


Atıksu Arıtma Tesislerinden Elde Edilen Hidroelektrik Üretiminin Türkiye Mesken Elektrik Talebini Karşılama Oranı

*¹Burhan Baran

¹Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Malatya/Türkiye, burhanbaran@gmail.com, 

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 26.12.2018

Kabul Tarihi: 02.12.2019

Öz

Bu çalışmada, Atıksu arıtma tesislerinde (AAT) farklı düşü yüksekliklerinde elde edilebilecek elektrik enerjisinin Türkiye'nin mesken elektrik ihtiyacını karşılama oranlarının belirlenmesi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla AAT hidroelektrik potansiyelini değerlendirmek için bir yöntem sunulmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nden alınan veriler doğrultusunda gelecek yıllar için Türkiye'deki AAT'lerden arıtılacak atıksuya ait debi tahminleri yapılmıştır. Elde edilen tahmini debi değerleri kullanılarak düşü yüksekliklerinin 15 metre ve 30 metre olması durumlarında gelecek yıllarda AAT'lerden üretilebilecek toplam mikro-hidroelektrik enerjisi üretim tahminleri yapılmıştır. Gelecek yıllara ait tahminler Matlab ortamında yazılan eğri uydurma programı aracılığıyla elde edilen denklemler kullanılarak elde edilmiştir. Yine geçmiş yıllara ait veriler kullanılarak Türkiye'nin gelecek yıllara ait mesken elektrik enerjisine ait tahmini talep değerleri elde edilmiştir. Bu tahmini değerler kullanılarak farklı düşü yüksekliklerinde AAT'lerden elde edilen mikro-hidroelektrik üretimin mesken elektrik enerjisi talebini karşılama oranları ve kaç meskenin elektrik ihtiyacının karşılanabileceği hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre 2018-2024 yılları arasında ortalama % 2,73 oranında nüfus artış hızı tahmin edilirken, aynı yıllarda AAT'ler tarafından arıtılan atıksu miktarındaki artış oranının ise % 13 civarında olacağı görülmüştür. Düşü yüksekliğinin 15 metre ve 30 metre olması durumunda 2018-2024 yıllarında üretilebilecek mikro-hidroelektrik güç üretimi % 44 civarında artmaktadır. Türkiye'de meskenlerde tüketilmesi tahmin edilen elektrik enerjisi oranlarının ortalama % 9,00 civarında artarak 2024 yılında 73.900 GWh/yıl olacağı tahmin edilmiştir. Düşü yüksekliğinin 15 metre olması durumunda 2024 yılında 84.554 adet meskenin, 30 metre olması durumunda ise 169.104 adet meskenin AAT'den kaynaklı mikro-hidroelektrik üretimi tarafından karşılanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atıksu, Enerji geri dönüşümü, Mikro-hidroelektrik, Dağıtık üretim, Mesken elektrik tüketimi.

Coverage Ratio of Residential Electricity Demand of Turkey with Wastewater Treatment Plant Hydroelectric Production

*¹Burhan Baran

¹Directorate of Environment and Urbanization, Malatya/Turkey, burhanbaran@gmail.com

Abstract

In this paper, coverage rate of Turkey's residential electricity needs at different heads from electric energy produced by the wastewater treatment plant (WWTP) are determined. For this purpose a method for assessing the hydroelectric potential of WWTP is presented. Data were taken from Turkey Statistical Institute (TUIK). Using these data in future years to estimate the amount of wastewater to be treated in WWTP in Turkey were made. In case the heads are 15 meters and 30 meters by using the estimated wastewater amount, total micro-hydroelectric energy production were estimated that produced from WWTPs in the coming years. Estimates for the future years were obtained by using the equations obtained through the curve fitting program written in Matlab environment. Using data from past years belonging to Turkey next year's demand forecast of the residential electric energy values were obtained. With using of these estimated values, the ratio of electrical energy generated by the WWTP at different heads to the residential electrical energy was determined. In addition, it was calculated how many residential could meet the electricity needs by WWTP's electrical energy. According to the obtained data, the average rate of increase in population between the years of 2018-2024 will be estimated at 2.73%. On the other hand, the rate of increase in the amount of wastewater treated by the wastewater treatment plants will be around 13%. The micro-hydroelectric power production, which can be produced in 2018-2024, increases by about 44% in the case of 15 meters and 30 meters. It is consumed in residences in Turkey

*Sorumlu yazar: Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Malatya/Türkiye, burhanbaran@gmail.com

as the estimated average electricity rates will increase by around 9.00% in 2024 and 73 900 GWh / year is expected to reach. It was concluded that 84.554 residence in 2024 could be covered by micro-hydroelectric power generation from AAT in case the dream height is 15 meters. If the height of the fall is 30 meters, it is estimated that it will be 169.104 residence.

Keywords: Wastewater, Energy recycling, Micro-hydroelectricity, Distributed production, Residential electricity consumption.

