

Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Kazanımı için Mikro Ölçekte Hidroelektrik Santrallerin Uygulanabilirliği

Dilek ERKAN, Tülay YILMAZ, Amine YÜCEL, Ahmet YILMAZ, Ahmet TEL, Deniz UÇAR

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

Geliş Tarihi: 03.12.2017

Kabul Tarihi: 18.03.2018

Özet

Bu çalışmada mikro HES uygulamaları ile atıksu arıtma tesislerinden geçen atıksu akıntısı sayesinde üretilebilecek elektrik enerjisi miktarları teorik olarak hesaplanmıştır. Çalışmada yerinde ziyaret edilen üç tesis baz alınmış olup bu tesisler Van-Edremit, Elazığ Sivrice ve Tunceli merkez atıksu arıtma tesisleridir. Tesislerdeki debiler 2016 yılı itibari ile Edremit için 0.075; Sivrice için 0.105 ve Tunceli için ise 0.062 m³/sn'dir. Düşü miktarları ise bu tesisler için sırası ile 47.5, 10 ve 18 m olup üretilebilecek enerji miktarları uygun kapasitede jeneratör/türbin kullanımı kabulü ile teorik olarak yapılmıştır. Yapılan hesaplamalara göre en yüksek düşüye sahip olan Edremit atıksu arıtma tesisinin aylık enerji sarfiyatının %20.1'i tesisi çıkışı ile alıcı ortam (Van Gölü) arasına konumlandırılacak bir mikro HES ile sağlanabilir (Aylık potansiyel üretim miktarı 20129 kWh/ay). Benzer şekilde Sivrice ve Tunceli için de sırası ile 5932 ve 6305 kWh/ay elektrik enerjisi üretilebilir. Mikro HES'ler rezervuar alanı gerektirmemesi ve kolay kurulumları sayesinde bir dizi avantaja sahip olup yüksek elektrik enerjisi sarfiyatı olan atıksu arıtma tesisleri için çevreci bir yaklaşımdır.

Anahtar kelimeler: Mikro HES; Atıksu Arıtma Tesisi; Enerji Kazanımı; Eğim

Applicability of Micro Scale Hydroelectric Power Plants for Energy Recovery in Wastewater Treatment Plants

Abstract

In this study, the amount of electric energy that can be produced through micro hydroelectric power plant applications and wastewater flow through wastewater treatment plants is theoretically calculated. Three visited wastewater treatment plant, Van - Edremit; Elazığ - Sivrice and Tunceli, were used in the study. The wastewater flow rates are 0.075, 0.105 and 0.062 m³/s for Edremit, Sivrice and Tunceli respectively. Fall heights are 47.5, 10 and 18 m respectively for these plants, and the amount of energy that can be produced is theoretically calculated with the assumption of generator/turbine usage at the appropriate capacity. According to the calculations, Edremit wastewater treatment plant can be provided with 20.1% of the monthly energy consumption with a micro hydroelectric power plant to be placed between the plant exit and the receiving environment (Van Lake) (Monthly potential production amount 20129 kWh / month). Likewise, for Sivrice and Tunceli, electricity of 5932 and 6305 kWh/month can be produced respectively. Micro HEPPs have a number of advantages such as easy installation and no need for reservoir area and therefore they are an environmentally friendly approach to wastewater treatment plants with high electricity consumption.

Keywords: MicroHEPP; Wastewater Treatment Plant; Energy Gain; Slope

1. Giriş

Atıksu arıtma tesislerinde arzu edilen arıtımın sağlanabilmesi için sular bir dizi işlemden geçirilmektedir. Bu işlemler tipik bir evsel atıksu arıtma tesisi için ızgaralar, kum ve yağ tutucular, biyolojik arıtma üniteleri olarak sıralanabilir. Bu ünitelerde atıksu arıtımı sırasında suların üniteler arasında pompalanması ve havalandırılması sırasında yoğun enerji tüketilir. Tesislerde oluşan çamur da oksijen verilerek stabilize edilir[1]. Aerobik aktif çamur ve anaerobik çamur çürütücü kullanan tipik bir evsel atıksu arıtma tesisi için enerji ihtiyacı 0.6 kWh/m³ olup bu miktarın yarısı aktif çamur

ünitesinde suya oksijen transferi için gerekli elektrik enerjisidir[2].

