

İLERİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR İŞLETME İÇİN REVİZYON VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ: MALATYA ÖRNEĞİ

Özgür ÖZDEMİR*

Malatya Su ve Kanal İdaresi Genel Müdürlüğü Malatya/Türkiye

ÖZET

İşletme sahipleri için Atıksu Arıtma Tesislerinde enerji tüketimi önemli bir yer tutmaktadır. Enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için, yeni yapılacak tesislerde ilk yatırım maliyeti ile birlikte işletme maliyetleri de dikkate alınmalıdır. Atıksu arıtma tesislerinde mekanik ekipman seçimi, sistem dizaynı, atıksuyun organik içeriğinin kullanımı, mevcut arıtma alanında yenilebilir enerji kaynaklarının kurulumu ile hem tesis enerji sarfıyatı azaltılabilir hem de enerji elde edilebilir. Bu çalışmada, mevcut İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde sürdürülebilir ve etkin işletme ve enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için çeşitli revizyonlar planlanmış ve öneriler sunulmuştur. Bu amaçla Malatya İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamında enerji ve işletme verimliliğinin sağlanabilmesi için planlanan revizyonlar ve beklenen katkıları tartışılmıştır. Bu kapsamda, Fazla Çamur, Süzüntü Suyu, Geri Devir ve Giriş Terfi Pompalarının değişmesi tesisin işletme değerleri açısından olumlu olacağı düşünülmektedir. Ayrıca Difüzör tarlalarının yoğunlaştırılması, Güneş Enerji Santrali kurulması ve Gaz motorunun devreye alınması ile tesis enerji sarfıyatının azaltılması ve enerji elde edilmesi planlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atıksu, Atıksu Arıtımı, Enerji, Enerji analizi, Enerji sarfıyatı

REVISION AND ENERGY EFFICIENCY OF MALATYA ADVANCED WASTEWATER TREATMENT PLANT FOR SUSTAINABLE OPERATION

ABSTRACT

Energy consumption in Waste Water Treatment Plant is an important place for business owners. To ensure that energy efficiency should be considered as initial investment cost and operating costs with the new facility will be held. Mechanical equipment in the wastewater treatment plant selection, system design, the use of the organic content of waste water, the installation of renewable energy sources in existing treatment areas reduced energy consumption can be achieved with both facilities as well as energy. In this study, the current Advanced Biological Wastewater Treatment Plant and various revisions of sustainable business and energy efficiency designed to ensure the effective and recommendations presented. For this purpose, Malatya Advanced Biological Wastewater Treatment Plant was selected as the field of application. Revision and expected to contribute to the planned scope of work to ensure energy and operational efficiency are discussed. In this context, much mud filtrate water, Reverse Transfer and Promotion Introduction to change the pump equipment will be positive in terms of business value is considered. In addition to intensify the diffuser fields, solar power plant establishment and facility energy consumption will be reduced with the commissioning of the gas engine and energy will be obtained.

Keywords: Wastewater, Wastewater Treatment, Energy, energy analysis, energy consumption,

* e-posta: ozgurozdemir@maski.gov.tr

1. Giriş

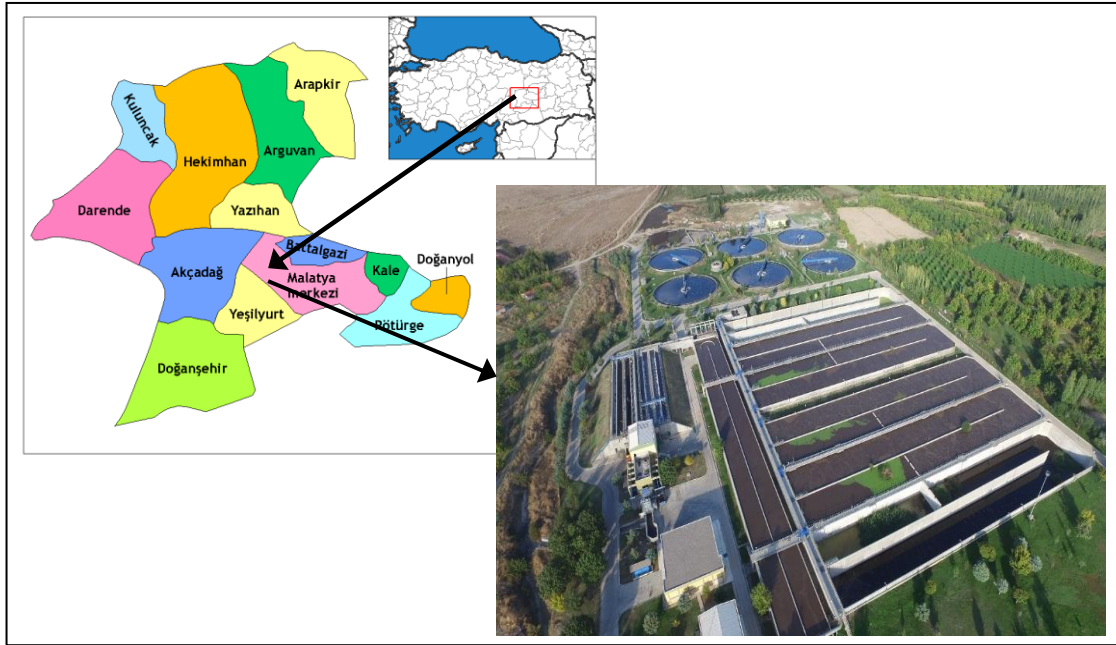
Kentleşme ve sanayileşme ile birlikte oluşan kirlilik, çevre ve halk sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Atıksu arıtma tesisleri (AAT), biyolojik ve kimyasal kirleticileri gidererek, çevre ve halk sağlığını korumada önemli bir rol üstlenmektedir. AAT'nin temel düşüncesi, kamu güveninin sağlanması için su kalite standartlarına ulaşmaktır [1]. Bu standartlara ve belirli çıkış şartlarına ulaşmak için, AAT'ler genellikle, esas enerji kalemleri ve enerji verimliliği düşünülmeden tasarlanmakta ve işletilmektedir. Tasarım ve işletmeleri, optimum enerji tüketimleri ve maliyetleri yerine sezgi ve tecrübeye dayalı olarak yapılmaktadır [2]. Amerika'da toplam üretilen elektriğin yaklaşık % 2'si AAT'lerinde kullanılmaktadır [3]. AAT'lerinde enerji tüketimlerinin gelecek 20-30 yılda artması beklenmektedir [2]. Gerekli deşarj limitlerine ulaşmak için yapılan arıtma işlemi kanuni bir zorunluluk olduğundan; işletmeciler bu yükü azaltmak adına etkin işletme yapmalıdır. Ayrıca sürdürülebilir işletme yapılabilmesi için yeni yapılacak tesislerde ilk yatırım maliyeti ile birlikte 25 yıllık işletme maliyetleri de dikkate alınarak net bugünkü değer hesaplanmalıdır. Son yıllarda AAT'lerinde işletme maliyeti üzerine çalışmalar yapılmaktadır. AAT'lerinde enerji maliyeti çalışmaları; hem tasarruf amacı ile hem de sera gazı emisyonları ve küresel ısınmanın azaltılması çalışmaları açısından giderek daha önemli hale gelmektedir [4]. Çünkü enerji tasarrufu, çevresel ve ekonomik bir sorundur [5]. Lindtner ve ark. [6] atıksu arıtma tesislerinde atık yüklerinin standart tasarımının işletme maliyeti üzerinde önemli etkileri olduğunu belirtmiştir. Yang ve ark. [7], 2006 yılında 599 arıtma tesisinden elde edilen veriler kullanılarak arıtma tesislerindeki enerji tüketimleri ve tüketime etki eden faktörler istatistiksel olarak incelemiştir. Çalışma sonucunda enerji tüketimi üzerindeki en çok etkili faktörler temel olarak, arıtma teknolojisi, arıtılan atıksu miktarı, giderilen atık miktarı şeklinde verilmiştir.