1. GİRİŞ

Sanayileşme, ekonomik gelişme, kentleşme ve nüfus artışı gibi nedenlerden dolayı insanlığı her zamankinden daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadır. İnsan nüfusu ve faaliyetleri giderek gelişmekte olduğu için, dünya genelinde enerji talebinin artması kaçınılmazdır ve bu eğilimin gelecekte de devam etmesi muhtemeldir. Nüfus arttıkça beklenen enerji talebini karşılamak ve ekonomik büyümeyi sürdürmek için, yenilenebilir enerji gibi alternatiflerin çoğaltılması gerekmektedir [1]. Son yirmi yılda, küresel elektrik üretimi iki katından fazla artmıştır ve ekonomik gelişme gelişmekte olan ülkelere yayıldıkça, dünya genelinde elektrik talebi hızla artmaktadır. Sadece elektrik talebi önemli ölçüde artmakla kalmamakta, aynı zamanda enerji kullanımı da hızla artış göstermektedir. Sürdürülebilir kalkınma için de yenilenebilir enerji kaynaklarına eğilimin artması gerekmektedir [2]. Sudan elde edilen hidro enerji en temiz yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Mikro hidro sistemler ise doğal hidrolojik döngüden kaynaklanan yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilebilir.

Hidroelektrik, tüm dünyada yaygın olarak kullanılan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Günümüzde, yenilenebilir enerjilerin ve özellikle küçük hidroelektrik santrallerin gelişimine ilgi artmaktadır [3]. Hidroelektrik enerji yenilenebilir bir kaynağa dayanır, kirliliği ve sera gazı emisyonunu azaltır ve popülasyonların yaşam kalitesi üzerinde olumlu etkilere sahiptir [4]. Elektrik üretmek için kaynakları kullanmazlar, diğer güç santralleri gibi havayı, toprağı veya suyu kirletmezler. Güneşin dünyaya suyunu veren hidrolojik döngüye güç vermesinden ötürü güneş enerjisinin bir formu olarak da görülebilir. Bu nedenlerden dolayı hidroelektrik enerjinin teknik, ekonomik ve çevresel faydaları, özellikle gelişmekte olan ülkelerde gelecekteki dünya enerjisine önemli katkıda bulunacaktır. Hidrolojik döngüde, atmosferik su dünya yüzeyine yağış olarak ulaşır. Bu suyun bir kısmı buharlaşır, ancak çoğu toprağı sızar ya da yüzeysel olarak akıp gider. Yağmurdan ve eriyen kardan gelen su, nihayetinde buharlaşmanın sürekli olduğu göletlere, göllere, denizlere veya okyanuslara ulaşır [5].

Akan suda iki tür enerji bulunur. Bunların biri kinetik enerji, diğeri ise potansiyel enerjidir. Baraj kapağından gelen su dönme hareketi yapabilen türbinin kanatlarının üzerine düşer. Türbinin şaftı elektriğin üretildiği elektrik jeneratörlerini döndürerek elektrik enerjisi üretilir. Üretilen elektrik enerjisi daha sonra ana şebekeye bağlanmak üzere trafolarla iletilir [6]. Büyük ölçekli santraller 100 MW'ın üzerinde, küçük ölçekliler 30 MW'ın altında üretim yapabilir. Mini-hidroelektrik santraller ise 100 kW'tan 1 MW enerjiye kadar üretim yapabilirler. Diğer taraftan mikro-hidroelektrik santraller 5 kW ile 100 kW arasında

elektrik üretme kabiliyetine sahiptirler. En küçük ölçekli hidroelektrik santraller ise maksimum 5 kW elektrik üretebilen piko-hidroelektrik santrallerdir [7].

Prawin Angel ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada Kerala eyaletinde kırsalda yaşayan 120 ailenin elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla 15 kW'lık bir mikro hidroelektrik santrali tasarımı çalışması yapılmıştır. Günlük toplam enerji tüketiminin 90.78 kWh olduğu dikkate alınmıştır. Mikro-hidroelektrik santralin gücü hesaplanırken düşü yüksekliği 80 metre olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonunda, 15 kW'lık mikro hidroelektrik santralinin teknik ve ekonomik olarak uygun olduğu ve bölgedeki yaşayan 120 ailesinin elektrik enerji talebini karşılayabileceği sonucuna ulaşılmıştır [8].

Tamrakar v.d. mikro hidroelektrik santralinin evsel elektrik ihtiyacına uygulanabilirliği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışma ile kanalizasyon suyunun direk deşarj edilmesi yerine küçük hidroelektrik santral kurulması durumunda ne tür avantajlar sunabileceği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda böyle bir sistemin atıksu miktarı dikkate alındığında ihtiyaç duyulan gücü üretebileceği belirtilmiştir [9].

Anaza ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada türbin ve jeneratör gibi mikro-hidro sistemin temel bileşenleri ve içerdiği teknoloji tartışılmıştır. Üretililecek güç hakkında bir fikre sahip olmak için akış hızını ve düşü yüksekliği tahmin etmede kullanılacak yöntemler araştırılmıştır. Mikro-hidro üretimin uygun planlama ve uygulama ile mükemmel bir merkezi elektrik üretimi şebekesi veya ikincil bir enerji üretim birimi olarak, şebekeyi daha güvenilir hale getirebileceği sonucuna ulaşılmıştır [1].