Tesislerde atıksu arıtımında enerji verimliliği sağlanması için alınabilecek genel önlemler, tesisin tasarımı, ekipman seçimi, su taşıma şekli ile havalandırma ve karıştırma-tahrik ünitelerinin seçimine bağlıdır. Örnek olarak kabarcıklı (disk, tüp, plaka) havalandırma sistemleri, yüzey havalandırıcılara göre (rotor veya yüzey aeratörleri) daha yüksek oksijen transfer kapasitesine sahiptir. Bu nedenle kabarcıklı havalandırıcılar ile

havalandırma için gereken enerji miktarı da daha az olmaktadır.

Tesislerde ayrıca enerji üretimine yönelik önlemler de alınmaktadır. Kaba bir formül ile anaerobik çamur çürütücülerde üretilen metan gazı ile aktif çamur ünitesi olan bir atıksu arıtma tesisinin toplam enerji ihtiyacının %25-50'lik kısmı karşılanabilir. Tesislerde yapılabilecek diğer modifikasyonlar ile bu oran daha da arttırılabilir[2,3]. Tesislerde enerji üretimi için metan üretimi dışında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim (ör: Sivrice Atıksu Arıtma Tesisi, Elazığ) yapılabilecek modifikasyonlar arasındadır. Atıksudan doğrudan enerji üretimi için birçok makalede mikrobiyal yakıt hücreleri önerilmektedir ancak pratikte bilinen bir uygulama yoktur[4,5].

Tesislerde enerji elde edilebilmesi için bir diğer yöntem su akışındaki hızın kullanılmasıdır. Yüksek miktarda ve hızlı atıksuyun cazibe ile tesislere giriş yaptığı yerlerde sürdürülebilir ve güvenilir bir enerji eldesi imkanı vardır[6]. Örnek olarak, yüz bin insanın yaşadığı bir şehirde kişi başı su tüketim miktarının 120 L/(kişi.gün) kabulü ile 500 m³/saat'lik bir atıksu akışı vardır. Bu akışın yarattığı itme kuvveti ile elektrik enerjisi üretilebilir.

Ülkemizde özellikle doğu illerinde engebeli arazilere kurulmuş olan atıksu arıtma tesislerinde (Ör, Gaziantep Nurdağı Atıksu Arıtma Tesisi ya da Elazığ, Sivrice Atıksu Arıtma Tesisi) üniteler arasındaki su düşüleri, elektrik enerjisi üretebilecek mikro ölçekli hidro elektrik santralleri için ideal noktalardır. Bu nedenle bu HES'lerin kullanılabilirliği, atıksu arıtma tesislerinde enerji üretme potansiyelleri ve maliyet analizleri hakkında bir çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle yeni inşa edilecek tesislerde küçük modifikasyonlar ile gereksiz terfi istasyonlarının önüne geçilirken enerji üretmek mümkündür. Bu nedenle bu çalışmanın amacı mikro ölçekli hidroelektrik santrallerinin atıksu arıtma tesislerinde tesise giriş noktalarında ya da tesis içerisinde üniteler arasında konumlandırılması ile üretilebilecek enerji miktarlarının değerlendirilmesidir. Ülkemizde Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'ndeki bazı tesisler bu amaçla değerlendirilerek tesislerden geçen debilerin enerji potansiyelleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Yöntem

Bu çalışmada teorik hesaplamalar üzerinden atıksu arıtma tesislerinde mikro hidroelektrik santraller ile enerji üretilebilirliği araştırılmıştır. Santraller için tesislerde üniteler arasındaki kot farkları kullanılmıştır. Özellikle yamaç bölgelere inşa edilmiş atıksu arıtma tesislerinde atıksular üniteler arasında birkaç metre düşüye ulaşabilmektedirler (Ör: Tunceli Merkez Atıksu Arıtma Tesisi, havalandırma - son çökeltim üniteleri arası). Bu düşülere yerleştirilebilecek mikro HES'ler ile üretilebilecek enerji miktarı, atıksu arıtma tesislerindeki toplam enerji miktarları ile kıyaslanmıştır.