Trapote ve ark. [8] tarafından yapılan çalışmada, atıksu arıtma tesislerinin bakımı, işletmesi ve enerji kullanımları incelenmiş ve arıtma tesisinin boyutu ve enerji tüketimi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışma sonucunda arıtma tesisi kapasitesinin azalması ile enerji tüketim oranının arttığı vurgulanmıştır. Mamais ve ark. [9], yaptıkları çalışmada, atıksu arıtma tesislerinin enerji tüketimlerini değerlendirmiş ve enerji tüketimini en aza indirmek için enerji tasarrufu stratejileri önerilmiştir. Çalışma sonucunda, çözülmüş oksijen ve çamur tutma zamanının azaltılması arıtma tesislerinde enerji tasarrufunun sağlanmasında önemli katkılar sağlayacağı belirtilmiştir. Panepinto ve ark. [10] yaptıkları çalışmada, atıksu arıtma tesislerinin enerji verimliliğinin değerlendirilmesi amacıyla çok adımlı yöntem uygulanmıştır. Bu amaçla, nüfusla orantılı elektrik enerji talebi, arıtılan su hacmi, arıtma sonunda yok edilen COD ve Nitrojen miktarı gibi dört enerji tüketim indeksi göz önünde bulundurulmuştur. Uggetti ve ark. [11] yaptıkları çalışmada, aralıklı ve sürekli havalandırma koşulları için atıksu arıtma tesisinin enerji gereksinimi ve tesis verimi araştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda aralıklı havalandırma koşulunda, COD, amonyum ve azot giderimi daha iyi sağlandığı, enerji verimliliğinin iyileştirildiği tespit edilmiştir. Sato ve ark. [12] tarafından yapılan çalışmada, arıtma tesisi ve maliyeti ve Anaerobik Çamur Yatağının işletme maliyeti verimliliği araştırılmıştır. Tüm bu çalışmalar göstermiştir ki; AAT'nin her bir proses ve kademelerinde detaylı enerji denetimleri ve enerji analizleri ile nerede ve nasıl enerji ayak izi çıkartılabilir ve azaltılabilir [13].

Malatya AAT'nin 10 yıllık işletilmesi sonrasında 6360 Sayılı kanun sonrası özellikle 2014 yılı Nisan ayı ile birlikte son iki yılda mevsimsel değişiklikler de dikkate alınarak enerji denetimleri yapılmıştır. Bu çalışmada, mevcut İleri Biyolojik AAT'nde sürdürülebilir ve etkin işletme ve enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için çeşitli revizyonlar planlanmış ve öneriler sunulmuştur. Bu amaçla Malatya ili İleri Biyolojik Atıksu Arıtma tesis uygulama alanı olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamında enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için planlanan revizyonlar ve beklenen katkıları tartışılmıştır.

2. Çalışma Alanı ve Veri

Bu çalışma kapsamında uygulama alanı olarak seçilen Malatya İleri Biyolojik Arıtma tesisi Malatya merkeze 16 km uzaklıkta yer almakta olup ilk kademede 720.000 eşdeğer nüfus ve 134.000 m³/gün debiye göre tasarlanmış ve 2004 yılında işletmeye alınmıştır (Şekil 1). Arıtma Tesisi karbon oksidasyonu ile birlikte nitrifikasyon-denitrifikasyon, biyolojik fosfor giderimini de içeren ve stabil çamur üreten uzun havalandırmalı aktif çamur prosesidir. Yeşilyurt ve Battalgazi İlçelerinin nüfusunun % 95' inin atıksuyu tesiste arıtılmaktadır. 2015 yılında 52.259.976 m³ atıksu arıtılmış, 40.255 ton çamur üretilmiştir. 2015 yılında 10.242.566 kwh enerji tüketilmiş olup 3.158.601 TL enerji gideri olmuştur. 1 m³ atıksu için harcanan enerji tutarı 0.06 TL olarak gerçekleşmiştir. Şekil 2'de tesisin akım şeması görülmektedir.

