup, 2018 yılı için 77.467 TL kar elde edilmiştir. Sanayi abone tarifesinde iken belediye tüketim vergisi % 1 ve TRT payı % 2 ödenmemektedir. Toplam % 3 yıllık bazda 160.781 TL tasarruf edilmesini sağlamıştır.

Tesiste giderilen organik yük için harcanan enerji ortalaması 1.8488 kWh/kg. BOİs olup 2008 ve 2009 yıllarında tesis giriş yükünde düşüş olmasından dolayı ortalama değerden çok yüksek görünmektedir. 2010 yılından sonra kademeli olarak artışlar gözlemlenmekte ve 2017 yılında ortalamanın % 26 üstünde seyretmektedir. Anlaşılacağı üzere birim organik yük için tüketim artmakta ve ekipmanların enerji etüdünün yapılması gerektiğini göstermektedir.

Tablo 4.4. Malatya İBAAT Günlük Elektrik, Birim Atıksu ve Yük Başına Enerji Tüketimi (MASKİ, 2019)

Yıllar	Debi (m ³ /gün)	Toplam Günlük Tüketim (kWh/gün)	Birim Tüketim (kWh /m ³)	Giderilen BOİS için harcanan enerji (kWh /KgBOİS.gün)
2005	125.508	18.584	0.150	1.7168
2006	127.331	18.914	0.151	1.6119
2007	107.014	18.625	0.176	2.1955
2008	81.237	18.552	0.232	3.2029
2009	101.812	21.337	0.212	3.6925
2010	106.708	22.209	0.211	1.5903
2011	97.972	20.489	0.212	1.5495
2012	77.698	22.907	0.299	1.9523
2013	107.311	19.165	0.181	1.1355
2014	89.895	19.152	0.216	1.6003
2015	137.191	28.062	0.207	1.8114
2016	122.010	25.875	0.215	1.8047
2017	102.249	25.761	0.255	2.3338
Ortalama	106.457	21.510	0.209	1.8488

4.3. Proses İzleme

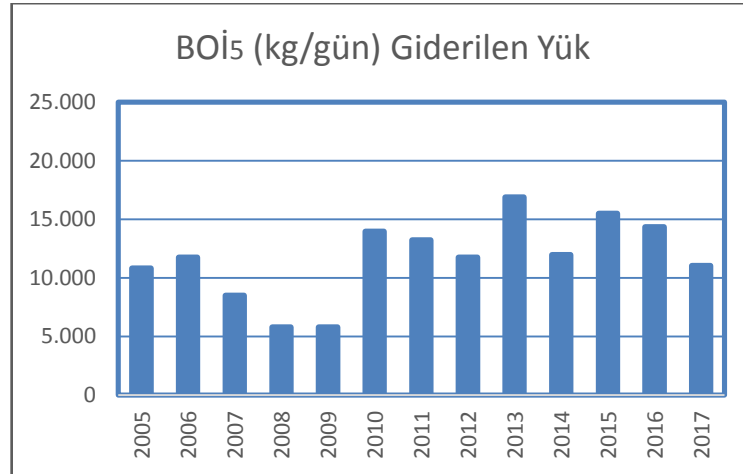
Malatya İleri biyolojik atıksu arıtma tesisi 2004 yılında işletme alınmış olup günümüze kadar analizler detaylıca yapılmıştır. Şekil 4.2-6'da 2005 ila 2017 yılları arasında 13 yıl boyunca konvansiyonel parametrelerin yıllık ortalama giderilen yükler bulunmaktadır.

Analiz sonuçları incelendiğinde orta ve zayıf karakterli atıksu formunda giriş suyu olduğu gözlemlenmektedir. Giderilen yükler 2005 yılı toplam fosfor yükü hariç tesis dizayn verilerine ulaşamamıştır. Tablo 4.5' de Giriş ve çıkış yükleri ana parametreler için gösterilmiştir. Giriş çıkış yükleri incelendiğinde BOİs, KOİ ve AKM yükü en fazla 2013 yılında gelmiş olup, azot yükü 2016'da fosfor yükü ise 2005 yılında gelmiştir.

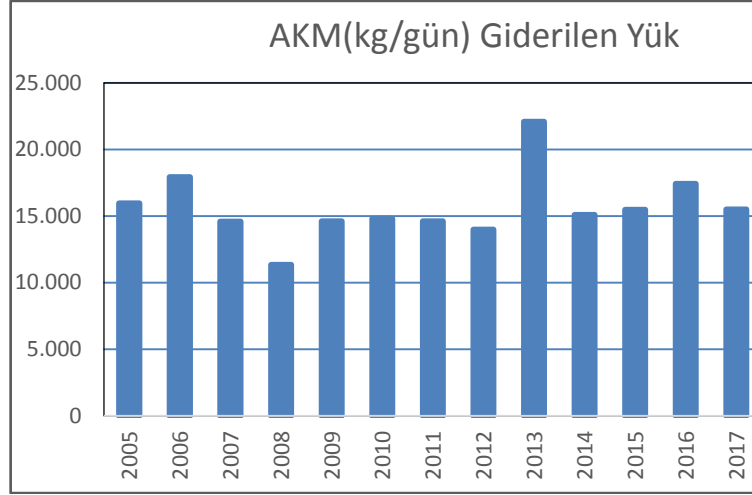
Tablo 4.5. Malatya İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Giriş ve Çıkış Kirlilik Yükleri (MASKİ, 2019)

Yıllar	Debi (m ³ /gün)	BOİ ₅ (kg/gün)		AKM (kg/gün)		KOİ (kg/gün)		T-N (kg/gün)		T-P (kg/gün)	
	Giriş	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
2005	125.508	11.578	754	17.376	1.405	26.348	2.322	2.813	849	993	604
2006	127.331	12.582	847	18.662	733	29.030	2.236	2.401	535	888	353
2007	107.014	9.062	578	15.123	532	22.943	1.664	2.262	527	545	226
2008	81.237	6.287	494	11.812	466	18.677	1.333	1.925	488	402	178
2009	101.812	6.223	444	15.205	589	25.738	1.578	2.426	441	442	150
2010	106.708	14.222	257	15.480	680	25.806	1.650	2.371	481	423	188
2011	97.972	13.539	316	15.179	575	24.384	1.908	2.328	433	378	166
2012	77.698	11.937	204	14.238	249	25.147	1.539	1.694	340	313	112
2013	107.311	17.041	163	22.792	707	39.452	2.870	2.866	555	537	159
2014	89.895	14.583	185	18.811	584	31.131	2.049	2.532	385	401	166
2015	137.191	16.301	809	20.820	5.333	33.235	6.757	3.303	822	482	248
2016	122.010	15.152	814	20.369	2.944	38.402	5.227	4.450	549	340	189
2017	102.249	11.705	424	16.468	652	26.866	1.915	2.362	503	532	230
Ortalama	106.457	12.324	484	17.103	1.188	28.243	2.542	2.595	531	513	228

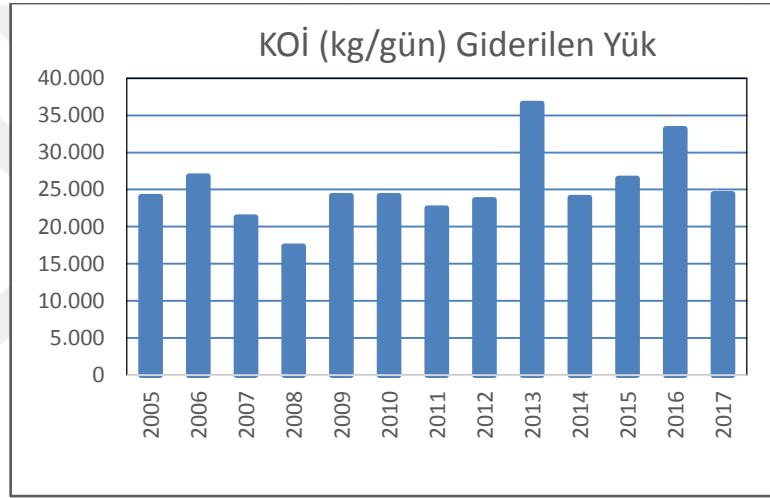
Tesiste günlük ortalama 13 farklı noktadan 50 analiz yapılmaktadır. Numune alma noktaları; Giriş ve çıkış suyu, kum ve yağ tutucu öncesi ve sonrası, Geri devir suyu, Anaerobik havuz, Havalandırma Havuzları, Dağıtım yapısı, Süzüntü suyu, belt pres ünitesidir. Alınan numunlerden ise belirli periyotlarda KOİ, BOİ₅, AKM, TKM, TN, TP, NO₂, NO₃, NH₄, Yağ-Gres, pH, İletkenlik, Sıcaklık, Çözünmüş Oksijen, UAKM, Çöken Katı Madde, Çamur Nemi bakılmaktadır.