Bilal Abdullah Nasır yaptığı çalışmada, düşü yüksekliği, su akış hızı, türbin tipi ve jeneratör gibi tasarım bileşenlerini dikkate alarak Matlab Simulink ortamında tasarlanan mikro-hidroelektrik santrallerin tasarımına ait bir rapor sunmuşlardır. Hesaplamalar bilgisayar programına girdi olarak verildikten sonra türbin tipi, türbin boyutu, türbin gücü, türbin hızı, türbin verimi ve jeneratör özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan türbin gücü ve hızının yükseklikle doğrudan orantılı olduğu, ancak su akışının değişmesi durumunda maksimum güç ve maksimum hız için spesifik değişikliklerin olduğu tespit edilmiştir [10].

Bu çalışmada Türkiye'deki AAT'lere kurulacak hidroelektrik santrallerden farklı düşü yüksekliklerinde elde dillecek elektrik enerjisinin Türkiye'nin mesken elektrik ihtiyacını karşılama oranının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla TÜİK'ten alınan ve Türkiye'deki geçmiş yıllara ait artılmış toplam atıksu miktarları dikkate alınarak Matlab ortamında

yazılan eğri uydurma programı ile gelecek yılların debi tahminleri yapılmıştır. Elde edilen bu debi değerlerine göre 15 metre ve 30 metre düşü yüksekliklerinde AAT'lerden üretilebilecek toplam mikro-hidroelektrik enerji değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, yine geçmiş yıllara ait veriler kullanılarak Türkiye'nin gelecek yıllara ait mesken elektrik enerjisi tüketimine ait tahmini talep değerleri elde edilmiştir. Bu tahmini değerler kullanılarak AAT'lerden elde edilen mikro-hidroelektrik üretimin mesken elektrik enerjisi talebini karşılama oranları ve kaç meskenin elektrik ihtiyacını karşılanabileceği hesaplanmıştır.

2. YÖNTEM

2.1. Hidroelektrik Üretimi

Hidroelektrik, su kütlelerinin hareketi tarafından üretilen güçtür. Su, belirli bir yükseklikten türbine akar. Böylece türbinin şaftının dönmesi sağlanır. Elektrik üretimi gerçekleştirilirken jeneratöre bağlı olarak dönen şaft ise bu dönme hareketini elektrik enerjisine dönüştürür. Temel olarak iki tür türbin vardır. İmpuls türbinleri ve reaksiyon türbinleri. İmpuls türbinlerinin ise birkaç çeşidi vardır: Bunlar Turgo, Pelton ve çapraz akış türbinleri olarak adlandırılmaktadır. Ancak uygulamada çoğunlukla reaksiyon türbinleri kullanılmakta olup, en sık kullanılan ise Kaplan türbinleridir [11].

Uygun elektrik jeneratörü seçiminde göz önünde bulundurulması gereken üç temel parametredir. Bunlar istenilen çıkış tipi, hidrolik türbin çalışma modu ve elektrik yükü türüdür. Ayrıca, ulusal şebekeyle bağlanabilmesi ve akülere depolama yapabilmesi de istenen özelliklerdendir [1]. Hidroelektrik üretim suyun akışıyla ilişkilidir ve suyun akışı bir hidroelektrik santralinin yakıtıdır. Bir türbin tarafından üretilen güç denklem 1'deki gibidir [10]:

$$P_t = \rho * g * H_n * Q * \eta_t \text{ (watt)} \quad (1)$$

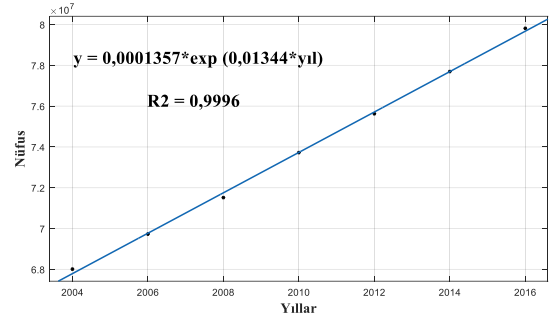
burada, P_t , türbin şaftında üretilen güç,
 ρ , su yoğunluğu (1000 kg/m³),
 H_n , net yükseklik (m),
 Q , su akış hızı (m³/s),
 g , yerçekimi ivme sabiti (9.8 m/s²)
 η_t , türbin verimliliği (% 80-90)

2.2. Eğri Uydurma Yöntemi

DeneySEL çalışmalarda oluşan veriler genelde noktasaldır. Sürekli bir fonksiyon elde edilememektedir. Bu durumda veriler $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ şeklinde nokta çiftleri olarak verilir. Bir fonksiyonun her nokta için verilen değerlerinde fonksiyona en yakın başka bir fonksiyonun belirlenmesi "eğri uydurma" problemi olarak tanımlanır [12]. İki değişken

arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde temsil edecek uygun bir eğri denkleminin bulunması amaçlanır.