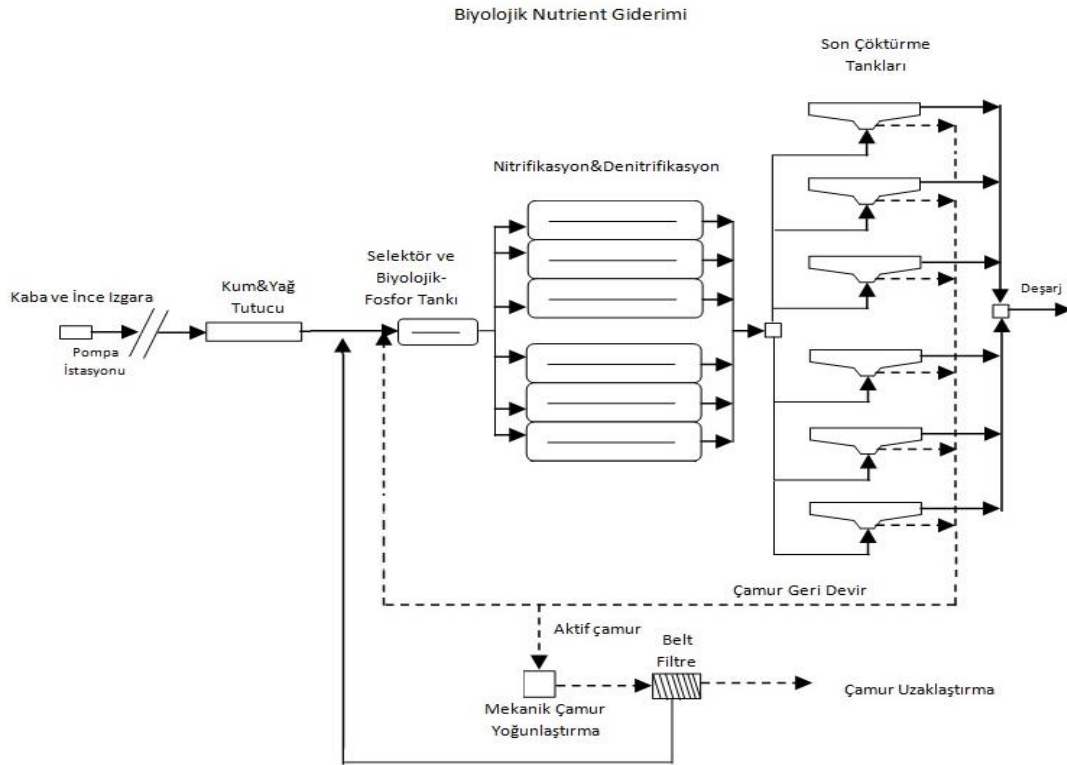


Şekil 1. Çalışma Alanı

Malatya İleri Biyolojik AAT'si Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği ve Avrupa Birliği Standartlarını sağlayacak şekilde aşağıdaki debi ve kirlilik konsantrasyonlarına göre tasarlanmıştır. Çizelge 1'de Malatya AAT giriş-çıkış kirlilik yükleri, konsantrasyonları ve arıtma verimleri verilmektedir. Ayrıca tesise ait hidrolik yük verileri Çizelge 2'de gösterilmektedir. Şekil 3 ve 4'te Malatya İBAAT'nde toplam ve birim enerji tüketimleri verilmiştir. Çizelge 3'de ise 2014 yılı elektrik tüketim bedelleri verilmiştir.

Çizelge 1. Malatya AAT giriş-çıkış dizayn kirlilik yükleri, konsantrasyonları, arıtma verimleri

Parametre	Giriş		Çıkış		
	kg/gün	mg/L	kg/gün	mg/L	Min. Giderim Verimi,%
BOİ ₅	32.400	242	3.347	25	90
KOİ	64.800	485	16.700	125	75
AKM	37.800	283	4.675	35	87
TN	5.940	45	1.320	10	77
TP	972	7	138	1	86

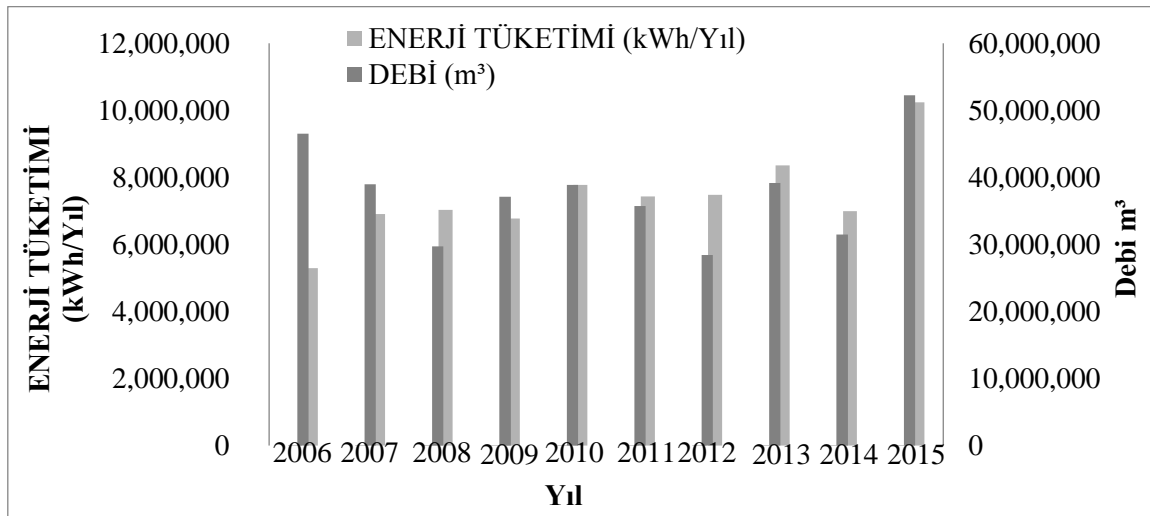


Şekil 2. Malatya İleri Biyolojik AAT Akım Şeması

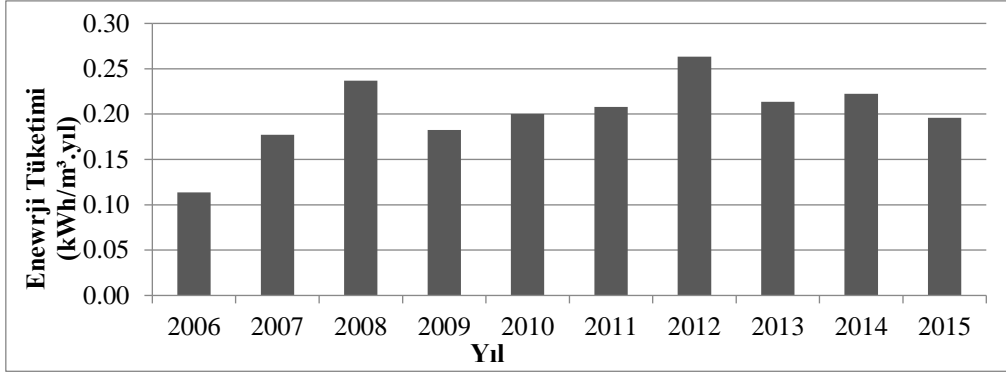
Çizelge 2. Malatya İleri Biyolojik AAT hidrolik yükleri

Parametre	Birim	1. Kademe	2. Kademe	3. Kademe
Eşdeğer Nüfus	EN	720.000	960.000	1.200.000
Q_d , Kuru	$m^3/gün$	133.629	172.888	215.583
$Q_{kuru, pik}$	$m^3/gün$	201.600	268.800	336.000
Q_d , Yağışlı Hava	$m^3/gün$	197.478	248.143	299.736
Yağışlı, pik	$m^3/gün$	432.000	576.000	720.000

Burada, Q_d kuru, kuru hava debisi (m^3/s), $Q_{kuru, pik}$, kuru hava pik debisi (m^3/s), Q_d yağışlı, yağışlı hava debisi (m^3/s), Q_d yağışlı pik, yağışlı hava pik debisi (m^3/s) olarak yazılabilir.