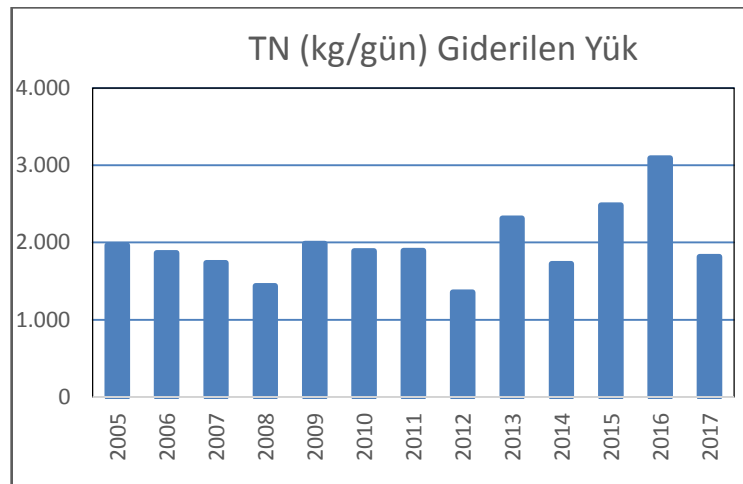
Şekil 4.2. BOİ₅ Giderilen Yük (MASKİ, 2019)



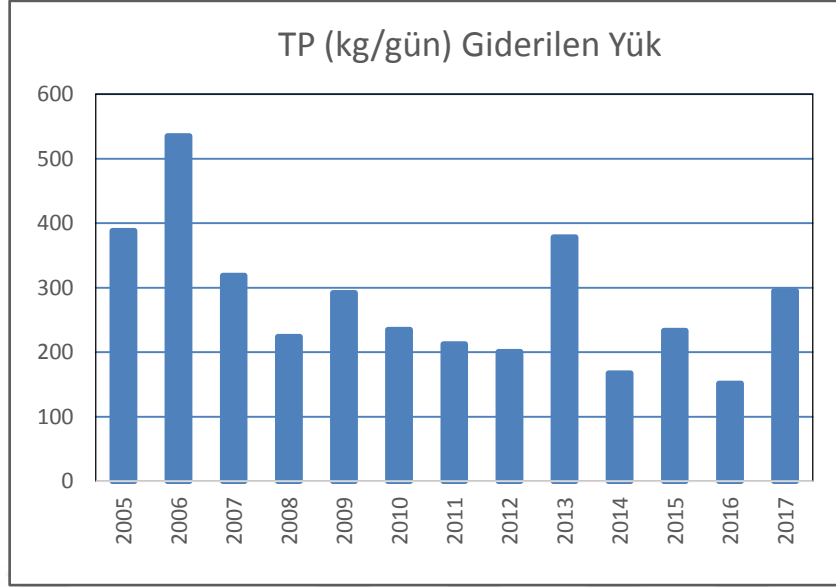
Şekil 4.3. AKM Giderilen Yük (MASKİ, 2019)



Şekil 4.4. KOİ Giderilen Yük (MASKİ, 2019)



Şekil 4.5. TN Giderilen Yük (MASKİ, 2019)



Şekil 4.6. TP Giderilen Yük (MASKİ, 2019)

4.4. Tesis Performansı

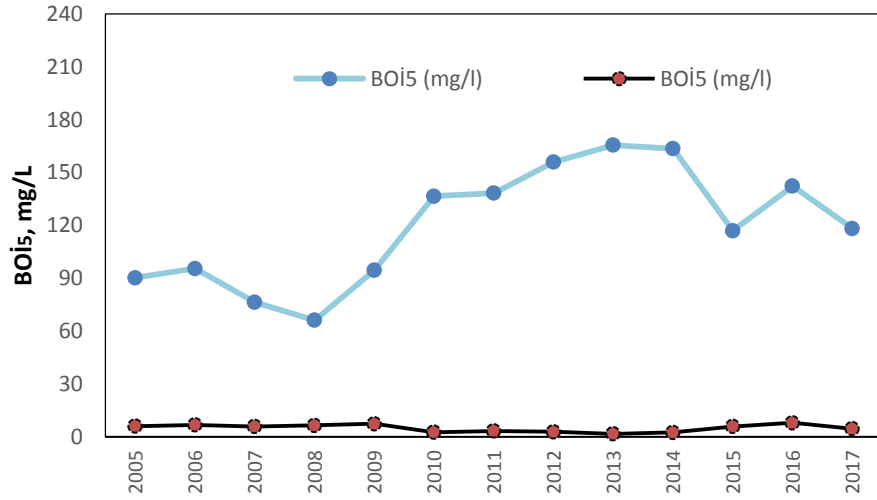
Laboratuvar sonuçları tesis genelinden alınan numune sonuçlarına göre değerlendirilmiş olup, her havalandırma havuzu için askıda katı madde ve çamur hacim indeksi hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre f/m oranı, atılması gereken çamur miktarı, çamur yaşı, geri devir oranı, içsel geri devir oranı ve denitrifikasyon kapasitesi hesaplanmaktadır.

Nihai olarak sistemde bulunan çamur miktarı, giriş kirlilik yüklerine göre optimize edilerek, en az geri devir ve içsel geri devir ile en az oksijen sarfiyatı için tesis günlük olarak kontrol edilmektedir. Geri devir oranı giriş debisine göre seçilmekte ve 120.000 m³/gün için % 100 'den % 90' a indiğinde sadece terfiden elde edilen gelir genel debi güç formülü üzerinden hesaplandığında saatte 22.7 kWh enerji tasarrufu sağlamaktadır. 0.57 tl/kWh için aylık kazanç 16.344 TL olarak hesaplanmaktadır.

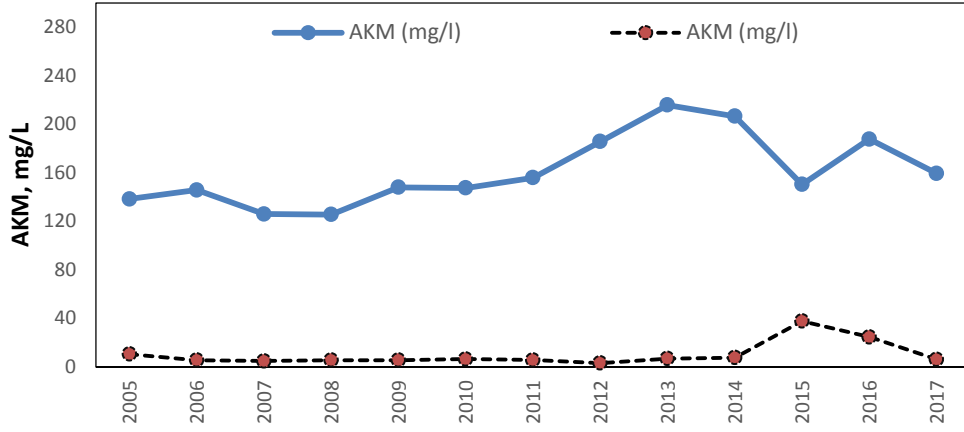
Şekil 4.7-11'de giriş çıkış kirlilik konsantrasyonları BOİ5, KOİ, AKM, TN, TP için gösterilmiştir. BOİ5 için tesis devreye alındığı yıllarda çok seyreltik gelen atıksu, 2010 yılından sonra orta kirlilik konsantrasyonunda ve 2015 yılında ise debinin o yıl aşırı artışı ile yine zayıf kirlilikte gelmiştir. Tablo 4.6' de AKM/BOİ5 ve KOİ/BOİ5 oranları gösterilmiştir. AKM/BOİ5 oranı 2010 yılından itibaren daha stabil hale gelmiştir.

Tablo 4.6. Malatya İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi AKM/BOİ5 ve KOİ/BOİ5 oranları

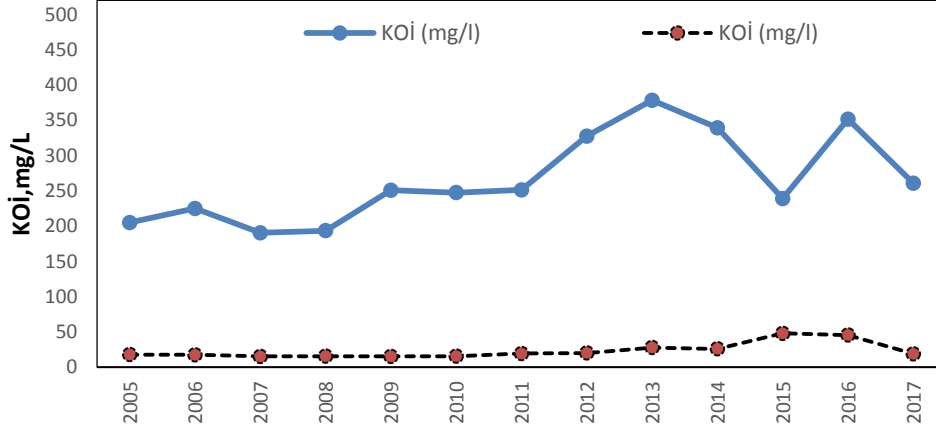
Yıllar	AKM/BOİ5	KOİ/BOİ5
2005	1.534	2.275
2006	1.528	2.357
2007	1.652	2.498
2008	1.900	2.927
2009	1.567	2.658
2010	1.081	1.814
2011	1.128	1.819
2012	1.191	2.100
2013	1.304	2.286
2014	1.264	2.075
2015	1.287	2.044
2016	1.320	2.473
2017	1.350	2.207
Ortalama	1.342	2.219



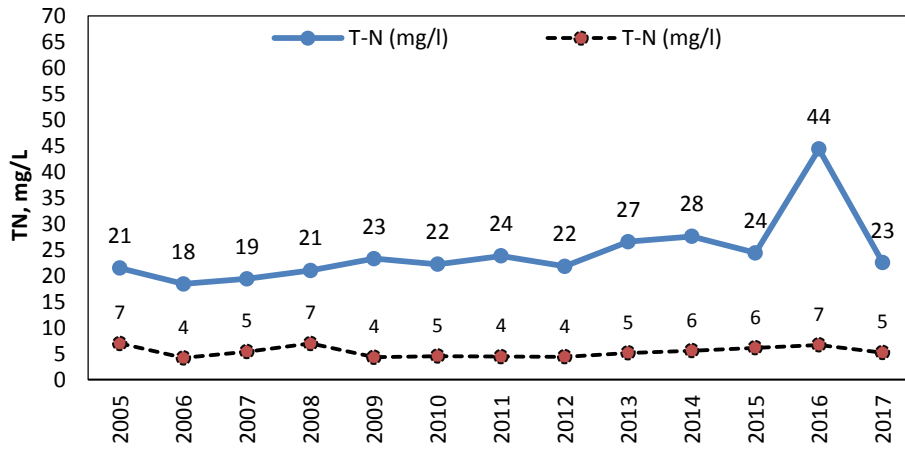
Şekil 4.7. BOİ5 Giriş Çıkış Yükleri (MASKİ, 2019)