2.2. Mikro HES

Hidroelektrik santralleri suyun potansiyel enerjisinin elektrik enerjisine dönüştüğü sistemlerdir. Bu sistemlerde birkaç kW ile binlerce MW'lık enerji üretilebilir. Mikro hidroelektrik santralleri ise üretim kapasitesi 100 KW'dan daha az olan santraller için yapılan bir sınıflandırmadır[7]. Hidroelektrik santralleri sahip olduğu bir dizi avantaj nedeni ile tercih edilmekte olup yeterli miktarda hareket eden suyun bulunduğu her yere kurulabilmeleri için küçük ve orta boyutta da üretilmektedirler. Elektrik ihtiyacı arttıkça, büyük ölçekli hidroelektrik santrallerinin teknolojisi de geliştirilmektedir ancak bu santrallerin kurulması büyük miktarda alanların su altında kalmasına neden olmaktadır. Bu da beraberinde bölgede yaşayan halk ile çevrecilerin muhalefetine sebep olmaktadır.

2.3. Modelleme

Teorik hesaplamalarda kullanılacak önerilen hidroelektrik santrali büyük barajlar gibi bir rezervuara sahip olmayacaktır. Akan suyun sadece bir miktarı kullanılacak olup santral atıksu arıtma tesislerinin üniteleri arasına ya da tesis çıkış noktası ile deşarj noktası arasına konumlandırılacağı varsayılacaktır. Çıkış hidrolik enerji watt birimi olarak aşağıdaki eşitlik (1) ile hesaplanmaktadır.

$$P_{hyd} = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (1)$$

Olup ρ , suyun spesifik yoğunluğu (4 °C'de 1000 kg/m³); g yerçekimi ivmesi (9.8 m/s²); H net su

yüksekliği (m) ve Q su debisidir (m^3/s). Eşitlik $kg.m^2/s^3$ olarak watt'ı temsil etmektedir.

Suda bulunan potansiyel enerji su basıncının türbin kanatlarında uyguladığı güç neticesinde türbinlerde mekanik enerjiye dönüşmektedir. Mekanik ve hidrolik güç arasındaki ilişki aşağıda eşitlik 2'de gösterildiği gibi hidrolik türbin verimliliği (η_h) kullanılarak sağlanabilir. Hidrolik türbin verimliliği kullanılan türbine ve diğer ekipmanlara bağlı olarak değişir. Çalışmada hidrolik türbin verimliliği 0.8 olarak kabul edilmiştir.

$$P_m = \eta_h \cdot P_{hyd} \quad (2)$$

Hidrolik türbin verimi P_m büyük oranda türbin tasarımına ve işletme koşullarına bağlıdır (Q, H ve türbin rotorunun açılma hızı).

2.4. Diğer kabuller

Çalışmaya konu olan atıksu arıtma tesisleri Tunceli Atıksu Arıtma Tesisi, Van-Edremit Atıksu Arıtma tesisi ve Elazığ-Sivice Atıksu Arıtma Tesisidir. Söz konusu illere ait 2040 yıllarına ait nüfus projeksiyonları yapılarak, İller Bankası tablolarından insani su tüketimleri esas alınarak atıksu debileri hesaplanmıştır. Tesislerin günümüzdeki atıksu debileri ise aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo 1. Atıksu arıtma tesislerinin 2016 ortalama debileri [8]

Atıksu Arıtma Tesisi	2016 Debisi (m^3/sn)	Aylık Elektrik Sarfiyatı (kWh/Ay)
Sivrice (Elazığ)	0.105	62500*
Tunceli (Tunceli)	0.062	95000
Edremit (Van)	0.075	100000