Bu çalışmada Matlab ortamında yazılan eğri uydurma programı ile 2004-2016 yıllarında TÜİK [13]'ten alınan mevcut Türkiye nüfusu, arıtılmış atıksu miktarı ve elektrik tüketim değerleri kullanılarak exponansiyel denklemler elde edilmiştir. Bu denklemler aracılığıyla ise 2018-2024 yılları arasındaki tahminler yapılmıştır. Buna göre, nüfus için elde edilen eğri Şekil 1'deki gibi olmuştur. Eğri uydurma yöntemiyle elde edilen bu eğriye ait exponansiyel denklem ise $y=0,0001357*exp(0,01344 *yıl)$ olup, R^2 değeri 0,9996'dır.



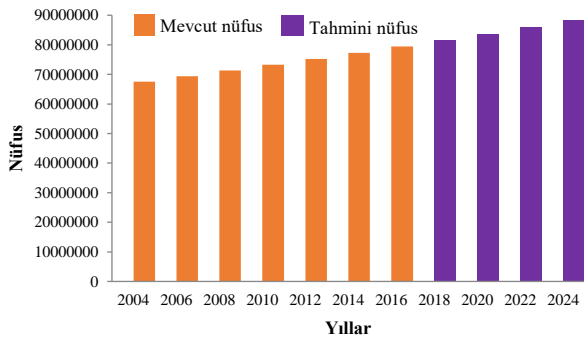
Şekil 1. Türkiye mevcut nüfus değerleri eğrisi

Bu denklem kullanılarak 2018-2024 yılları arasındaki nüfus tahminleri yapılmıştır. Buna göre Türkiye'nin 2004-2016 yılları arasındaki ikişer yıl aralığıyla mevcut nüfus değerleri ve 2018-2024 yılları arasındaki tahmini nüfus değerleri Tablo 1'deki gibi elde edilmiştir.

Tablo 1. Mevcut ve tahmini nüfus değerleri (Türkiye)[13]

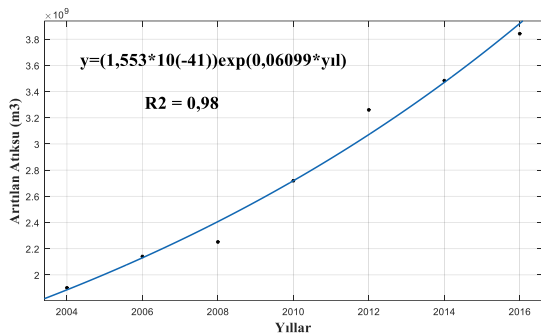
Yıllar	Nüfus	Tahmini Nüfus
2004	68.010.215	-
2006	69.729.967	-
2008	71.517.100	-
2010	73.722.988	-
2012	75.627.384	-
2014	77.695.904	-
2016	79.814.871	-
2018	-	81.560.531
2020	-	83.782.609
2022	-	86.065.226
2024	-	88.410.032

Tablo 1 incelendiğinde, nüfus artış hızının önceki yıla oranla 2018'de % 2,19, sonraki yıllarda ise % 2,73 oranında artacağı, toplam nüfusunu ise 2024 yılında 88.410.032 kişi olacağı tahmin edilmiştir. Bu verilere ait grafiksel gösterim ise Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2. Türkiye mevcut ve tahmini nüfus sayısı

Şekil 3 Matlab ortamında elde edilen Türkiye’de mevcut olarak arıtılmış atıksu miktarı değerlerini göstermektedir. Arıtılacak atıksu miktarının tahmini için kullanılan eğri uyurma yöntemi tarafından elde edilen eksponansiyel denklem $y=(1,553*10^{(-41)})\exp(0,06099*yıl)$ olup, R^2 değeri ise 0,98’dir. Bu denklem kullanılarak 2018-2024 yılları arasındaki arıtılacak atıksu miktarı tahminleri yapılarak Tablo 2 elde edilmiştir.



Şekil 3. Türkiye mevcut arıtılan atıksu miktarları eğrisi

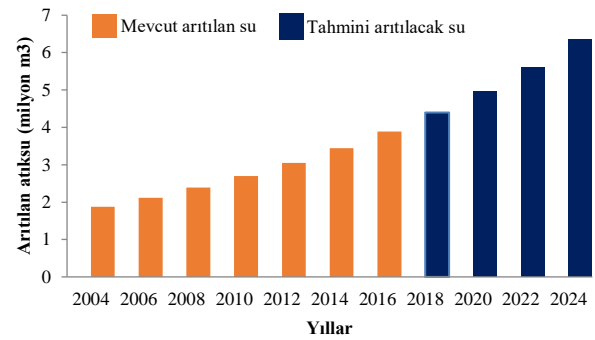
Tablo 2’de Türkiye’nin 2004-2016 yılları arasındaki ikişer yıl arayla AAT’lerde arıtılan toplam atıksu miktarları gösterilmektedir. Ayrıca, 2018-2024 yılları arasında ikişer yıl arayla yapılmış debi tahmin değerleri de yer almaktadır. Bu tablo incelendiğinde, arıtılan atıksu miktarındaki artış oranı bir önceki yıla oranla 2018’de % 13,11, 2020’de % 12,96, 2022’de % 12,88 ve 2024 yılında ise % 13,01 oranında artacağı, toplam arıtılan atıksu miktarının ise 2024 yılında 6.340 milyon m³ olacağı tahmin edilmiştir.