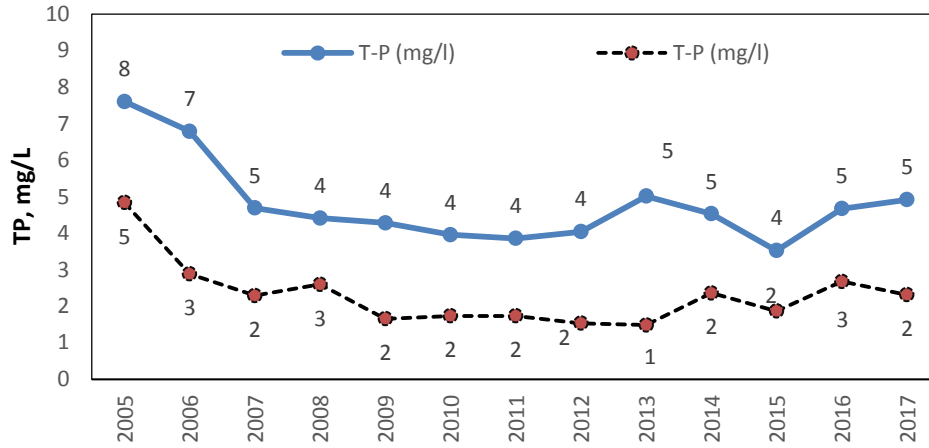
Şekil 4.8. AKM Giriş Çıkış Yükleri (MASKİ, 2019)



Şekil 4.9. KOİ Giriş Çıkış Yükleri (MASKİ, 2019)



Şekil 4.10. TN Giriş Çıkış Yükleri (MASKİ, 2019)



Şekil 4.11. TP Giriş Çıkış Yükleri (MASKİ, 2019)

4.5. Sistem Seçimi

Malatya İBAAT birleşik sistem kanalizasyon kollektör hattı olmasından dolayı, ön çökeltim havuzları olmadan ve buna paralel anaerobik çürütücü ve enerji geri kazanım tesisi olmaksızın projelendirilmiş ve yapımı tamamlanmıştır. Tesis de çamur giderim ünitesi nihai olarak mevcut olmayıp sadece belt pres marifetiyle susuzlaştırma yapılmaktadır.

Uzun havalandırma sistemlerinde ön çöktürme havuzu, çürütücü gibi üniteler olmamasından dolayı işletilmesi diğer sistemlere kıyasla daha kolaydır (Öztürk vd. 2005). Malatya coğrafi şartlar gereği karasal iklim içerisinde bulunmakta ve tesis çevresi kayısı, buğday, arpa ve yonca gibi besinler ile ekilidir. Tesis projelendirilmesi sırasında bu durum da gözönünde bulundurulmuş ve tesisten çıkacak susuzlaştırılmış çamurun tarımda gübre olarak kullanılabilmesi için aerobik şartlarda stabilizasyon uygun görülmüştür. Bekletme süresi gereksiniminden ve işletme kolaylığı dolayısıyla uzun havalandırılmalı aktif çamur sisteminde karar kılınmıştır.

Uzun havalandırılmalı A²O aktif çamur sistemi, düşük f/m oranı ve yüksek çamur yaşında anaerobik-anoksik-oksik havuz dizaynına esas olacak şekilde dizayn edilmiştir. Birincil amaç olarak atıksu arıtımı ve en az çamur miktarı üretimi hesaplanan tesislerde tercih edilmektedir. Malatya İBAAT için sistem dizaynı uzun havalandırılmalı A²O sistemi olup tesis işletilmektedir. Tesisde atıksu kirlilik yük giderimi için 2017 yılı ortalama değerleri çerçevesinde % 93 AKM, % 90 KOİ, % 85 BOİs, % 75 TN ve % 82 TP giderimi yapılmıştır. Tesisin uzun havalandırılmalı sistem olması ve çamur

stabilizasyonunun aerobik olarak yapılması havuz hacimlerini arttırmış olup, sonucunda hava sarfiyatı artmıştır. ATV 131E Standartlarından belirtilen formüle göre çamur yaşı ile oksijen tüketimi orantılıdır. 4.1 de belirtilen formülde aynı şartlar altında çamur yaşında ki değişim oksijen sarfiyatını karbon ve azot giderimi için değiştirecektir.

$$OUd, c = \frac{0,56 + \{[tSS,dim \times 0,15 \times 1,072(T-15)]\}}{[1 + tSS,dim \times 0,17 \times 1,072(T-15)]} \quad (4.1)$$

tSS,dim: Boyutlandırmaya esas Çamur yaşı

T : Sıcaklık

OUd,c : Oksijen İhtiyacı

Tesiste sistem seçimi yapılmış olup değişimine yönelik mevcut şartlar altında bir çalışma yapılamayacaktır. 2. Etap çalışmalarında yeni ünitelerin yerine batık tip membran ünitesi yerleştirildiğinde ilk yatırım ve işletme maliyetleri detaylıca hesaplanmalıdır.

4.6. Yenilenebilir Enerji Uygunluğunun Kontrolü

Yenilenebilir enerji için yapılan hesaplamalarda kullanılacak ekipmanın hurda değeri ve enflasyon farkı hesaba katılmamıştır.

Malatya rüzgâr hız dağılımı 50 m yükseklik için ortalama 5 m/sn, kapasite faktör dağılımı % 15, enerji nakil hatlarının ve trafo merkelelerinin rüzgâr hızının yüksek olan yerlere uzak olmasından ve yüz ölçümünün büyük kısmı RES kurulamaz alan diye belirtilmesinden dolayı analiz edilmemiştir.

Malatya mücavir alanları içerisinde ekonomik düzeyde kullanılabilir jeotermal kaynak bulunmamaktadır.

Malatya İl Tarım Müdürlüğü ve Malatya Orman İşletme Müdürlüğü ile yapılan görüşmelerde yeterli miktarda organik atık bulunmadığı ve bölgede tesis olmadığı bilgisi alınmıştır. 2018 yılında Malatya çamur fizibilite raporu hazırlanmış olup çamurun bertarafı için 4 farklı sistem detaylıca çalışılmıştır. Tüm çalışmalarda susuzlaştırma sonrası 76.822,52 kg çamur oluştuğu ve çamur kalorifik değeri için 1.800 kcal/kg kuru bazda alt ısı değer kabul edilmiştir.

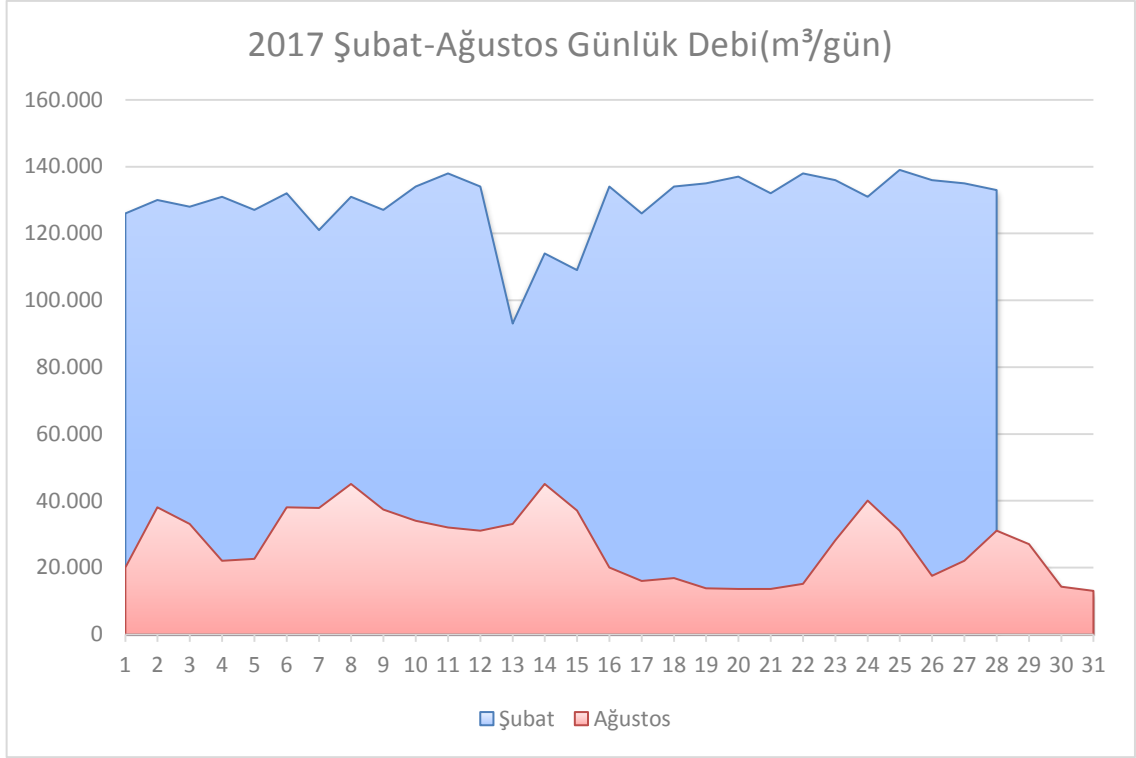
Tablo 4.7. Çamur Bertarafı ve Kojenerasyon Ünitesi Kurulumu için Seçeneklerin Gelir Gider Durumu (MASKİ, 2018)

Alternatif Çamur Bertaraf Sistemleri	İlk Yatırım Maliyeti (€)	Yıllık Toplam Gider (€)	Yıllık Toplam Gelir (€)	Yıllık Kayıp/Kazanç (€)
% 25'lik Çamuru Direkt Yakma	8.420.597	757.691	852.438	94.747
% 25 ten % 50'ye Bantlı Kurutma ve Yakma	8.820.597	823.506	852.438	28.932
% 25'ten % 90'a Bantlı Kurutma ve Yakma	9.470.597	876.759	852.438	-24.321
% 25'ten % 50'ye Solar Kurutma	7.135.597	411.879	509.403	97.524

Çamur bertarafı ve Kojenerasyon ünitesi için seçilen tüm sistemler Tablo 4.7'de belirtilmiştir. Seçilen sistemlerde kayıp kazanç miktarı gösterilmektedir. Ön çöktürme havuzlarının yapımı, graviteli yoğunlaştırma, çürütücü inşası, gaz balonları ve gaz motorlarının ilk yatırım maliyetleri 5.020.597 €'dur. Yapılan fizibilite çalışmasında Ön çökeltim ünitesi ve çamur çürütme ünitesi ile Çamurun % 25'den % 50'ye kurutulduğu sistem optimum çıkmaktadır. Ancak F/M oranının 73.17 yıl olması nedeniyle yapımı düşünülmemektedir.