Şekil 3. Tesis enerji tüketimi ve debi değerleri (2006-2015)



Şekil 4. Tesis birim m³ başına enerji tüketim tablosu (2006-2015)

Çizelge 3. Malatya İBAAT 2014 yıllı atıksu debileri ve elektrik maliyetleri

AYLAR	Elektrik Tüketimi (TL/Ay)	Aktif Tüketim Toplamı (kWh/Ay)	Arıtılan Atıksu (m ³ /Ay)	Tüketilen Enerji (kWh/m ³)
Ocak	208.084,30	724.812,00	3.176.726,00	0.228
Şubat	152.085,50	525.756,00	2.059.956,00	0.255
Mart	208.969,50	726.145,00	3.571.000,00	0.203
Nisan	221.362,10	725.287,00	3.634.500,00	0.200
Mayıs	185.491,20	637.969,00	3.030.187,00	0.211
Haziran	177.846,80	610.790,00	3.195.480,00	0.191
Temmuz	139.630,90	473.906,00	1.702.518,00	0.278
Ağustos	128.842,20	440.511,00	1.285.500,00	0.343
Eylül	124.553,40	425.846,00	1.812.380,00	0.235
Ekim	219.792,40	614.684,00	3.422.326,00	0.180
Kasım	151.700,60	434.214,00	1.577.337,00	0.275
Aralık	207.464,50	650.443,00	2.988.360,00	0.218
Toplam	2.125.823,40	6.990.363,00	31.456.270,00	0.222

2.1. Enerji ve İşletme Verimi için Revizyon Önerileri

AAT'lerinde gerekli ana enerji formu elektrik enerjisidir ve konvansiyonel aktif çamur sistemlerinde işletme giderlerinin % 25-50'sini oluşturmaktadır [14, 15]. Atık su pompalama ve biyoreaktörün havalandırılması, atıksu arıtma tesislerinin enerji giderinin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır [16]. Arıtma tesislerinde sistem dizaynında mekanik ekipman seçimi önem arz etmektedir. Yine atıksuyun organik içeriğinin giderilmesi için kullanılan difüzör ve blowerler, enerji maliyetleri ile doğrudan ilgilidir. Aynı zamanda arıtma alanında yenilebilir enerji kaynaklarının kurulumu ile hem tesis enerji sarfiyatı azaltılabilir hem de enerji elde edilebilir. Bu çalışmada temel olarak pompalar ve difüzörler üzerine yoğunlaşmıştır. Malatya Atıksu Arıtma Tesisinde Sürdürülebilir bir tesis işletimi için öncelikli olarak 2004 yılında işletmeye alınan tesisin bazı ekipmanlarının yenilenmesi gerektiği görülmektedir. Aşağıda da görüleceği üzere Fazla Çamur Pompaları, Süzüntü Suyu Pompaları, Geri Devir Pompaları ve Giriş Terfi Pompalarının değişmesi tesisin işletme değerleri açısından olumlu olacağı düşünülmektedir. Difüzör tarlalarının yoğunlaştırılması, Güneş Enerji Santrali kurularak tesisin bir kısım ihtiyacı karşılanması, yeni gaz motorunun kurulması işletme maliyetlerinin azaltılmasında önemli katkı sağlayabilir.

2.2. Kaba ve İnce Izgara Revizyonu

Atıksu, tesise sırasıyla Batı ana kollektörü (2400 mm) ve Doğu ana kollektörü (1000 mm) iki ayrı hat ile alınmaktadır. Tesis girişinde 2.5 cm aralıklı Kaba ızgara otomatik ve manuel mekanik temizleme prensibine göre çalışmaktadır. Tek hat olduğu için işletme sıkıntıları olmaktadır. Kaba ızgaralarda tutulamayan malzemeler pompa çarklarında aşınma, tıkanma vb. etkiler oluşturmakta dolayısı ile pompaların bakım onarım maliyetini arttırmakta ve ekonomik ömrünü kısaltmaktadır. Malatya AAT'nde, 1 adet ızgara yaklaşım kanalı ve kaba ızgara yapılmıştır. Izgaradan kaynaklı bir arıza ya da iyileştirme çalışmalarında gelen atıksu by-pass edilmektedir. Bu gibi durumların önüne geçilmesi ve tesisin iç kademelerindeki mekanik aksamın sıhhatli çalışabilmesi için yeni bir yaklaşım kanalı ve kaba ızgara ilavesi yapılmalıdır. Atıksu 0.5 cm aralıklı step ızgaradan geçirilerek kaba ızgarada tutulamayan tesis ekipmanlarına zarar verecek maddeler uzaklaştırılmaktadır. Tesiste kullanılmakta olan Step Izgaralar çok hassas ekipmanlar olup pahalı yedek parça ve kalifiye eleman ihtiyacı doğurmaktadır. Bu ekipmanları korumak, bakım, onarım maliyetini düşürmek için kaba ve ince ızgara arasına kullanımı ve işletilmesi daha kolay olan mevcut ince ızgara kanalı içine çok daha yüksek verimle çalışan maksimum 0.6 cm aralıklı perfore ızgaralar yerleştirilebilir. Böylelikle çamur arıtımında ve son çöktürme havuzları yüzeyinde ve ana dağıtım yapısında hafif malzeme birikimlerin önüne geçilmesi düşünülmektedir. 2015 yılı verilerine göre tutulan çöp miktarı 99.080 kg olarak gerçekleşmiştir. 2015 yılı debi ortalaması Malatya AAT'ine oranla % 20 fazla olan Kayseri İBAAT'den çıkan çöp miktarı 150.000 kg dır [17]. İnce ızgara ve kaba ızgara için Özgül Üretim Hızı ve ızgaralanan miktar atıksuyun cinsine, tesis giriş atıksu hattına, kanal sistemine, bağlı nüfusun sosyoekonomik durumuna, coğrafi bölgeye, çubuk aralıklarına göre değişmektedir. (Çizelge 4)

Çizelge 4. Kaba ve İnce Izgara Miktarları [2]

Ünite	Özgül Üretim hızı	Izgaralanan Miktar
Kaba Izgara	4 - 11 lt/1000 m ³	900 - 1.100 kg/m ³
İnce Izgara	15 - 37 lt/1000 m ³	700 - 1.100 kg/m ³