Tablo 2. Türkiye için mevcut ve tahmini arıtılmış atıksu miktarları[13]

Yıllar	Mevcut debi (m ³)	Arıtılacak atıksu tahmini (milyonm ³)
2004	1.901.040.330	1.870
2006	2.140.493.891	2.120
2008	2.251.581.217	2.390
2010	2.719.151.190	2.700
2012	3.260.396.000	3.050

2014	3.483.846.000	3.450
2016	3.842.350.027	3.890
2018	-	4.400
2020	-	4.970
2022	-	5.610
2024	-	6.340

Tablo 2’de elde edilen verilerin grafiksel olarak gösterimi Şekil 4’teki gibidir.



Şekil 4. Türkiye mevcut ve tahmini arıtılan/arıtılacak atıksu miktarları

Tablo 1 ve 2 karşılaştırıldığında 2004 yılından 2016 yılına nüfus artış hızı % 17,36 olurken, AAT’ler tarafından arıtılan atıksu miktarındaki artış oranı % 102,12 olmuştur. Aynı şekilde 2018 yılından 2024 yılına nüfus artış hızı % 8,40 iken, AAT’ler tarafından arıtılan atıksu miktarı % 44,09 oranında artış göstermiştir. Tablo 2’de elde edilen yıllık debi miktarları kullanılarak, saniyede elde edilen debi miktarı hesaplanırsa Tablo 3 elde edilecektir. Saniyede elde edilen debi miktarı hesaplanırken, yıllık debi miktarı sırasıyla 365 güne, 24 saate, 60 dakikaya ve son olarak 60 saniyeye bölünerek elde edilmiştir.

Tablo 3. Arıtılacak tahmini atıksu miktarları (Türkiye)

Yıllar	Arıtılacak atıksu tahmini (milyon m ³ /yıl)	Arıtılacak atıksu tahmini (m ³ /sn)
2018	4.400	139,52
2020	4.970	157,60
2022	5.610	177,89
2024	6.340	201,04

3. DURUM ÇALIŞMALARI

3.1. Düşü Yüksekliğinin 15 metre Olması Durumu

AAT’lere kurulacak hidroelektrik santrallerden geçecek arıtılmış atıksu miktarına göre üretilebilecek enerji miktarını hesaplamak için denklem 1 kullanılır. Burada verim

katsayısı olup, bu çalışmada 0,85 olarak kabul edilmiştir. Buna göre Tablo 3'teki debi değerleri kullanılarak 15 metre düşü yüksekliğinde 2018 yılı için elde edilen güç değerleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$P_f=17.450,81\text{kWh},$$

$$P_f=418.819,51\text{ kW/gün},$$

$$P_f=152.869.120,13\text{kWh/yıl},$$

$$P_f=152,87\text{ GWh/yıl},$$

Benzer şekilde diğer yılların tahmini elektrik üretim değerlerinin de hesaplanması durumunda Tablo 4'teki güç değerleri elde edilir. Tablo 4, Türkiye'deki 2018-2024 yılları arasındaki yıllar için AAT'lerden elde edilebilecek tahmini debi değerleri ile 1 saatte ve 1 yılda elde edilebilecek güç değerlerini göstermektedir.

Tablo 4. 15 metre düşü yüksekliğinde gelecek yıllara ait tahmini debi ve güç değerleri (Türkiye)

Yıllar	Arıtılacak atıksu tahmini (m ³ /sn)	1 saatte üretilebilecek güç(kWh)	1 yılda üretilebilecek (GWh)
2018	139,52	17.450,81	152,87
2020	157,60	19.712,21	172,68
2022	177,89	22.250,04	194,91
2024	201,04	25.145,58	220,28

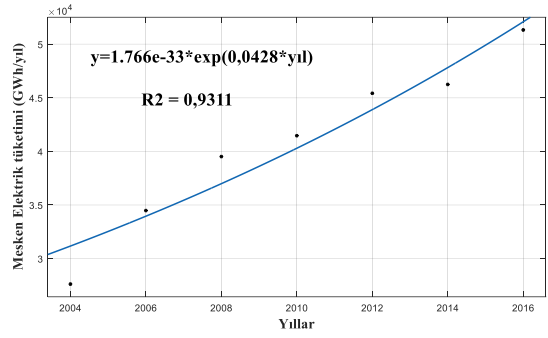
3.2. Düşü Yüksekliğinin 30 metre Olması Durumu

Yine aynı debi değerleri ile düşü yüksekliğinin 30 metre olması durumunda tahmin yılları için elde edilen güç değeri Tablo 5'teki gibi olmaktadır.