Hidroelektrik santralleri özellikle içmesuyu isale hatlarında çokça kullanılmaktadır. Atıksu içeriği dolayısıyla geliş kollektör hatlarında ve tesis giriş ünitelerinde arıtma olmaksızın HES inşası mümkün değildir. Ancak tesis çıkış ve farklı düşülerin olduğu noktalarda çalışma yapılabilir. Malatya İBAAT'de atıksu giriş yapısında 8.5 m terfi ettirildikten sonra deşarj noktasına kadar cazibe ile iletimi sağlanmaktadır. Tesiste üç farklı noktada düşü mevcuttur. kum ve yağ tutucu çıkışı 2,7 m düşü, son çökeltim havuzları dağıtım öncesi 2 m düşü ve deşarj kanal çıkışı 3.5 m düşü. HES boyutlandırılmasında düşü ve debi esas alınmaktadır. Şekil 4.12'de görüldüğü üzere 2017 yılı şubat ve ağustos ayları debileri çok farklılık göstermekte bu durum, dizayn için olumsuz etki yapmaktadır. 2017 yılı için ortalama debi 98.735 m³/gün, maksimum debi 177.254 m³/gün ve minimum debi 13.580 m³/gün'dür.

Hesaplamalarda 1 euro 6.5 TL, 1 dolar 5.7 TL ve 1 kWh enerji maliyeti tüm vergiler dahil 0.57 TL olarak hesaplanmıştır. (0.0877 €/kWh ve 0.1 \$/kWh kabul edilmiştir.)



Şekil 4.12. 2017 Yılı Debi Salınım Grafiği (MASKİ, 2019)

Tesis için yapılan çalışmada minimum debi ve maksimum debiden bağımsız olarak ortalama debi üzerinde devam edilmiş olup, tesis hidrolik profilinde belirtilen kot farkları üzerinden hesap yapılmıştır. Genel Türbin güç formülü $P = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \cdot \eta$ 'dir (Özdemir vd. 2011)

P = Türbininin gücü (kW/h)

ρ = Suyun yoğunluğu (kg/m³)

g = Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²)

H = Net düşü (su yüzeyi ile türbin arasındaki yükseklik)

Q = Suyun hacimsel debisi (m³/s)

η = Genel verim (% 80)

Ortalama debi için 3 farklı noktada yapılan çalışmada kum ve yağ tutucu sonrası 24.19 kW, son çökeltim havuzu sonrası 11.95 kW ve deşarj çıkışı için 31.36 kW gücü hesaplanmıştır. Türbinin 300 gün çalışacağı göz önüne alındığında bir yılda 225.792 kWh enerji üreteceği ve 19.485 € kar sağlayacağı hesaplanmıştır. Ekipman maliyeti 123.222 € ve F/M oranı 6.32 yıl hesap edilmiştir. Tesis debisindeki aylık değişimler ve işletme şartlarının olgunlaşmamış olmasından dolayı Mikro HES yapımı uygulanabilir görünmemektedir.

Güneş enerjisi için Malatya ideal bölgelerden biri olup gelişen teknoloji ile GES panelleri, hücreleri ve pilleri ucuzlamaktadır. Malatya İBAAT’de 2017 yılı toplamı için 9.402.421 kWh enerji tüketilmiştir. Ton eş değer petrol olarak karşılığı ise 808.62 TEP dir. Tesiste Enerji azaltımı için GES planlanmış olup, Şekil 4.13’de ikinci kademe için boş bırakılan ön çöktürme havuzları ve proses havuzları yerlerine panellerin yerleşimi planlanmıştır. Lisans sınırı 1 MW olduğu için üst limit olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.13. GES Panel Dizilimi (MASKİ, 2019)

Malatya İBAAT lokasyonu radyasyon ve güneşlenme sürelerinin yüksek oluşu ile gölgelenme olmadığı göz önüne alınarak yapılan simülasyon çalışmasında Şekil 4.14’de 600 kW AC çıkışı için 1.072.610 kWh güç üretimi öngörülmüştür. 1 Mw için oranlanırsa 1.786.683 kWh enerji üretimi planlanmaktadır.

Annual Production			
	Description	Output	% Delta
Irradiance (kWh/m ²)	Annual Global Horizontal Irradiance	1,593.3	
	POA Irradiance	1,808.7	13.5%
	Shaded Irradiance	1,758.9	-2.8%
	Irradiance after Reflection	1,708.6	-2.9%
	Irradiance after Soiling	1,674.4	-2.0%
	Total Collector Irradiance	1,674.4	0.0%
Energy (kWh)	Nameplate	1,209,523.2	
	Output at Irradiance Levels	1,204,293.9	-0.4%
	Output at Cell Temperature Derate	1,147,527.4	-4.7%
	Output After Mismatch	1,105,012.2	-3.7%
	Optimal DC Output	1,101,653.2	-0.3%
	Constrained DC Output	1,099,675.4	-0.2%
	Inverter Output	1,078,000.0	-2.0%
Energy to Grid	1,072,610.0	-0.5%	
Temperature Metrics			
	Avg. Operating Ambient Temp		17.3 °C
	Avg. Operating Cell Temp		26.5 °C
Simulation Metrics			
	Operating Hours		4603
	Solved Hours		4603
System Metrics			
Design	1. Alan		
Module DC Nameplate	722.3 kW		
Inverter AC Nameplate	600.0 kW Load Ratio: 1.20		
Annual Production	1.073 GWh		
Performance Ratio	82.1%		
kWh/kWp	1,485.1		
Weather Dataset	TMY, 10km Grid, meteonorm (meteonorm)		
Simulator Version	1468d8055c-52441aee5c-623e099696-b542d03352		

Şekil 4.14. GES Enerji Üretim Similasyonu (HelioScope, 2018)

Malatya İnönü Üniversitesi 2015 yılında GES kurulumunu tamamlamış olup 120 dönüm arazi üzerine toplam kurulu gücü 5.300 kW olan 21.177 adet her biri 250 wattlık panel ve 181 adet invertör ile üretim yapmaktadır. Tablo 4.8 de 2015 ve 2016 yılı enerji üretimlerinin bir kısmı mevcuttur. 5 Mw Kurulu gücü olan tesisin 12 aylık tam periyotta ürettiği enerji 8.479.364 kWh olup 1 Mw için oranlandığında 1.695.873 kWh enerji üretimi hesaplanmıştır. Arıtma tesisinde kurulacak GES İnönü Üniversitesinde Kurulu bulunan GES'den bağımsız olarak hiç gölge almamaktadır.

Tablo 4.8. İnönü Üniversitesi 2015 ve 2016 yılı Enerji Üretimi (İnönü Üniversitesi, 2018)

Aylar	Üretilen Güç (kWh)
Şubat 2015	447.593
Mart 2015	598.295
Nisan 2015	750.460
Mayıs 2015	881.277
Haziran 2015	973.319
Temmuz 2015	1.044.122
Ağustos 2015	944.491
Eylül 2015	841.131
Ekim 2015	588.841
Kasım 2015	534.381
Aralık 2015	548.834
Ocak 2016	326.620
Toplam	8.479.364

Tesiste 1 Mw için çalışma yapılmış olup arazi bedeli gider kısmına eklenmemiştir. Personel, bakım onarım, sigorta, Lisanssız üretim bedeli, sistem kullanım bedeli, kurumlar vergisi ve diğer giderler hesaplanmıştır. Panel ömrünün 20 yıl olduğu ve her yıl binde 12 oranında verim kaybına uğrayacağı hesaplara katılmıştır. Şekil 4.14'den 1 yıl için üretimin 1.760.000 kWh olacağı belirlenmiştir. Hesaplama Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanıma İlişkin Kanun I Sayılı Cetvel'de belirtilen 13.3 ABD Doları cent/kWh üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Tablo 4.9'de Kurulması planlanan güneş enerji santrali için gelir giderler belirtilmiştir. Tesisin ilk yatırım bedeli 900.000 \$ olup 6 yıl itibari ile 1.006.117 \$ getiri sağladığı görülmektedir.

Tablo 4.9. GES Gelir Gider Tablosu (MASKİ, 2019)

Yıllar	Gider (\$)	Gelir(\$)	Kazanç (\$)
1. Yıl	30.181	203.899	
2. Yıl	31.706	199.565	364.277
3. Yıl	32.881	195.614	540.650
4. Yıl	34.174	191.580	713.218
5. Yıl	35.595	187.449	881.885
6. Yıl	81.231	139.137	1.006.177
7. Yıl	82.418	135.305	1.126.814
8. Yıl	83.781	131.330	1.243.652
9. Yıl	85.336	127.194	1.356.528
10. Yıl	87.101	122.879	1.465.261
11. Yıl	89.094	118.365	1.569.651
12. Yıl	91.339	113.631	1.669.473
13. Yıl	93.858	108.652	1.764.483
14. Yıl	96.679	103.402	1.670.218

Tesis 2017 yılı için 9.402.421 kWh enerji tüketmiş olup GES kurulması durumunda 1.760.000 kWh enerji üretimi olacağı ve yıllık tüketimin % 18'ini GES ten karşılanacağı hesaplanmıştır.