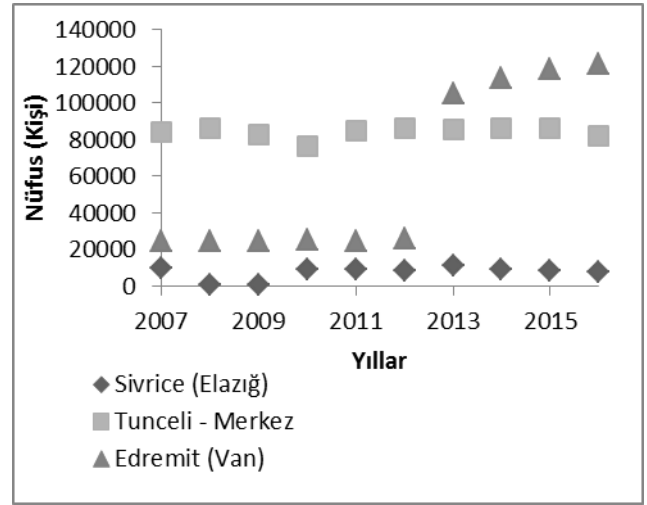
*Debisi daha yüksek olmasına rağmen Sivrice AAT'nin daha az elektrik sarfiyatı vardır. Bunun gerekçesi tesisin elektrik ihtiyacının bir kısmının güneş enerjisi panelleri ile doğrudan temin edilmesidir.

Çalışmada atıksu yoğunluğu $1000 kg/m^3$ olarak kabul edilmiştir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. Projelendirmeye Esas Debiler

Her üç şehir için son on yıla ait nüfus değişimleri 2007 - 2016 yılları için belirlenmiş olup Van-Edremit haricindeki şehirler için nüfus stabildir (Şekil 1). Uygulanan projede Edremit ilçesi haricindeki diğer yerleşim yerleri için nüfusun gelecekte de değişmeyeceği varsayılmış ancak Edremit ilçesi için iller bankası metoduna göre gelecek nüfusu tahmin edilmiştir.

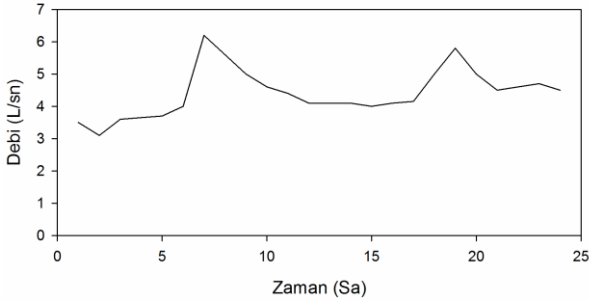


Şekil 1. İlçelere ait son 10 yıla ait nüfus dağılımları.

Edremit ilçesi için 2040 nüfus tahmini İller Bankası Metoduna göre 246.856 olarak hesaplanmaktadır. Bu nüfus için kişi başına düşen su tüketimi $225 l/kişi.gün$ kabul edilirse, Edremit ilçesi için 2040 insani tüketim amaçlı atıksu debisi $0.640 m^3/sn$ olarak hesaplanmaktadır. Şehirdeki diğer su tüketen faktörler ve yangın debisi ile birlikte bu değer $700 l/sn$ olarak kabul edilmiş olup suyun %90'ının atıksu oluşturacağı kabulü ile $Q_{atıksu}$ $0.63 m^3/sn$ olarak hesaplanmıştır. Edremit ilçesi 2012 - 2013 yılları arasında %400 artış göstermiştir. Sivrice ve Tunceli için mevcut durumun son 10 yılda ciddi bir değişime girmediği göz önünde bulundurularak 2040 debisi de 2016 debisi olarak seçilmiş olup sırası ile 0.105 ve $0.062 m^3/sn$ 'dir.