Tablo 5. 30 metre düşü yüksekliğinde gelecek yıllara ait tahmini debi ve güç değerleri (Türkiye)

Yıllar	Arıtılacak atıksu tahmini (m ³ /sn)	1 saatte üretilebilecek güç(kWh)	1 yılda üretilebilecek (GWh)
2018	139,52	34.901,63	305,74
2020	157,60	39.424,43	345,36
2022	177,89	44.500,07	389,82
2024	201,04	50.291,16	440,55

Şekil 5'te Türkiye'nin 2004-2016 yılları arasındaki mesken elektrik tüketimi değerleri gösterilmektedir. Elde edilen eksponansiyel eğrinin denklemi $y=1.766e-33*\exp(0,0428*yıl)$, R² değeri ise 0,9311'dir. Bu denklem aracılığıyla 2018-2024 yılları arasındaki tahminler yapılmıştır. Tablo 6 Türkiye'nin hem 2004-2016 yılları arasındaki ikiye yıl aralığı mesken elektrik tüketim değerlerini hem de 2018-2024 yılları arasındaki tahmini mesken elektrik tüketim değerlerini göstermektedir.



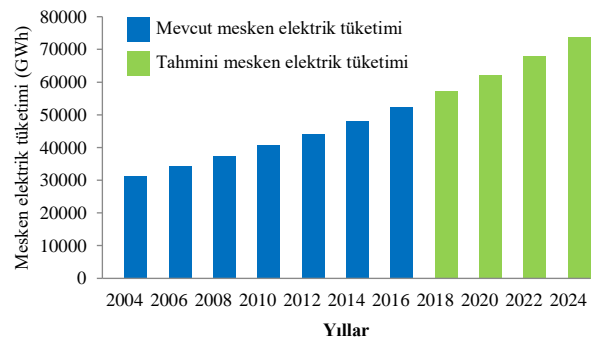
Şekil 5. Türkiye mevcut mesken elektrik tüketim değerleri eğrisi

Tablo incelendiğinde, mesken elektrik tüketimindeki artış oranı bir önceki yıla oranla 2018'de % 11,44, 2020'de % 8,92, 2022'de % 8,83 ve 2024 yılında ise % 9,00 oranında artacağı, toplam arıtılan atıksu miktarının ise 2024 yılında 73.900 GWh/yıl olacağı tahmin edilmiştir.

Tablo 6. Mevcut ve tahmini mesken elektrik tüketim miktarları (Türkiye) [13]

Yıllar	Mevcut mesken elektrik tüketimi (GWh/yıl)	Tahmin edilen elektrik tüketimi-Mesken (GWh/yıl)
2004	27.620,376	
2006	34.480,111	
2008	39.515,312	
2010	41.464,291	
2012	45.417,059	
2014	46.244,625	
2016	51.327,221	
2018	-	57.200
2020	-	62.300
2022	-	67.800
2024	-	73.900

Tablo 6'da mevcut ve elde edilen tahmini verilerin grafiksel olarak gösterimi Şekil 6'daki gibidir. Şekil 5'te Matlab ortamında elde edilen şekil ile aynı çizgiyi çizmektedir.



Şekil 6. Türkiye mevcut ve tahmini mesken elektrik tüketim miktarları grafiği

Bir evde elektrik tüketimi yapan cihazlar Tablo 7’de verilmiştir. Tablo belirtilen elektrik tüketim cihazlarının kullanım oranlarını ve ayrı ayrı yıllık toplam tüketim değerlerini göstermektedir. Standart bir eve ait değerler verilmiştir. Buna göre bir evin yıllık toplam elektrik tüketimi 2.605,2 MWh/yıl olarak belirlenmiştir [14].

Tablo 7. Bir evin günlük, haftalık ve aylık ortalama elektrik tüketim değerleri [14]

Ürün Adı	Yıllık Ortalama Güç Tüketimi (kWh/yıl)
Buzdolabı	327,6
Aydınlatma (3 ampül x 5 saat)	163,8
Elektrikli Fırın (1 saat x 3 gün)/hafta	171,6
Televizyon (4 saat x her gün)	145,6
Çamaşır Mak. (2 saat x 2 gün)/hafta	197,6
Bulaşık Mak. (1 saat x her gün)	309,4
Ütü (2 saat/hafta)	187,2
Elektrikli Süpürge (3 saat/hafta)	187,2
Saç Kurutma Mak. (2 saat/hafta)	124,8
Bilgisayar (2 saat/gün)	218,4
Şofben (3 saat/hafta)	468,0
Elektrikli Mutfak Gereçleri	109,2
Toplam	2.605,2

Buna göre, düşü yüksekliğinin 15 metre olması durumunda üretilebilecek güç miktarları ile toplam mesken elektrik tüketiminin karşılanması durumunda elde edilecek yüzdeler Tablo 8’deki gibi olmaktadır. Karşılama oranı en düşük % 0,267 iken, en yüksek % 0,298 olmuştur. Yıllar ilerledikçe karşılama oranının arttığı görülmektedir.