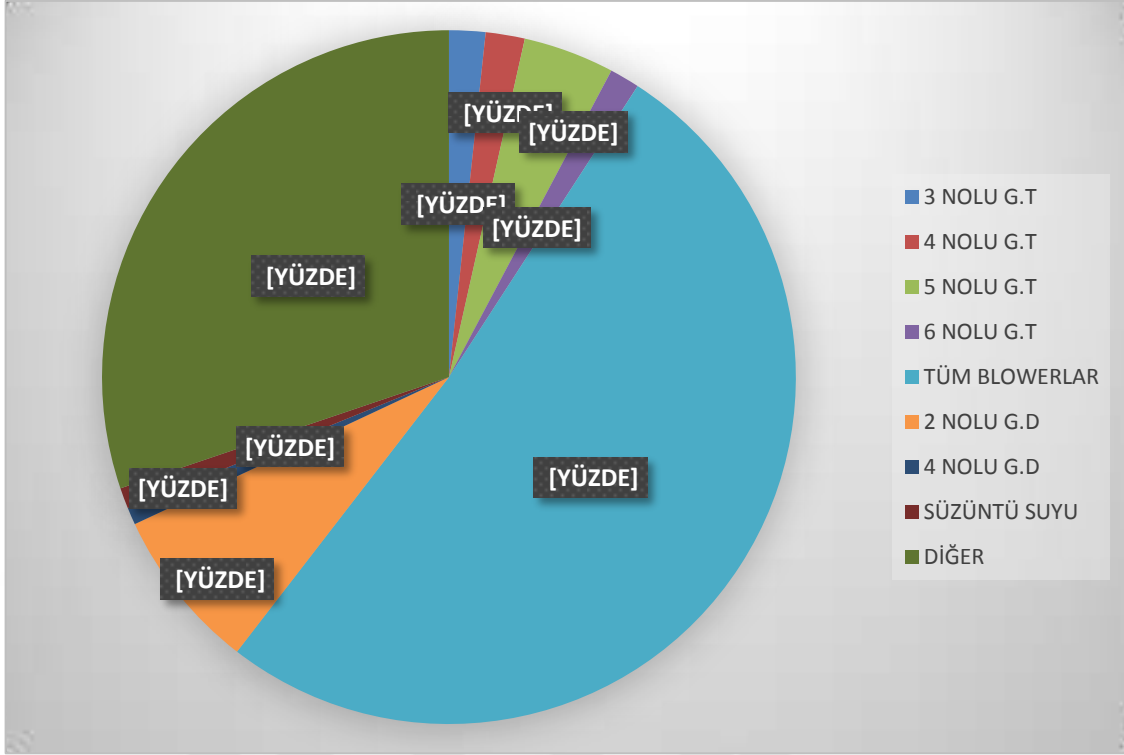
4.7. Verimli Ekipman Seçimi

2017 yılı geleninde sayaçlar incelendiğinde 2018 yılı mart ayı sayaç değerleri ile benzerlik göstermektedir. Tablo 4.10'da belirtildiği üzere en yüksek enerji tüketimi blowerlar tarafından oluşmakta ve 4.799.505 kWh enerji tüketmektedir.

Şekil 4.15'de gösterildiği gibi yıllık ortalama enerjinin % 51'ini blowerlar, % 8'ini 2 no. Geri devir pompası ve % 4'ünü ise 5 no. giriş terfi pompası harcamaktadır. Ekipman seçiminde enerji tüketimleri gözönüne alınarak blower, 2 no.lu geri devir ve 5 no.lu giriş terfi pompalarından başlanmıştır.

Tablo 4.10. Sayaç Takılı Ekipman ve Ünitelerin Yıllık Toplam Enerji Tüketimleri (MASKİ, 2017)

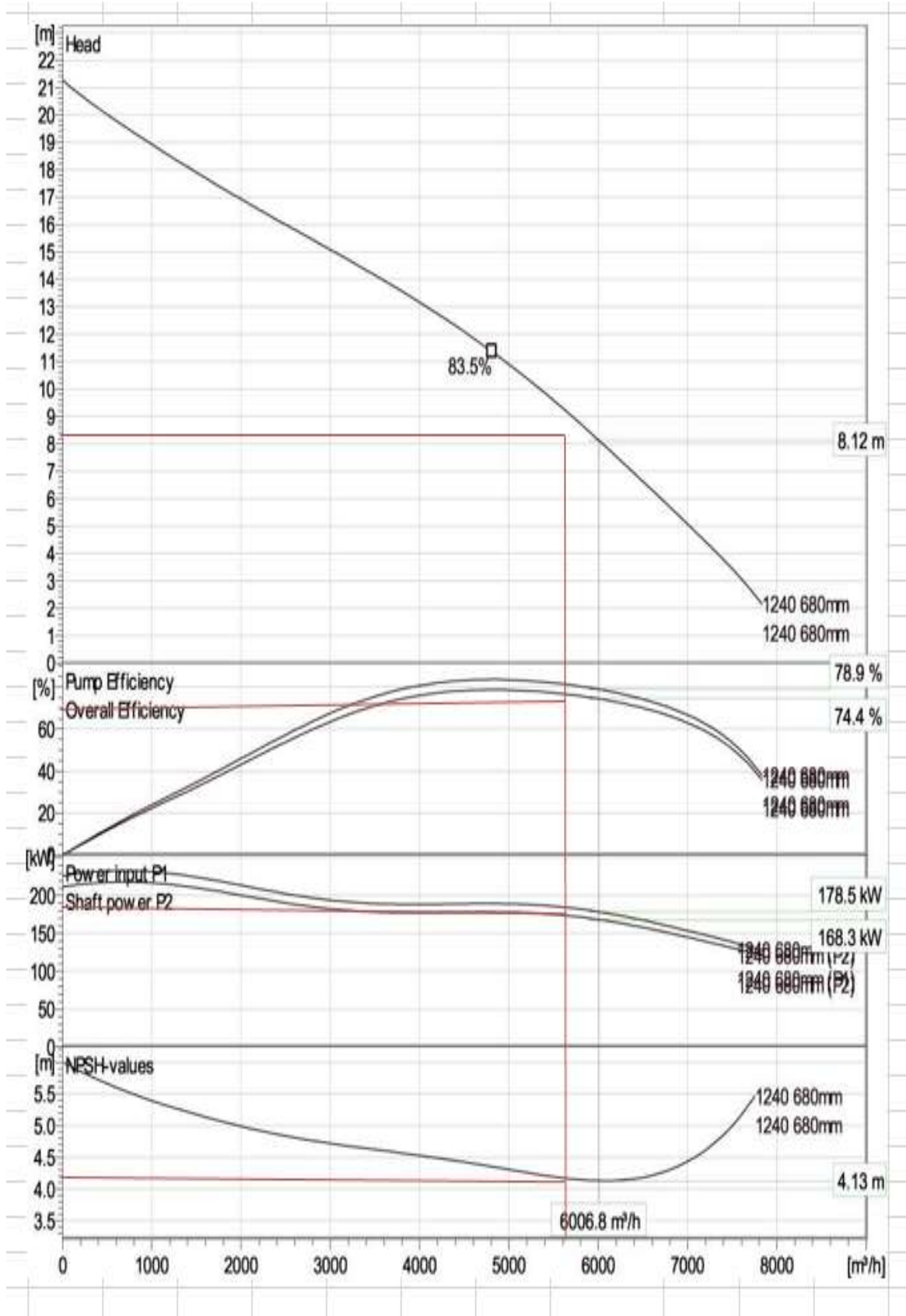
Ekipmanlar	Kurulu Güç (kW)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
3 No. Giriş Terfi	130	158136
4 No. Giriş Terfi	130	170422
5 No. Giriş Terfi	280	397117
6 No. Giriş Terfi	280	130740
Blowerlar	450x4=1800	4799505
2 No. Geri Devir	132	708314
4 No. Geri Devir	125	74749
Süzüntü Suyu	13.5	90847



Şekil 4.15. Malatya İBAAT Yıllık Enerji Tüketim Sayaç Değerleri (MASKİ, 2019)

4.7.1. Giriş Terfi Pompası

Tesis kurulum tarihinden itibaren kullanılmakta olan terfi pompalarının verimliliklerinin azalması ve sürekli çalışan ekipmanlar olması nedeniyle, yüksek enerji verimli pompaya geçilmesi planlanmaktadır. Mevcutta, 2 adet 6.000 m³/h kapasiteli 280 kW gücündeki terfi pompası için yapılan testlerde verim kayıplarından dolayı maksimum 4.900 m³/h debi basılabildiği tespit edilmiştir. Test atıksuyun giriş haznesinde belirli seviyede su biriktirilip daha sonra tesis giriş suyunun hazneye gelişi engellenerek çalışılmıştır. Böylelikle basma yüksekliği belli olan haznenin hacminden debi hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamada pompanın 4.500 m³/h bastığı tespit edilmiştir. Yeni nesil enerji verimli İE3 bir pompa modeline geçilmesi ile 6.000 m³/h debi 225 kW güç kapasiteli pompa ile terfi edilebilecektir. 8.5 metre ve 6.000 m³/h basma noktasında şebekeden çekilmesi hesaplanan enerji 206 kWh'dir. Ancak 4500 m³/h için çekilecek güç 142 kW olacaktır. Pompa alındığı takdirde hem debi arttığı için, hem de güç azaldığı için çift yönlü kazanç olacaktır. Mevcut pompa ise bakımları yapıldıktan sonra yedek olarak kullanılabilir. Şekil 4.16'de değiştirilmesi planlanan pompa için Pompa Eğrisi bulunmaktadır. Eğride debi ve basma yüksekliği belli olan nokta için, pompa toplam verimi, şebeke ve hidrolik güçler, NPSH değeri belirtilmiştir.