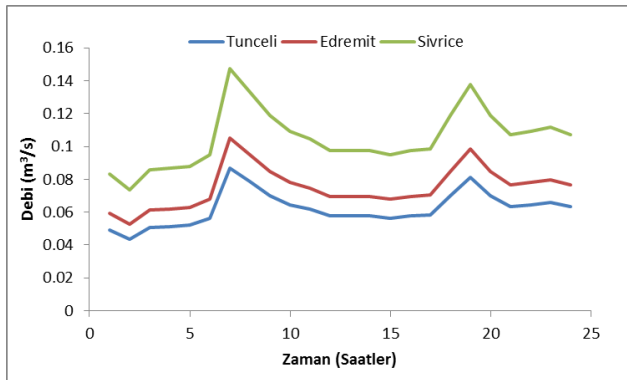
Evsel su kullanımı ve atıksu üretimi günün belirli saatlerinde pik değerlere ulaşmaktadır. Bu saatler genellikle sabah mesai başlamadan önceki saatler ile akşam mesai sonrası saatler olmaktadır. Örnek

olarak 10000 kişilik bir üniversite yerleşkesi için anlık ve günlük ortalama debiler aşağıdaki şekilde sunulmuştur[9]. Buna göre anlık üretilen enerji miktarı ile günlük ortalama enerji miktarları hesaplanmıştır.



Şekil 2. Zamana bağlı olarak atıksu miktarları, Kwame Nkrumah University of Science and Technology (KNUST) örneği[9].

İncelenen üç şehir için hesaplanan gelecek debileri saatlik üretilen miktarları bazında değerlendirildiğinde aşağıdaki Şekil 3 ortaya çıkmaktadır.

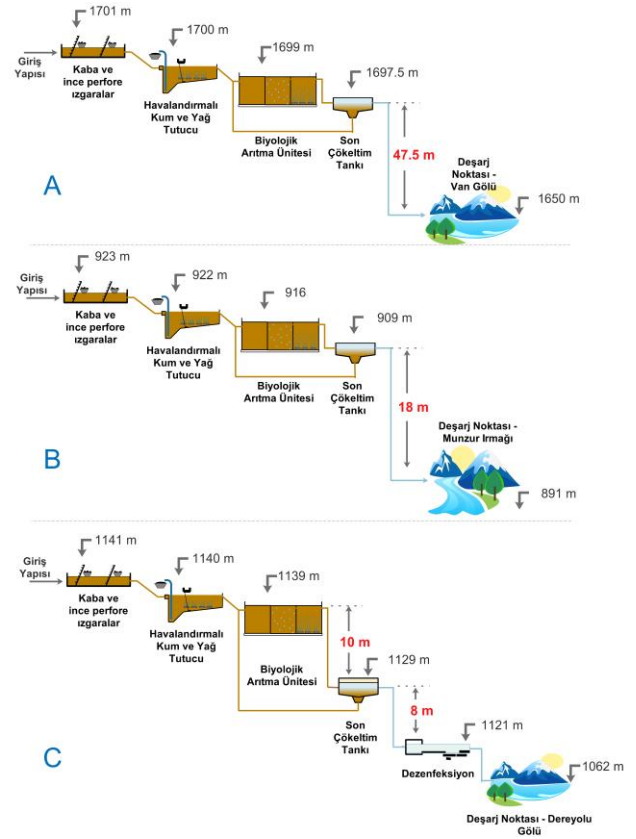


Şekil 3. İncelenen üç şehir için 2016 yılı için saat bazında atıksu üretim miktarları

3.2 Yükseklik hesapları ve Mikro HES'ler için potansiyel konumlar

Tesislere ait yükseklik bilgileri Google Earth programı kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre tesis giriş noktaları, ünitelerin kotları, tesis çıkış noktası ile deşarj noktalarındaki rakımlar belirlenmiştir. Konumlandırılması öngörülen HES'ler için uygun noktalar da bu yükselti seçimleri sırasında belirlenmiştir.

Yapılan değerlendirmeye göre Tunceli ve Edremit atıksu arıtma tesisleri için tesis çıkış noktaları, Sivrice atıksu arıtma tesisi için ise biyolojik arıtma ünitesinde havalandırma havuzları ile son çökeltim havuzları arasındaki nokta uygun görülmüştür. Her üç tesise ait akım şeması ve rakım bilgileri aşağıda şekil 4'te sunulmuştur.