2.3. Kum Havuzu Revizyonu

Kum ve yağ tutucuların havalandırılması için, 2 asıl 1 yedek (Kapasite 1200 Nm³/gün, Motor gücü 30 kW) rotary pistonlu hava blowerları bulunmaktadır. Kum tutucu havuzlarında havuz başına kum miktarı 0,004 - 0,20 m³/1000 m³ arasında tutulmaktadır (Metcalf and Eddy, 2003). Tesiste kum ve yağ tutucular; oluşan kumun alınması için yeterli gelmemektedir. 2015 itibari ile tesisten alınan kum miktarı kum bunkerleri ile beraber 168.000 kg iken, havuzlara müdahale edilerek bu değer 304.518 kg çıkarılmıştır. KASKİ AAT'dan çıkan kum miktarı ise 500.000 kg'dır. (KASKİ, 2015). Zamanla havuz diplerinde kum birikmekte, dolayısıyla oksijen transfer verimi azalmaktadır. Ayrıca pompalar kum içinde kalmakta ve kum süpürücü ekipman dizayn değerinin üzerinde oluşan yükü taşıyamamakta ve aşırı kumdan dolayı kırılmaktadır. Ayrıca sistemde tutulamayan kum yüksek korozyon etkisi sebebiyle mekanik ekipmanın ömrünün kılmasına neden olmaktadır. Havuz içinde biriken kum iki yılda bir defa tüm havuz boşaltılmak suretiyle temizlenmektedir. İş gücü ve enerji kaybının önüne geçilmesi için kum havuzu kenarlarına kum kanalı yapılması uygun olacaktır. Bu kanal doğrusal sıyrıcı köprüye monte edilecek ve paslanmaz kum pompaları ile tesisten alınan kum miktarını arttırması sağlanacaktır. Pik debiye göre (8.400 m³/s) kum tutucu havuz yanlarına inert maddenin korozif etkisine dayanıklı 2 adet kum kanalı yapımı planlanmaktadır.

2.4. Selektör Havuzu Revizyonu

Atıksu selektör tankından havalandırma havuzlarına doğrudan beslenememektedir. Bio-P havuzunda bulunan Mikserlere ve Penstock kapaklarına müdahale edebilmek için atıksuyun giriş

kanalından by-pass edilmesi gerekmektedir. Bu durum tesis işletmesinde sıkıntı oluşturmaktadır. Sistemin by-pass edilmeden çalışabilmesi için yeni yapılacak olan kanallar vasıtası ile atıksuyun direkt havalandırma havuzlarına verilmesi tesisin esnek işletilebilmesi için önemlidir.

2.5. *Biyolojik Fosfor Havuzu Revizyonu*

Havuz 184.65 m x 16.0m x 6.3m boyutlarında tek bir havuzdur. Bio-P Havuzunu iki eşit parçaya bölerek kademeli işletim şartlarının sağlanması amaçlanmıştır. Havuzun bir kısmında mikserlerde oluşabilecek arıza ve ölü noktalara müdahale edilirken, diğer havuz çalıştırılarak akışın sürdürülebilmesi sağlanacaktır. Havuzun iki eşit parçaya bölünmesi aynı zamanda işletme kolaylığı açısından havalandırma havuzlarına kısım kısım müdahale edilebilmesine olanak sağlayacaktır.

2.6. *Havalandırma Havuzları Revizyonu*

Her bir havalandırma havuzu için bir adet içsel resirkülasyon pompası bulunmaktadır. Oksijen temini için 3 asıl 1 yedek olmak üzere (Kapasitesi 14.000Nm³/saat, Motor gücü 450 kW) blowerlar mevcuttur. Havalandırılmış alanlarda her bir havuz için ince kabarcıklı havalandırma 884 adet pleyt difüzörler ile sağlanmaktadır. Havalandırma havuzları önde denitrifikasyon prosesi şeklinde dizayn edilmiş olup V_d/V_t oranı %25 ve iki zon arası beton perde ile bölünmüştür. Beton perdenin varlığı akışı sağlayan mikserler için ters kuvvet oluşturmakta ve enerji sarfiyatını arttırmaktadır. Beton perdenin aynı zamanda statik olarak bir dayanım sağlamadığı tespit edilmiştir. Beton blok ve mevcut difüzör yerleşimi sistemin esnek işletilmesini engellemektedir. Havalandırma havuzlarında anoksik bölge ile oksik bölgesinin arasında bulunan beton bloğun kaldırılması suretiyle karışımın üniform hale getirilmesi, çökelmelerin önüne geçilmesini sağlanmalıdır. Ayrıca esnek işletim ve enerji sarfiyatının azaltılması için yeni duruma uygun difüzör yerleşimi uygulanmalıdır. Denitrifikasyon kapasitesi sistemdeki nitrat ve giriş karbon miktarına göre değişmektedir. Sistem buna uygun olmalıdır. S_{NO_{3,D}} / C_{BOD,IAT} < 0,15 olmalıdır. Hesaplanan denitrifikasyon kapasitesine göre, denitrifikasyon hacminin toplam havuz hacmine (V_d/V_t) oranı bulunur. ATV standardında Çizelge 5'de denitrifikasyon tasarımı için referans değerler (Atıksu dizayn sıcaklığı 10 - 12 °C için) aşağıda belirtilmiştir [18].

Çizelge 5. 10-12 °C arasındaki sıcaklıklarda kuru hava için denitrifikasyon hacmi boyutlandırma ve genel koşulları için standart değerler (kg nitrat Azot başına Denitrifiye edilecek kg BOİ₅)

V _D / V _{AT}	S _{NO_{3,D}} / C _{BOD,IAT}	
	Önde Denitrifikasyon Prosesi	Eşzamanlı ve Aralıklı Denitrifikasyon (Simultane)
0.2	0.11	0.06
0.3	0.13	0.09
0.4	0.14	0.12
0.5	0.15	0.15

Burada, V_D/V_{AT}, Denitrifikasyon hacmi Oranı/ Toplam Havuz hacmi oranı, S_{NO_{3,D}}/C_{BOD,IAT}, Denitrifikasyon için gerekli Karbon ihtiyaç oranı olarak ifade edilmektedir. Tesis oksijen ve hava ihtiyacı giriş kirlilik yükleri, proses Karışık Sıvıdaki Askıda Katı Madde (MLSS) konsantrasyonu, atıksu sıcaklığı ve rakım değerlerine bağlı olarak sürekli değişkenlik göstermektedir. 2015 yılı için tesis verileri ile yapılan çalışmada V_d/V_t oranı 0.11 bulunmuştur. Havalandırma havuzlarında oksijen transferi için kullanılan difüzörlerin kullanım ömrü 4 ila 10 yıl arasında değişmektedir. Tesisteki difüzörler 2004 yılından beri değişmeden çalışmaktadır. Sistem Pleyt tipi ince kabarcıklı difüzörlere göre dizayn edilmiştir. Zaman içinde difüzör membran kalitesi azalmakta ve ince kabarcık sağlanamamaktadır.