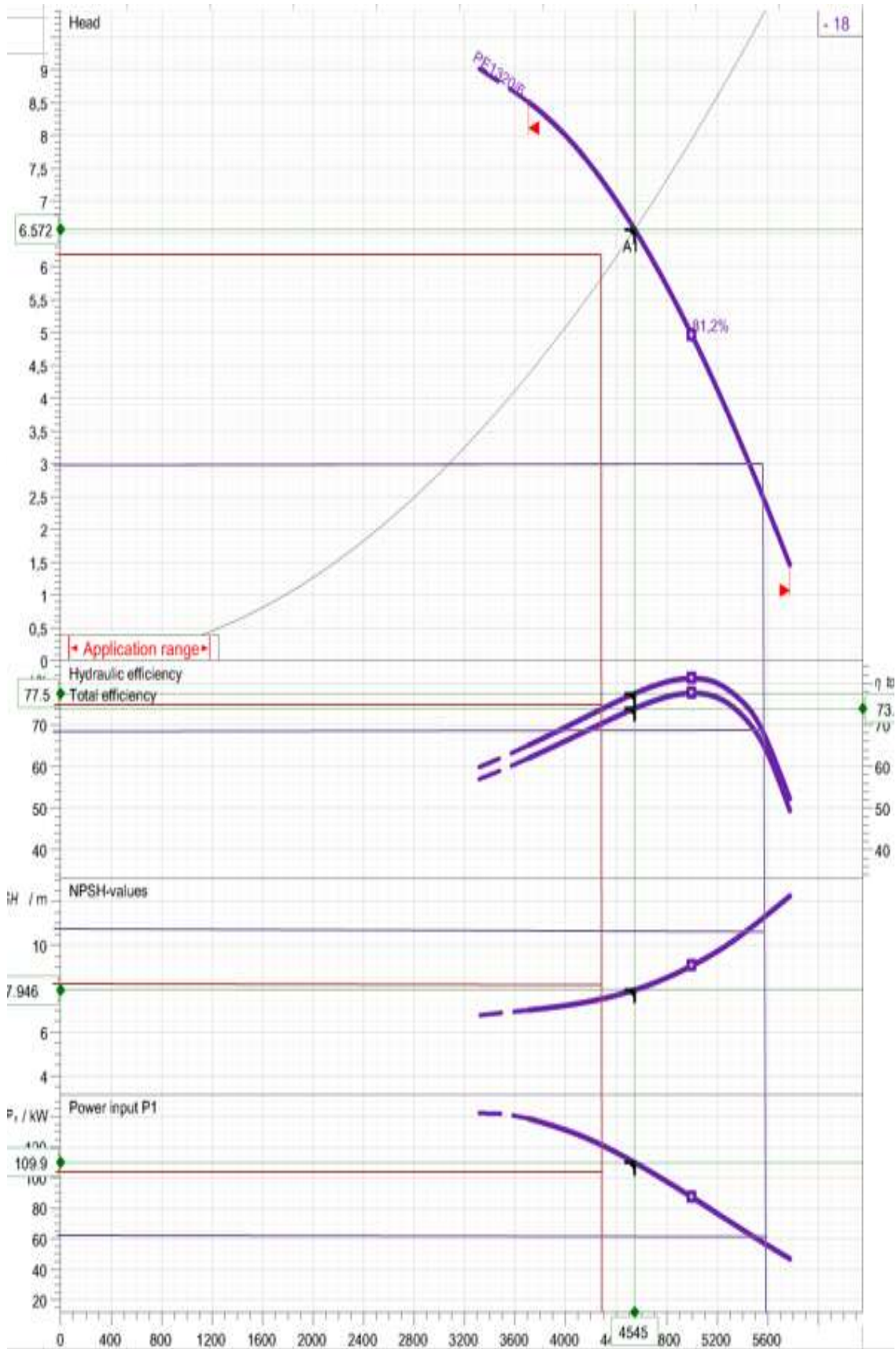
Şekil 4.16. Giriş Terfi Pompa Eğrisi (Anadolu Flygt, 2018)

Şekil 4.15 detaylı incelendiğinde 5 nolu 280 kW gücündeki giriş terfi pompası toplam enerji tüketiminin % 4.22'sini harcamakta olup yaklaşık olarak 226.357 TL enerji tutarı ortaya çıkmaktadır. Yapılan çalışmada IE3 enerji verimliliğine sahip motorlu pompa seçilmesi durumunda, tam güçte motor verimi % 95 ve sistem verimi % 83.5 olarak görülmektedir. Ancak pompa çalışma noktasına göre verim değişkenlik göstermektedir. İlk yatırım maliyeti yaklaşık olarak belli olan pompa için; seçilen pompa 24 saatte 144.163 m³ su basabilmekte ve 4.284 kWh enerji harcamaktadır, günlük enerji maliyeti ise 2.441,88 TL'dir. Mevcutta ki pompa ile aynı su 32.03 saat basılacak olup 8.970 kWh enerji harcanmakta ve maliyeti 5.112,99 TL'dir. Kazanç ise günlük olarak 2.671,11 TL olmakta ve pompa alınması durumunda 273 günde kendini amorti etmektedir. Hesaplamalarda pompanın 365 gün tam zamanlı çalıştığı düşünülmüştür.

4.7.2. Geri Devir Pompası

Geri devir pompası sistemdeki çamurun tekrar aşılması için kullanılmakta olup, tesis için kritik düzeyde öneme sahiptir. Malatya ileri biyolojik atıksu arıtma tesisinde bulunan pompaların yaklaşık olarak 15 yıldır çalıştığı ve sürekli bobinaj ve diğer yedek parçalarının yenilendiği bilinmektedir. Sarım ve ekipman montajı demotajı ekipmanda verim kayıplarına neden olmaktadır. Mevcut pompalar 4.500 m³/h ve 6.5 metre basma yüksekliği için seçilmiştir. Ancak yapılan gözlemlerde yaklaşık 3.000 m³/h su bastıkları belirlenmiştir.

Şekil 4.17'da geri devir için Pompa Eğrisi bulunmaktadır. Eğride debi ve basma yüksekliği belli olan nokta için, pompa toplam verimi, şebeke ve hidrolik güçler, NPSH değeri belirtilmiştir. yapılan hesaplamalarda yeni pompa için 4.670 m³/h pompa için 6.2 metre basma yüksekliğinde toplam sistem verimi % 74.4 olduğunda 109.9 kW enerji harcanacaktır. Pompa yılın her günü çalıştığı kabul edilmiş ve saatte 132-109.9 kW için 21.1 kWh enerji kazancı planlanmıştır. 22.1*24*365*0.57 için 110.349,72 TL kazanç öngörülmüş olup yaklaşık olarak 31 ayda kendini amorti etmektedir.

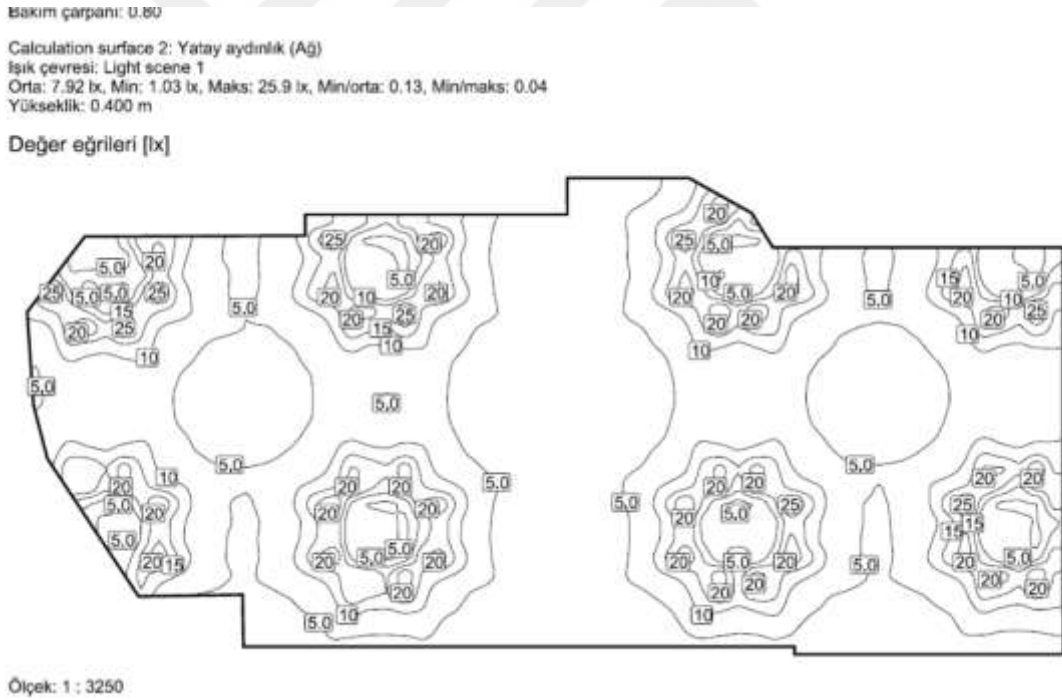


Şekil 4.17. Geri Devir Pompa Eğrisi (Sigma Pompa, 2018)

4.7.3. Çevre Aydınlatma

Malatya ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi 180 dönüm arazi üzerine kurulu olup Şekil 3.10'da genel yerleşim planı gösterilmiştir. Çevre aydınlatmada 60 adet spot 1000 watt ve 28 adet armatür 180 watt aydınlatmadan faydalanılmaktadır. Spotlar ve armatürler halojen olup enerjinin bir kısmı direkt ısıya dönüşmektedir. Led teknolojisi ile, projektör etkinlik faktörü (fotometrik verim) minimum 120 lm/W, güç faktörü % 95, sistem verimi % 92, koruma sınıfı İP 66 olan, ürün ömrü 50.000 saat, led projektör ışık akısı min. 50.000 lümen olacak şekilde çalışma yapılmıştır. Aydınlatma için haricen bir ölçüm cihazı takılmamıştır.

Mevcutta tesiste 60 adet 1000 watt gücünde ve 26 adet 180 watt gücünde aydınlatma ekipmanları yerine Castor 144.leds 420W ve Focus AR111.80W marka kullanılarak yerine monte edilmiştir.