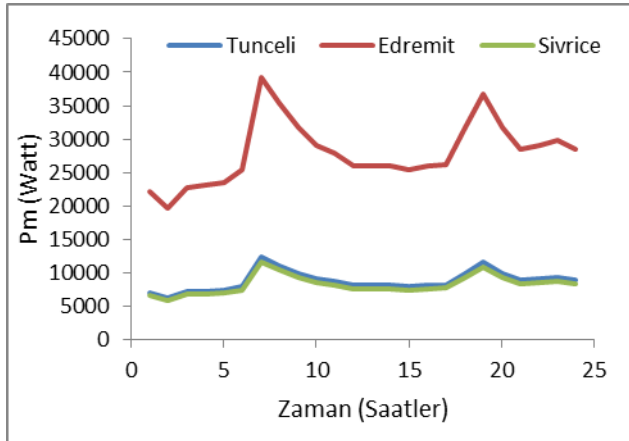
Şekil 4. Her üç tesise ait akım şemaları ve rakım bilgileri (A: Van-Edremit AAT, B: Tunceli AAT ve C: Elazığ-Sivrice AAT).

3.3 Üretililecek enerji miktarları

Üretililecek enerji miktarları debi ve düşü ile doğrudan ilgilidir. Örneğin, trafo verimi 0.8 kabulü ile 1 m³ suyun 1 m yükseklikten düşmesi sonucu üretililecek enerji miktarı 7848 Watt'dır. Sivrice ve Tunceli için nüfusun ve debinin sabit kalacağı varsayımı yapıldığı için hesaplanan enerji miktarları hem 2016 hem de 2040 yıllarını temsil etmektedir. Ancak Edremit için 2016 debisi 0.075 m³/s iken mevcut nüfus artışına göre 2040 yılı atıksu debisinin 0.63 m³/s olacağı öngörülmektedir.

Buna göre elde edilebilecek enerji miktarları Edremit ilçesinin 2016 yılı için ortalama 27958 Watt, 2040 yılı için ise ortalama 234854 Watt olarak hesaplanabilir.

Aynı değerler Tunceli ve Sivrice için ise sırası ile 8758 Watt ve 8240 Watt olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6. 2016 Yılı için her üç şehre ait anlık enerji üretim miktarları (Elazığ Sivrice için düşü miktarı 10 m alınmıştır).

2040 yılı Edremit için yapılan hesaplamalara göre günlük üretilebilecek enerji miktarları 164841 ile 329683 Watt arasında seyredeceği hesaplanmaktadır (ortalama 234854 Watt). Üretilebilecek enerji miktarı ile tesiste kullanılan elektrik enerjisi kıyaslandığında aşağıdaki tablo 2 ortaya çıkmaktadır.

Tablo 2. Atıksu arıtma tesislerinde 2016 yılı değerlerine göre üretilebilecek elektrik enerjisi potansiyeli ve aylık sarfiyata oranı.

Atıksu Arıtma Tesisi	Enerji Potansiyeli (Watt)	Elektrik Enerjisi Potansiyeli (kWh/ay)	Tesis sarf (kWh/ay)	Sarfiyata Göre Üretim Oranı (%)
Sivrice	8240	5932	62500	9.5
Tunceli	8758	6305	95000	6.6
Edremit	27958	20129	100000	20.1

Elektrik üretimi için hidroelektrik santrallerinin inşası temiz yenilenebilir, yüksek verimli, yakıt gideri olmayan ve uzun ömürlü bir alternatif sunmaktadır. Hidroelektrik santraller ayrıca turizme, tatlı su balıkçılığına, su sporlarına da imkân tanımaktadır. Fakat bu barajlar bazı taşınmazların (yerleşim yeri, sit alanı, yeraltı zenginliklerinin olduğu bölgeler vs) su altında kalmasına neden olabileceği gibi, yöre halkının taşınmasına sebep olabilir. Bu alan altında kalan bazı bitki ve hayvan türleri yok olabilir. Mikro HES'ler ise mevcut bir su

akıntısının üzerine konulan ve rezervuar alanı ve büyük inşaat yapıları gerektirmeyen çevreci bir yaklaşımdır. Bu sistemlerde büyük alanların su altında kalması söz konusu değildir ve bu sayede tek bir ağacın dahi kesilmesine gerek duyulmadan kurulabilmektedir.