Planlanan havalandırma havuzu revizyonuna göre difüzör yerleşimi yeniden hesaplanmıştır. Hesaplamalara göre 884 adet olan difüzör sayısı 1.560 adete çıkmaktadır. 8,75 m³/s olan difüzör başına hava kapasitesi ise 2 m³/s'ye inmektedir. Hesaplamalar ATV-DVWK-A 131E Standartlarına göre 4 g/l MLSS konsantrasyonu, 1,5 mg/l toplam oksijen ihtiyacı ve 2015 giriş atıksuyu karakterine göre yapılmıştır. (Çizelge 6)

Çizelge 6. Havalandırma havuzu hava ve oksijen hesabı için kullanılan veriler

Parametre	DEBİ	KOİ	BOİ	AKM	T-N	Org-N	NH ₄ -N	TKN	T-P	Sıcaklık	MLSS
Birim	m ³ /sa	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	°C	mg/l
Değer	6.000	236	113	149	24,2	5,34	18,9	24,26	3,51	15	4.000

Burada, KOİ, Kimyasal oksijen ihtiyacı, BOİ, Biyolojik oksijen ihtiyacı, AKM, Askıda Katı Madde, T-N, Toplam Azot, Org-N, Organik Azot, NH₄-N, Amonyum Azotu, T-P, toplam fosfor olarak açıklanabilir. Yapılan çalışmada öncelikle mevcut difüzörler irdelenmiştir. Difüzör eğrisine göre ihtiyaç duyulan hava miktarı 8,75 m³/s ve hava ihtiyacı 7735 Nm³/s olarak görülmektedir. Seçilen çalışma aralığında basınç kaybı 28 hPa ve SSOTE değeri 20 gNm³.m 'dir. Yeni yapılan seçimde basınç kaybı 17 hPa ve SSOTE değeri 27 gNm³.m olan difüzör seçilmiş olup difüzör sayısı %176 artırılması planlanmıştır. Yapılan seçim nihayetinde oksijen gram miktarı artarken basınç ve hava ihtiyacı azalacaktır. Hesaplanan ilk yatırım maliyeti tek havuz için 385.000 TL dir. Sistemin Geri ödeme süresi 4 yıldır. Yeni durum proses içindeki oksijen miktarının artmasına ve dolayısı ile hava sarfiyatının azalmasına sebep olacaktır.

2.7. Pompa Revizyonları

Günümüzde Arıtma tesisleri tasarlanırken, enerji verimliliğinin yüksek olmasından dolayı enerji sınıfı Yüksek Verimli Motorlar (EFF1) pompalar (IE 3 Premium Efficiency) seçilmekte ve kullanılmaktadır. Yeni nesil pompalar daha düşük güç sarfiyatına karşın daha çok debi iletmektedirler. Malatya Atıksu arıtma tesisinde, sırasıyla 4'ü sabit hızlı ve 2'si frekans kontrollü olmak üzere 3.000 ve 6.000 m³/saat kapasiteli 6 adet dalgıç pompa ile atıksu 11 m terfi ettirilir. Yapılan incelemede tesis için seçilen pompalardan 130 kWh olan pompa için Hm: 11 m; 263 kWh pompa için Hm: 5.5 m olarak gözükmektedir. Hidrolik profil gereği ve statik su basıncı ile ortalama olarak pompalar 7,5 m'de çalışmaktadırlar. Normal koşullar altında çalışan dalgıç atıksu pompaları için, her yıl aşınma bileziğinin değişimi, 3 yılda bir Salmasta ve rulman değişimi, 5 yılda bir çark değişimi ile pompa ömrü 10-12 yıl arasında değişmektedir. Pompaların ekonomik ömrü ve elektrik kullanım durumu incelendiğinde, yeni nesil pompalar ile enerji sarfiyatında ciddi oranda azalma olduğu görülmektedir. Mevcut pompalar 115 kwh ve 208 kwh olup tesisteki aynı debinin 82.5 kWh ile 186 kWh pompalar ile iletilebilmesi mümkün olabilmektedir. Tek pompa için günlük ortalama atıksu debisi 3.000 m³/gün olup, 1 nolu pompa için hesap yapıldığında 0.0108 kWh/m³ kazanç elde edilecektir. 2 nolu pompa için ise günlük ortalama 6.000 m³/gün için kazanç 0.0036 kWh/m³ olmaktadır. Toplam günlük tasarruf 1 nolu pompa için tam kapasite çalışma şartlarında 1.560 kWh/gün, 2 nolu pompa için ise 518 kWh/gün olarak hesaplanmıştır (Çizelge 7)

Çizelge 7. Giriş Terfi Pompa Kıyas Tablosu

	1 Nolu Pompa	2 Nolu Pompa
Mevcut Güç	130 kW	280 kW
Mevut Durum	115 kWh	208 kWh
Yeni Nesil Pompa	82.5 kWh	186 kWh
Ortalama Kazanç	0.0108 kWh/m ³	0.0036 kWh/m ³
Yıllık Kazanç	1036 kWh/m ³ .gün 96.000 m ³ /gün)	172 kWh/m ³ .gün (48.000 m ³ /gün)
Geri Ödeme Süresi	2.1 yıl	10 yıl

Yapılan hesaplamalar sonucunda ve 1 nolu pompa için pompa değişimi 2 yıl gibi kısa sürede kendisini geri ödeyecektir. 2 nolu pompa için geri ödeme süresi 10 yılı bulmaktadır. Diğer taraftan tesiste bulunan fazla çamur pompaları için benzer değerlendirme yapılacak olursa, Tesiste kurulu olan 2 adet 11 kW dikey Şaftlı pompalar yerine 2 adet 4.2 kW dalgıç pompa monte edilerek 80 m³/s fazla çamur belt filtrelelere iletilmektedir. Fazla çamur pompalarındaki enerji sarfiyatı 2 pompa için 19.710 TL/yıl oluşmuştur. Fazla çamur pompaları için kıyas bilgileri Çizelge 8'de verilmiştir.

TL=Türk Lirası

Çizelge 8. Fazla Çamur Pompa Kıyas Tablosu

	1 Nolu Pompa	2 Nolu Pompa
Mevut Güç	11 kW	11 kW
Mevut Durum	8.5 kWh	8.5 kWh
Yeni Nesil Pompa	4 kWh	4 kWh
Ortalama Kazanç	90 kWh/gün	90 kWh/gün
Yıllık Kazanç	32.850 kWh/yıl	32.850 kWh/yıl
Geri Ödeme Süresi	2 yıl	2 yıl

Tesiste 16 kW gücünde 2 adet süzüntü suyu pompası bulunmaktadır. Belt filtrede işlem gören çıkış suyu tekrar sistemin başına selektör havuzuna iletilmektedir. Süzüntü suyunun ilettiği ortalama debi fazla çamur ve yıkama suyu pompaları ile birlikte 300 m³/s mertebelerine çıkmaktadır. Çizelge 9'da veriler gösterilmiştir.