Şekil 4.18. Aydınlatma Raporu Değer Eğrileri (Focus Led, 2019)

Aydınlatma raporu şekil 4.18'de görülmektedir. 60 adet 1000 watt ekipman yerine 8 noktada 6 adet olmak üzere toplam 48 adet led projektör ve 28 adet 80 watt led projektör kullanımı öngörülmüştür. Hesaplamalarda aydınlatma süresi 12 saat, ekipman güçleri sırasıyla 420 watt ve 80 watt olarak belirlenmiştir. Ampül değişimi

öngörülmemiştir. Tablo 4.11’de 1000 watt halojen lamba ve Tablo 4.12’de ise 180 watt projektörlerin değişimi için kıyaslar mevcuttur.

Tablo 4.11. 1000 watt lamba için Led değişim Durumu Aydınlatma-1 (Focus Led, 2018)

Ekipmanlar	Mevcut Durum	Led'e Dönüşüm Durumu
Kullanım Saat / Gün	12	12
Armatür Adeti	60	48
Yıldaki gün	365	365
Kayıplarla birlikte 1 Ampul için Toplam Tüketim (Watt)	1000	420
Birim Maliyet (TL/kWh)	0.57	0.57
Armatür Birim Maliyet (TL)	1.400	2000
Toplam Yıllık kW Kullanımı	262.800	88.301
Yıllık Elektrik Ödemesi (TL)	149.796	50.351
5 Yıllık Elektrik Ödemesi (TL)	748.980	251.657
10 Yıllık Elektrik Ödemesi (TL)	1.497.960	503.315

Yılsonunda kazanç 99.445 TL olup, 5. yılın sonunda 497.323 TL ve F/M oranı 0.96 yıl olup, saha uygulaması yapılmıştır.

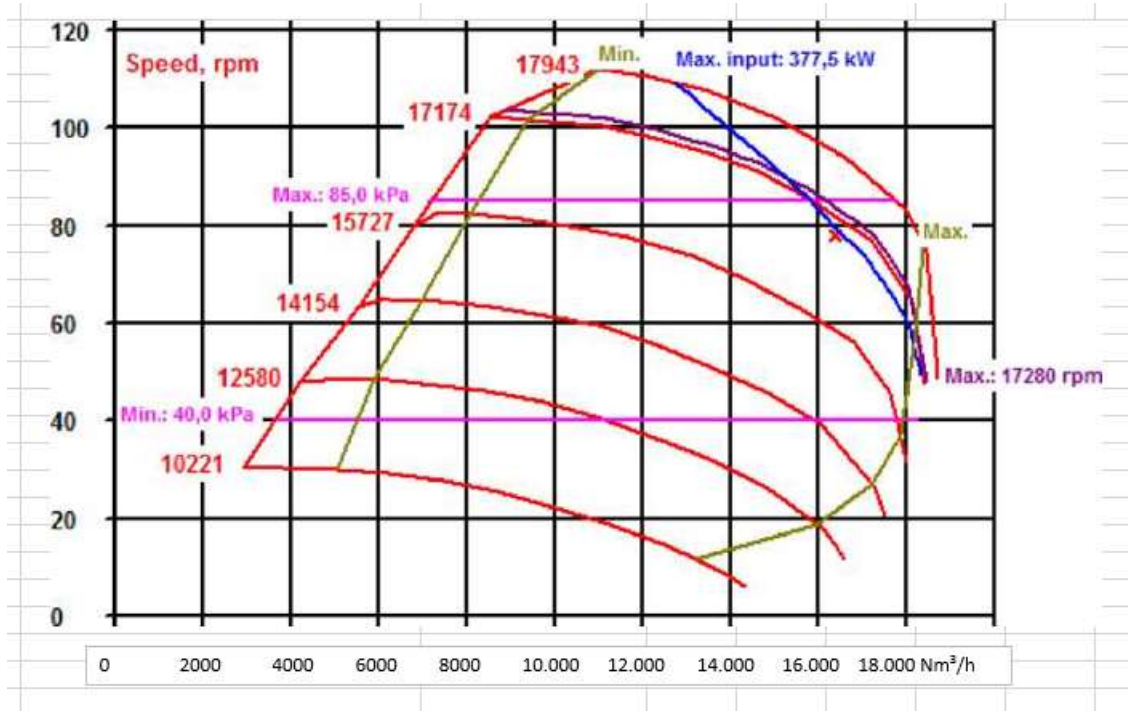
Tablo 4.12. 180 watt lamba için Led değişim Durumu Aydınlatma-2 (Focus Led, 2018)

Ekipmanlar	Mevcut Durum	Led'e Dönüşüm Durumu
Kullanım Saat / Gün	12	12
Armatür Adeti	28	28
Yıldaki gün	365	365
Kayıplarla birlikte 1 Ampul için Toplam Tüketim (Watt)	180	80
Birim Maliyet (TL/kWh)	0.57	0.57
Armatür Birim Maliyet (TL)	320	450
Toplam Yıllık kW Kullanımı	22.075	9.811
Yıllık Elektrik Ödemesi (TL)	9.272	4.121
5 Yıllık Elektrik Ödemesi (TL)	60.265	26.785
10 Yıllık Elektrik Ödemesi (TL)	129.802	57.690

Yılsonunda kazanç 5.151 TL olup, 5. yılın sonunda 33.481 TL ve F/M oranı 2.4 yıl olup, saha uygulaması yapılmıştır.

4.8. Havalandırma Ekipmanları

Atıksu arıtma tesislerinde havalandırma birçok farklı yöntemle yapılmaktadır. Bunlar, yüzeysel havalandırıcılar, jet havalandırıcılar ve difüzörlü havalandırma sistemleridir. Malatya ileri biyolojik atıksu arıtma tesisinde 450 kW gücünde 4 adet turbo blower bulunmakta olup her havuzda 884 adet difüzör bulunmaktadır. Şekil 4.19 de gösterilen blowerların her biri 780 milibar ve 14.000 Nm³/h kapasitededir. Ancak makinanın 15 yıldır aralıksız çalıştığı gözönüne alınırsa 13.000 Nm³/h hava verdiği hesap edilmiştir. 2017 yılı için 4.799.505 kWh enerji tüketimini ve tüm tüketimin % 51'ini blowerların harcadığını hesaplanmıştır. Güncel kur üzerinden yapılan hesaplamada 2.735.717,85 TL enerji faturası ortaya çıkmaktadır. Gelişen teknoloji ile beraber blower daha az enerji ile daha fazla hava verilmesi mümkün olmaktadır. Blower önüne takılan sayaç ile yapılan ölçümde tam yükte 38 derece hava sıcaklığında havuz AKM konsantrasyonu 4.500 mg/l seviyelerinde iken ölçülen saatlik değer 380 kWh'dir. Yerine düşünülen yeni nesil blower 13.098 Nm³/h hava için 286.9 kWh enerji harcayacağı tablo 4.13'de görülmektedir. Şekil 4.19'de farklı basınç ve hava yüklerinde yeni ekipmanın çalışma eğrisi görülmektedir.



Şekil 4.19. Blower Hava-Devir Bilgileri (Sigma Pompa, 2018)

Blower 38 ° C sıcaklık, % 60 nem, 720 metre rakım için seçilmiş olup, en az 750 milibar ve tam yükte 16.000 Nm³/h hava değerleri esas alınmıştır.



Şekil 4.20. Blower Ünitesi (MASKİ, 2019)

Tablo 4.13. Yeni Nesil Blower Bilgileri (Sigma Pompa, 2018)

Bilgiler	Veriler
Giriş Sıcaklığı °C	38
Giriş Nem Oranı RH %	60
Maksimum Giriş Gücü (kW)	377.5
Hava Miktarı Nm ³ /h	13098
Giriş Gücü (kW)	286.9

2017 yılında blowerın 4.799.505 kWh enerji için tam yükte çalıştığı hesap edilerek yapılan çalışmada, 12.630 saat çalışması gerektiği gözlemlenmiştir. Bir yılın 8760 saat olduğu düşünülürse ikinci blowerın da 3870 saat çalışması gerekmektedir. Yeni nesil blower ile 12.630 saat çalışma için 3.623.547 kWh enerji harcanacağı ve 1.175.958 kWh enerji harcanmayacağı ve 670.290,06 TL tasarruf yapılacağı öngörülmüştür. Blower fiyatı göz önüne alındığında 1.45 yılda geri dönüşünün sağlanacağı öngörülmüştür.

5. GENEL DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada Malatya İBAAT enerji tahkiki yapılarak, öncelikle sırasıyla blower temini geri devir pompası temini, giriş terfi pompalarının alınması gerektiği anlaşılmıştır. Atıksu arıtma ekipmanlarının ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması hasebiyle analizi yapılan birçok sistem kurum bütçesi oranında zamanla alımı planlanmaktadır.

Atıksu arıtma tesisleri projelendirme esnasında enerji verimli ekipman ve sistem seçimi üzerine dizayn edilmelidir. Ekipman ve üniteler ilk yatırım maliyeti üzerinden değil aynı zamanda işletme maliyetleri üzerinden hesaplanmalıdır.

Bölge şartları için en uygun yenilenebilir enerji kaynağı GES olarak gözlemlenmiştir. Tesise kurulacak olan Güneş enerji santrali ile enerji maliyetlerinin azalacağı hesaplanmıştır. Tesiste sistem değişimi mevcut şartlar altında mümkün olmayıp hesaplamalara katılmamıştır.

Yapılan çalışmada tesis içerisinde kurulacak 1 Mw kapasiteli güneş enerji santrali ile 1.760.000 kWh enerji üretileceği, blower değişimi ile 1.175.958 kWh enerji harcanmayacağı, çevre aydınlatma değişimi ile 186.763 kWh tasarruf edilerek toplamda 3.122.721 kWh enerjinin geri kazanımı ve üretimi mümkündür. Ekipmanlar ile yapılan fayda ise 1.779.950,97 TL olarak hesaplanmaktadır. Giriş terfi ve geri devir pompa değişimleri ile yapılacak kar ise, giriş terfi pompası için 974.955,15 TL ve geri devir pompası için 110.349,72 TL'dir.