Sonuçlar

Atıksu arıtma tesisleri içerisinde tonlarca m³ atıksuyun geçtiği bir akıntı üzerine kuruludur. Bu atıksu akıntısı tesisin bulunduğu yerin topografik konumuna göre gerek tesis içinde gerekse tesis çıkışı ile alıcı ortam arasında metrelerce düşüye maruz kalabilmektedir. Atıksu kütlesinin sahip olduğu bu potansiyel enerji mikro HES uygulamaları ile elektrik enerjisine çevrilebilir ve tesisin sarf ettiği enerjinin bir kısmı bu sistemle geri kazanılabilir. Bu çalışmada ülkemizde bulunan üç atıksu arıtma tesisi için mikro HES uygulaması ile üretilebilecek elektrik enerjisi değerleri teorik olarak hesaplanmış ve tesislerin mevcut tüketimleri ile oranlanmıştır. Buna göre 0.075 m³/sn debideki Edremit (Van) atıksu arıtma tesisi için tesis çıkışı ve alıcı ortam arasındaki 47.5 m'lik düşüye göre yapılan hesapta 20129 kWh/ay elektrik enerjisi üretilebileceği hesaplanmıştır (tesis aylık ihtiyacının %20.1'i). Benzer şekilde Sivrice (Elazığ) ve Tunceli için ise aylık ihtiyacın sırası ile %9.5'i ile 6.6'sı karşılanabilir.

Kaynaklar

- [1] S. Özdemir, D. Uçar, E.U. Çokgör, D. Orhon, "Extent of endogenous decay and microbial activity in aerobic stabilization of biological sludge," *Desalination and Water Treatment*, vol. 52, pp. 6356–6362, 2013.
- [2] P.L. McCarty, J. Bae, J. Kim, "Domestic wastewater treatment as a net energy producer - can this be achieved?," *Environmental Science and Technology*, vol. 45 pp. 7100–6, 2011
- [3] EPAOffice of Water., Wastewater Management Fact Sheet, Energy Conservation EPA 832-F-06-024, Washington DC, USA, 2006.
- [4] M.A. Rodrigo, P. Cañizares, J. Lobato, R. Paz, C. Sáez, J.J. Linares, "Production of electricity from the treatment of urban waste water using a microbial fuel cell," *Journal of Power Sources*,

vol. 169, pp. 198–204, 2007.

- [5] D. Ucar, Y. Zhang, I. Angelidaki, "An Overview of Electron Acceptors in Microbial Fuel Cells," *Frontiers in Microbiology*, vol. 8, pp 1-6, 2017.
- [6] A.H. Elbatran, O.B. Yaakob, Y.M. Ahmed, H.M. Shabara, "Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: a review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 43, pp. 40–50, 2015.
- [7] M. Amran, M. Radzi, M. Lqbal, a. Hakim, "Basic design aspects of micro hydro power plant and its potential development in Malaysia," in *PECon 2004. Proceedings. Natl. Power Energy Conf. 2004*, pp. 220–223.
- [8] Turaat, Ülke Genelindeki Evsel/Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumunun Tespiti, Revizyon İhtiyacının Belirlenmesi Projesi, Ankara, 2016.
- [9] E. Awuah, R. Amankwaah-Kuffour, S.F. Gyasi, H.J. Lubberding, H.J. Gijzen, "Characterization and management of domestic wastewater in two suburbs of kumasi, Ghana," *Research Journal of Environmental Sciences*, vol. 8, pp. 318–330, 2014