Tablo 8. Net yüksekliğin 15 metre olması durumunda mikro-hidroelektrik üretimin toplam mesken tüketimini karşılaması

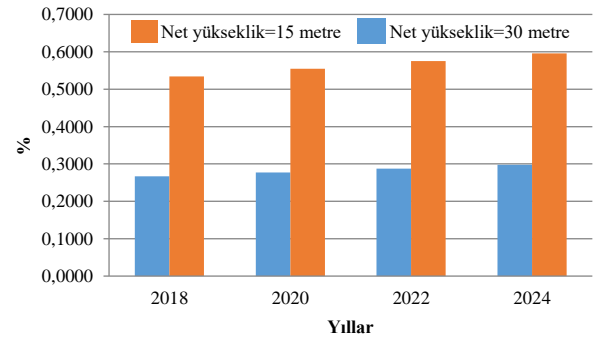
Yıllar	Tahmini Mesken Elektrik Tüketimi (GWh/yıl)	Tahmini Üretililecek Güç, h=15 m (GWh/yıl)	AAT Mikro-hidroelektrik üretiminin Toplam mesken elektrik tüketimini karşılama oranı (%)
2018	57.200	152,87	0,267
2020	62.300	172,68	0,277
2022	67.800	194,91	0,288
2024	73.900	220,28	0,298

Düşü yüksekliğinin 30 m olması durumunda üretilebilecek güç miktarları ile toplam mesken elektrik tüketiminin karşılanması durumunda elde edilecek yüzdeler ise Tablo 9’daki gibi elde edilmiştir. Karşılama oranı % 0,535’ten % 0,596’ya doğru artış göstermiştir.

Tablo 9. Net yüksekliğin 30 metre olması durumunda mikro-hidroelektrik üretimin toplam mesken tüketimini karşılaması

Yıllar	Tahmini Mesken Elektrik Tüketimi (GWh/yıl)	Tahmini Üretililecek Güç, h=15 m (GWh/yıl)	AAT Mikro-hidroelektrik üretiminin Toplam mesken elektrik tüketimini karşılama oranı (%)
2018	57.200	305,74	0,535
2020	62.300	345,36	0,554
2022	67.800	389,82	0,575
2024	73.900	440,55	0,596

Tablo 8 ve Tablo 9 karşılaştırıldığında düşü yüksekliğinin iki katına çıkması mesken elektrik karşılama oranını da iki katına çıkarmıştır. Bu durum denklem 1’deki düşü yüksekliği parametresinin güç üretimi ile doğru orantılı olmasından kaynaklanmaktadır. Düşü yüksekliğinin hidroelektrik üretimindeki önemi ortaya çıkmaktadır. Bu durumun grafiksel gösterimi ise Şekil 7’deki gibidir.



Şekil 7. Net yüksekliğin 15 m ve 30 m olması durumunda mikro-hidroelektrik üretimin toplam mesken tüketimini karşılama oranı

Tablo 7’de “Bir evin günlük, haftalık ve aylık ortalama elektrik tüketim değerleri”ne göre, bir evin yıllık elektrik enerjisi ihtiyacı 2.605,2 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Buna göre düşü yüksekliğinin değişimine bağlı olarak AAT mikro-hidroelektrik üretiminin kaç meskenin elektrikliğini besleyebileceği incelenecek olursa Tablo 10 ve Tablo 11 elde edilir.

Tablo 10. Net yüksekliğin m durumunda AAT tarafından beslenebilecek mesken sayısı

Yıllar	Tahmini Üretililecek Güç (GWh/yıl)	AAT Mikro-hidroelektrik üretiminin kaç meskenin elektrikliğini besleyebileceği sayısı
2018	152,87	58.679
2020	172,68	66.283
2022	194,91	74.816
2024	220,28	84.554

Her iki tablo incelendiğinde yıllar ilerledikçe AAT tarafından beslenebilecek mesken sayısının arttığı görülmektedir. Düşü yüksekliğinin iki katına çıkmasının da beslenen mesken sayısını iki katına çıkaracağı sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 11. Net yüksekliğin 30 m durumunda AAT tarafından beslenebilecek mesken sayısı

Yıllar	Tahmini Üretililecek Güç (GWh/yıl)	AAT Mikro-hidroelektrik üretiminin kaç meskenin elektriğini besleyebileceği sayısı
2018	305,74	117.358
2020	345,36	132.566
2022	389,82	149.632
2024	440,55	169.104

4. SONUÇ

Bu çalışmada 2018-2024 yılları için AAT'den kaynaklı mikro-hidroelektrik üretiminde düşü yüksekliğinin 15 metre ve 30 metre olması durumlarında toplam hidroelektrik üretiminin mesken elektrik ihtiyacını karşılaması oranının ve karşılanacak mesken sayısının tahmini üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla yapılan nüfus ve debi tahminlerinde 2018-2024 yılları arasında ortalama % 2,73 oranında nüfus artış hızı tahmin edilirken, aynı yıllarda AAT'ler tarafından arıtılan atıksu miktarındaki artış oranının ise % 13 civarında olacağı görülmektedir.