Çizelge 9. Süzüntü Suyu Pompa Kıyas Tablosu

	1 Nolu Pompa (Mevcut Pompa)	2 Nolu Pompa (Revize)
Mevut Güç	16 kW	16 kW
Mevut Durum	15 kWh	15 kWh
İletilen Debi	150 m ³ /s	150 m ³ /s
Çalışma Saati	24 saat	24 saat
Yeni Nesil pompa	12 kWh	12 kWh
Yıllık Kazanç	70.080 kWh/yıl	70.080 kWh/yıl
Geri Ödeme Süresi	1 yıl	1 yıl

Tesiste, ikisi dikey şaftlı olup bir tanesi dalgıç pompa olmak üzere 3 adet Geri devir pompası bulunmaktadır. Tesis kurulduktan sonra 2 pompa revize edilerek dikey şaftlı hale getirilmiştir. (Çizelge 10)

Çizelge 10. Geri Devir Pompa Kıyas Tablosu

	1 Nolu Pompa	2 Nolu Pompa	3 Nolu Pompa
Mevcut Güç	125 kW	125 kW	125 kW
Mevut Durum	115 kWh	115 kWh	115 kWh
Yeni Nesil Pompa	90 kWh	90 kWh	90 kWh
Ortalama Kazanç (% 70 Geri devir için)	250 kwh/gün	250 kwh/gün	250 kwh/gün
Yıllık Kazanç	90.000 kWh/yıl	90.000 kWh/yıl	90.000 kWh/yıl
Geri Ödeme Süresi	3 Yıl	3 Yıl	3 Yıl

Tesiste enerji maliyeti toplam harcamaların % 41'ine tekabül etmektedir. Dolayısıyla enerji tüketimi çalışmalarının yanı sıra enerji temini için de alternatifler düşünülmelidir. Bu çalışmada tesise kurulması düşünülen gaz motorunun kurulum maliyeti, bakım maliyeti ve ek giderler hesaplanarak 4 farklı senaryoda kar zarar ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Gaz motor ömrü 80.000 saat olup, ilerleyen dönemlerde tesise kurulması planlanan üniteler sonucu oluşacak bio-gazı da yakabilecek tiptedir. Hesaplamalar tarifeli sistem üzerinden elektrik geliri ve sıcak su geliri olarak Çizelge 11'de gösterilmiştir. Güncel Tarifeler T₁, T₂, T₃ olarak değişmektedir. T₃ Tarifesi gaz üretim maliyetinden düşük olduğu için gaz motoru o saatte kapatılıp şebekeden enerji alınacaktır. Tesiste kurulması planlanan Solar Kurutma Yataklarının altına kurulum oranını artırması için sıcak su kullanımı planlanmaktadır. (Hesaplamalarda tüm sıcak suyun kullanıldığı farz edilmiştir.) Gaz motorunun sadece enerji üretim maliyeti 0,24 TL/KWh iken puantlı sistem 0,41 TL/KWh dir. % 42 enerji tasarrufu elde edilmesi planlanmaktadır. Aynı zamanda gaz motorunun ceket suyu ile kurulacak olan solar kurutma altına borular vasıtası ile iletimi sağlanıp kurulum oranı arttırılacaktır.

Çizelge 11. Gaz Motoru İçin Farklı İşletme Şartlarında Yatırım Süreci

Kullanım Türü	İşletme Gideri	Elektrik Geliri	Sıcak Su Geliri	Yatırım Tutarı	Geri Ödeme Süresi
Elektrik T ₂	165.205€	282.839€	-	550.000€	4,68 Yıl
Elektrik T ₁ +T ₂	504.792€	658.994€	-	550.000€	3,57 Yıl
Elektrik ve Su T ₂	165.205€	282.839€	70.364€	600.000€	3,19 Yıl
Elektrik ve Su T ₁ +T ₂	504.792€	658.994€	215.000€	600.000€	1,63 Yıl

€ = Euro

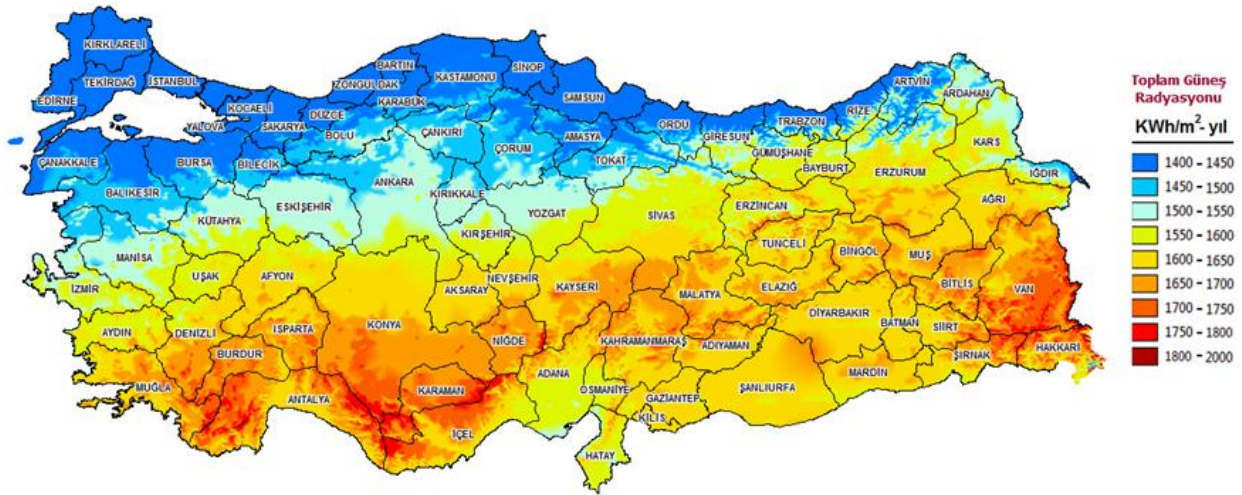
2.8. Solar Kurutma

Solar Kurutma İmalatı susuzlaştırmadan sonra kurulacak kurutma ünitesi ile stabilize edilen çamurun gübre olarak kullanımının sağlanması ve katı madde muhtevası yükseldiği için nakliye fiyatlarının azalması anlamına gelir. Solar kurutma diğer kurutma sistemlerine oranla işletme maliyeti düşük olduğu için tercih sebebidir. Aynı zamanda Malatya buharlaşma değerleri, radyasyon değerleri, sıcaklık ve nem solar kurutmaya ideal kılmaktadır. İlk yatırım maliyeti sistem seçimine göre değişmekle beraber ortalama olarak 5.000.000 TL ile 7.500.000 TL arasındadır. 2015 Tesisten çıkan % 18 KM 110.000 ton/gün çamurun bertarafı, nakliyesi tesis işletimine ilave maliyet yükü getirmektedir. Solar kurutma ile çamurun kuru madde ihtivası % 90 KM seviyelerine çıkartılarak nakliye maliyeti en az % 60 azaltılacaktır.