Tüm ekipman değişimleri ve santral kurulumları ile tesis enerji tüketimi 5.026.764 kWh azalacağı ve 2.865.255,84 TL kazanç sağlanacağı hesap edilmiştir. Tablo 5.1'de tesis için düşünülen ekipmanların alınması durumunda kurulu güç 927.04 kW'dan 644.2 kW'a düşeceği hesaplanmıştır. Ayrıca tesisi kurulumu yapılacak 1 Mw GES ile iç tüketim azaltılacaktır.

Tablo 5.1. Ekipman Değişim Durumu

Ekipmanlar	Mevcut Güç (kW)	Önerilen Güç (kW)
Giriş Terfi Pompası	280	225
Geri Devir Pompası	132	109.9
Blower	450	286.9
Aydınlatma-1	1	0.420
Aydınlatma-2	0.180	0.80
GES	0	1.000

KAYNAKLAR

T.C. Resmi Gazete, üSu kirliliđi kontrolü yönetmeliği, 31.12.2004, 25687.

Öztürk, İ., Timur , H., Koşkan, U., 2005. Atıksu Arıtımının Esasları, Eysel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Türkiye Belediyeler Birliđi, Atıksu Arıtma Tesisleri İşletimi El Kitabı, TBB Yayınevi, Ankara, 2016.

Arceivala, J, S., 2002. Çevre Kirliliđi Kontrolünde Atıksu Arıtımı, Kişisel Yayınevi, Ankara.

Toprak, H., 2011. Atıksu Arıtma Sistemlerinin Tasarım Esasları, 9 Eylül İnşaat Fakültesi Yayınları, İzmir.

Mackenzie, D., 2015. Su ve Atıksu Mühendisliği, Nobel Akademik Yayıncılık, İstanbul.

Tchobanoglous, G., David, H., 2013. Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery Metcalf & Eddy, Inc, Washington DC.

TS EN 12255-9, 2002. Atık su arıtım tesisleri-Bölüm 9: Koku kontrolü ve havalandırma, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Nas, B., 2017. Atıksu Arıtma Tesislerinde İşletme Sorunları ve Çözümleri, Selçuk Üniversitesi Basım Evi, Bursa.

Topacık, D., 2000. Atıksu Arıtma Tesisleri İşletme El Kitabı, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Öztürk, İ., 2017. Atıksu Mühendisliği, Teknik Kitaplar Serisi Stilnet Basım, İstanbul.

- Yan, P., Qin, R., Guo, J., Yu, Q., Li, Z., Chen, Y., Shen, Y.,** 2017. Net-Zero-Energy Model for Sustainable Wastewater Treatment, *Environmental Science & Technology*, 51, s. 1017-1023.
- Yapıcıoğlu, P. ve Demir, Ö.,** 2017. Atıksu Arıtma Tesisleri İçin İklim Değişikliğine ve Sera Etkisine Genel Bir Bakış, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 22-3, 235-250.
- Tchobanoglous G., Burton F.L., and Stensel H.D.,** 2006. Metcalf and Eddy Inc., Wastewater Engineering: Treatment and reuse (4th ed.), New York: McGrawHill.
- Haas, D., Dancey, M.,** 2015. Wastewater Treatment Energy Efficiency, *Water*, 42-2, 1-6.
- Akyüz, E.,** 2015. Türkiye'nin Enerji Görünümü ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi, *Akademik Bakış Dergisi*, 49, 494-504.
- ISO 5001** 2011. Enerji Yönetim Sistemi, *Uluslararası Standardizasyon Örgütü*, Ankara.
- Çoşkun, Ç., Pulatsü, P., Çoşkun, T.,** 2015. Evsel Atıksulardan Azot ve Fosforun Biyolojik Giderilme Yöntemleri, *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 53-63.
- Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, Enerji Verimli Ve Enerji Pozitif Atıksu Arıtma Tesislerinin Geliştirilmesi Projesi, Tübitak, Yayın No:5178602, Kocaeli, 2018.
- Wang, L., Shammass, N., Hung, Y.,** 2009. Advanced Biological Treatment Processes, Humana Press, Cleveland, USA
- Fan, E., Lui, X., Wang, H., Qi, L., Han, Y.,** 2017. Oxygen transfer dynamics and activated sludge floc structure under different sludge retention times at low dissolved oxygen concentrations, *Science Direct*, 169, 586-595.

- Gürtekin, E.**, 2013. Ardışık Kesikli Reaktörde (AKR) Organik Madde ve Azotun Birlikte Giderimine Aerobik ve Anoksik Faz Sürelerinin Etkisi, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **2**, 80-84.
- Manga, J., Venegas, C., Abad, D.**, 2010. An Experimental Study For Biological Nitrogen Removal And Control Strategies In A Sequencing Batch Reactor (Sbr), *Journal Environmental Technology*, **28**, 793-798.
- Crawford, G.**, 2011. The Strass im Zillertal Wastewater Treatment Plant, *A Case Study-Net Energy Positive WWTP near Innsbruck, Austria*
- Kanat, A.İ.**, 2017. Atıksu Arıtma Tesislerinde Biyogazdan Elektrik Enerjisi Üretimi Ve Uygulanabilirlik Analizi, *Uzmanlık Tezi*, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara.
- Zengin, Y.**, 2016. İller Bankası Bünyesinde Kurulumu Yapılan Atıksu Arıtma Tesislerinin Yenilebilir Enerjiye Adapte Edilerek Belediyelere Fayda Açısından Enerji Tüketim Maliyetlerinin Azaltılması, *Uzmanlık Tezi*, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara.
- Ağaçbiçer, G.**, 2010. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı Ve Yapılan Swot Analizler, *Yüksek Lisans Tezi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Sevgili, S. O.**, 2017. Birden Fazla Belediyenin Birlikte Güneş enerji Santrali Kurmalarının Bireysel Kurulum İle Maliyet Kıyaslaması, *Uzmanlık Tezi*, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara.
- Doğan, H., Yılankıran, N.**, 2015. Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergi Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **3**, 375-383.
- TASAM, Enerji Üretimi ve Çevresel Etkileri, Stratejik Rapor No:14, TASAM Yayınları, İstanbul, 2006.
- URL-1, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, Rüzgar Enerjisi.

URL-2, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi.aspx, Biyokütle Enerjisi.

Kılıç, F., 2011. Biyogazın Önemi, Genel Durumu, ve Türkiye'deki Yeri, *Mühendis ve Makina Dergisi*, **52-617**, 94-106.

Fırat Kalkınma Ajansı, Biyogaz, Hasan Çelikkaya, İstanbul, 2016.

Şenol, H., Elibol, E., Açıkel, Ü., Şenol, M., 2017. Türkiye'de Biyogaz Üretimi İçin Başlıca Biyokütle Kaynakları, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, **6-2**, 81-92.

Deviren, H., İlkılıç, c., Aydın, S., 2017. Biyogaz Üretiminde Kullanılabilen Materyaller ve Biyogazın Kullanım Alanları, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, **7**, 79-89.

Özdemir, M., Orhan, A., Cebeci, M., 2011. Çok Küçük Hidrolik Potansiyellerin Enerji Üretim Amacı İle Yerel İmkanlarla Değerlendirilmesi, *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu*, Elazığ, s. 371-377.

Bayram, O., 2019. Endüstrilerde Kullanılan Santrifüj Pompaların Enerji Verimliliklerinin Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.

Bostan, M. B., 2017. Atıksu Arıtma Tesislerinde Havalandırma Sistemlerinin Ve Havalandırma Ekipmanlarının İncelenmesi, Karşılaştırılması, *Uzmanlık Tezi*, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara.

URL-3, http://www.maski.gov.tr/atiksu_calistayi, Maski 7-8 Mayıs 2018 Atıksu Arıtımı Çalıştayı Sonuç Bildirgesi.

URL-4, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_turkiye_potansiyel.aspx, Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli.

Trivedi, H. K., 2009. Simultaneous Nitrification and Denitrification (SymBio® Process), *Handbook of Environmental Engineering*, 9, 185-208.

URL-5, <http://www.omegamotor.com.tr/>, Motor Verimlilik Sınıfı

URL-6 www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/BilgisayarDestekliTasarim/Proje4_Hidrolik_Turbin_Tasarimi.pdf

Karagözlü, M., Yılmaz, Z., 2018. Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Tüketimiyle İlgili Araştırma Bulguları, Uluslar arası Kentsel Su ve Atıksu Yönetimi Sempozyumu, Denizli, s. 1157-1164.



ÖZGEÇMİŞ

FAİK DİNÇER ERKAN	
KİŞİSEL BİLGİLER	
ADRES :	Akçakoyunlu Mahallesi, İsmet Paşa Mahallesi Azerbeycan Bulvarı No:25, 46100 Onikişubat/Kahramanmaraş
TELEFON :	+90 (5494564498)
EPOSTA :	faikdincererkan@gmail.com
DOĞUM YERİ/TARİHİ:	Of / 01.12.1988
MEDENİ HALİ:	Bekar
EĞİTİM BİLGİLERİ	
LİSANSÜSTÜ	2019, Fırat Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği, Elazığ
LİSANS :	2012, Cumhuriyet Üniversitesi, Çevre Mühendisliği , Sivas
LİSE :	2005, Namık Kemal Lisesi, Ümraniye/İstanbul
İŞ DENEYİMİ	
2013– 2015	MPE Mühendislik , İstanbul , Çevre Mühendisi
2015 – 2019	Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi, Malatya ,Şube Müdür V.
2019 -	Kahramanmaraş Su ve Kanalizasyon İdaresi, Kahramanmaraş, Şube Müdür V.
BİLDİĞİ YABANCI DİLLER	
	İngilizce
ARAŞTIRMA DENEYİMİ	
✓	Kullanabildiğiniz Bilgisayar Programlama dilleri (C-C++)
✓	Kullanabildiğiniz bilgisayar programları (Microsoft Office Programları)
İLGİLENDİĞİ DİĞER BİLİMLER	
✓	Yenilebilir Enerji Sistemleri, Atıksu Arıtma Tesisi Projelendirme ve İşletme