Arıtılan atıksu miktarının nüfusa göre daha da artacağı tahmin edilmektedir. Düşü yüksekliğinin 15 metre ve 30 metre olması durumunda 2018-2024 yıllarında üretililecek mikro-hidroelektrik güç üretimi % 44 civarında artmaktadır. Ayrıca düşü yüksekliğinin 2 katına çıkmasının üretililecek gücü de iki katına çıkardığı görülmektedir. Elde edilen exponansiyel denkleme göre gelecek yıllarda Türkiye'de meskenlerde tüketilmesi tahmin edilen elektrik enerjisi oranlarının ortalama % 9,00 civarında artarak 2024 yılında 73.900 GWh/yıl olacağı tahmin edilmiştir. Bir evin yıllık toplam elektrik tüketimi 2.605,2 MWh/yıl olarak ele alındığında tüm meskenlerin enerji talebinin karşılanma oranı yüksekliğinin 15 metre olması durumunda en düşük % 0,267 iken, en yüksek % 0,298 olmuştur. Bu durum 30 metre olması durumunda en düşük % 0,535 en yüksek % 0,596 olarak elde edilmiştir. Düşü yüksekliğinin 15 metre olması durumunda 2024 yılında 84.554 adet meskenin, 30 metre olması durumunda ise 169.104 adet meskenin AAT'den kaynaklı mikro-hidroelektrik üretimi tarafından karşılanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle düşü yüksekliğinin artırılması durumunda toplam hidroelektrik üretiminin önemli oranda artacağı, buna bağlı olarak daha fazla meskenin elektrik ihtiyacının karşılanabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- [1]. S.O. Anaza, M.S. Abdulazeez, Y.A. Yisah, Y.O. Yusuf, B.U. Salawu and S.U. Momoh, "Micro Hydro-Electric Energy Generation- An Overview", AJER, p-ISSN : 2320-0936, vol. 6, issue. 2, pp. 05-12, 2017.
- [2]. I. Yuksel, H. Arman and I. H. Demirel, "The role of energy systems on hydropower in Turkey", International Conference on Advances in Energy Systems and Environmental Engineering (ASEE17), E3S Web Conf, vol 22, pp. 1-8, 2017.
- [3]. M. Aka, E.Kentel, S. Kucukali, "A fuzzy logic tool to evaluate low-head hydropower technologies at the outlet of wastewater treatment plants", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 68, Part 1, pp. 727-737, 2017.
- [4]. F. Martins and M. Smitková, "Mathematical modelling of Portuguese hydroelectric energy system", Energy Procedia, vol. 136, pp. 213-218, 2017.
- [5]. URL: <https://www.usbr.gov/power/edu/pamphlet.pdf>, (Erişim zamanı; Kasım, 20, 2018).
- [6]. URL: <https://www.brightengineering.com/fluid-mechanics-hydraulics/7066-principle-of-hydropower-generation/>(Erişim zamanı; Kasım, 22, 2018).
- [7]. N.F. Yah, A.N. Oumer and M.S. Idris, "Small scale hydro-power as a source of renewable energy in Malaysia: A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol 72, pp. 228-239, 2017.
- [8]. P.A. Michael and C.P. Javahar, "Design of 15 kW Micro Hydro Power Plant for Rural Electrification at Valara", 1st International Conference on Power Engineering, Computing and Control, PECCON-2017, Energy Procedia vol. 117, pp. 163-171, 2017.
- [9]. A. Tamrakar, S.K. Pandey and S.C. Dubey, "Hydro Power Opportunity in the Sewage Waste Water", American International Journal of Research in Science, Technology, Engineering & Mathematics, pp. 179-183, 2015.
- [10]. B. A. Nasir, "Design Considerations Of Micro-Hydro-Electric Power Plant", The International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES14, Energy Procedia, pp. 1-9, 2014.
- [11]. F. Manzano-Agugliaro, M. Taher, A. Zapata-Sierra, A. Juaidia and F. G. Montoya, "An overview of research and energy evolution for small hydropower in Europe", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 75, pp. 476-489, 2017.
- [12]. Eğri Uydurma Yöntemi, URL: www.yildiz.edu.tr/~nguzel/Egri_Uydurma_ve_En_Kucuk_Kareler_Yontemi.docx, Nuran Güzel, Ders Notları, (Erişim zamanı; Aralık, 15, 2018).
- [13]. TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, URL: www.tuik.gov.tr, Türkiye nüfusu, arıtılan atıksu miktarları, mesken elektrik tüketim değerleri, (Erişim zamanı; Kasım, 25, 2018).
- [14]. C. Karaca, "Güneş Ve Rüzgar Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi Sistemi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi," T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.