TL=Türk Lirası

2.9. Güneş Enerji Santrali

Güneş sonsuz bir enerji kaynağıdır ve ülkemiz güneş bakımından çok zengindir. Malatya güneşlenme süresi, Radyasyon değerleri yüksektir. Güneş Enerji Santrali kurulumu ile yenilebilir enerjiden faydalanarak yıllık ortalama 1.580.000 KWh enerji elde etmeyi planlıyoruz. Türkiye Güneş radyasyon değerleri Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Türkiye Güneş Radyasyon Değerleri [21]

Enerji Piyasası Denetleme Kuruluna göre Malatya ve Adıyaman için 22 MW Kurulu güce kadar izin verilmektedir. Tesise kurulması planlanan 1 MWp Lisansız Güneş Enerji Santralinin tahmini maliyeti 2.814.000 TL olup geri ödeme süresi teşviksiz 8 yıl şeklindedir.

3. Sonuçlar ve Değerlendirme

Bu çalışmada, Atıksu arıtma tesisleri enerji tüketimini ve enerji ihtiyacını en aza indirmek için mevcut tesislerde yapılması gereken ve beklenen faydaları tartışılmıştır. Bu amaçla Malatya ili İleri Biyolojik Atıksu Arıtma tesisi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Bu kapsamda, Fazla Çamur Pompaları, Süzüntü Suyu Pompaları, Geri Devir Pompaları ve Giriş Terfi Pompalarının değişmesi tesisin işletme değerleri açısından olumlu olacağı düşünülmektedir. Son çöktürme havuzlarına yapılacak olan savak temizleme sistemi ile sistem alg ve yosun oluşumunun önüne geçilmesini sağlayarak AKM kaçışlarının önüne geçilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, kum havuzlarında dizayn değişikliği mekanik ekipmanın korozyonunun önlenmesi için önem arz ettiği tespit edilmiştir. Tesis çıkışına Rotodisk ve Ultraviyole Ünitesi (UV) uygulandığında çıkış suyunun çiftçiye tarımsal sulamada kullanımı, doğaya ve ekonomiye kazanımının sağlanması planlanmaktadır. Enerji Piyasası Denetleme Kuruluna göre Malatya ve Adıyaman için 22 MW Kurulu güce kadar izin verilmektedir. Bu nedenle tesiste Güneş Enerji Santrali kurulumu ile yenilenebilir enerjiden faydalanarak yıllık ortalama 1.580.000 KWh enerji elde ederek tesis içinde kullanımı amaçlanmış ve planlanmıştır. Tesise kurulması planlanan 1 MWp Lisansız Güneş Enerji Santralinin Tahmini maliyeti 2.814.000 TL olarak belirlenmiştir. Difüzör tarlalarının yoğunlaştırılması, Güneş Enerji Santrali kurularak tesisin bir kısım ihtiyacı karşılanması, yeni gaz motorunun kurulması işletme maliyetlerinin azaltılmasında önemli katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Yazar, veri ve teknik desteği için Malatya Su ve Kanal İdaresi (MASKİ) Genel Müdürlüğü'ne ve bu çalışmanın değerlendirilmesinde değerli görüşlerinden dolayı hakemlere teşekkür etmektedir.

Kaynaklar

- [1]. Focus on Energy. Water and wastewater energy best practice guidebook. Prepared for Wisconsin Department of Administration by the Focus on Energy Program. Madison, WI,US. 2006.
- [2]. Metcalf and Eddy, Inc. Wastewater engineering: Treatment and reuse (4th ed.). New York: McGraw-Hill. 2003.
- [3]. Batts CW, Burton FL, Jones M. Demand side management opportunities in the wastewater industry. In Water environment federation, proceedings of the 66th annual conference & exposition. 1993.
- [4]. Krampe J. Energy benchmarking of South Australian WWTPs. Water Science and Technology 2013; 67 (9): 2059–206.
- [5]. Gallego A, Hospido A, Moreira MT, Feijoo G. Environmental performance of wastewater treatment plants for small populations. Resources, Conservation and Recycling 2008; 52(6): 931–940.
- [6]. Lindtner S, Kroiss H, Nowak O. Benchmarking of municipal waste water treatment plants (an Austrian project). Water Sci. Technol. 2004; 50(7): 265–271.
- [7]. Yang L, Zeng S, Chen J, He M, Yang W. Operational energy performance assessment system of municipal wastewater treatment plants. Water Science & Technology. 2010; 62(6): 1361-1370.
- [8]. Trapote A, Albaladejo A, Simón P. Energy consumption in an urban wastewater treatment plant: the case of Murcia Region (Spain). Civil Engineering and Environmental Systems 2014; 31(4): 304-310.
- [9]. Mamais D, Noutsopoulos C, Dimopoulou A, Stasinakis A, Lekkas TD. Wastewater treatment process impact on energy savings and greenhouse gas emissions. Water Science & Technology 2015; 71(2): 303-308.
- [10]. Panepinto D, Fiore S, Zappone M, Genon G, Meucci L. Evaluation of the energy efficiency of a large wastewater treatment plant in Italy. Applied Energy 2016; 161: 404-411.
- [11]. Uggetti E, Hughes-Riley T, Morris RH, Newton MI, Trabi CL, Hawes P, Puigagut J, García J. Intermittent aeration to improve wastewater treatment efficiency in pilot-scale constructed wetland. Science of the Total Environment 2015; 559: 212-217.
- [12]. Sato N, Okubo T, Onodera T, Agrawal LK. Economic evaluation of sewage treatment processes in India. J. Environ. Manage. 2007; 84: 447–460.
- [13]. Foladori P, Vaccari M, Vitali F. Energy audit in small wastewater treatment plants: methodology, energy consumption indicators, and lessons learned. Water Science and Technology 2015; 72 (6): 2267–2275.
- [14]. Vera I, Sáez K, Vidal G. Performance of 14 full-scale sewage treatment plants: comparison between four aerobic technologies regarding effluent quality, sludge production and energy consumption. Environmental Technology 2013; 34 (15), 1007–1015.
- [15]. WERF. Energy Efficiency in Wastewater Treatment in North America: Best Practices and Case Studies of Novel Approaches. WERF Report OWSO4R07E, IWA Publishing, London, UK. 2010.
- [16]. KASKİ. Kayseri Büyükşehir Belediyesi KASKİ Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu. 2015.
- [17]. ATV - A 131E. German ATV Rules and Standards, Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants. 2000.
- [18]. EPDK. Rüzgar ve Güneş Ölçüm Tebliği – İSTANBUL Sf 26. 19 Aralık 2012.