

## Küçük Hidrolik Santrallerde Kapasite Faktör Analizi ve Giresun Özelinde Bir Uygulama

### *Capacity Factor Analysis in Small Scale Hydropower Plants and a Practice Specific to Giresun*

Uğur SERENCAM\*

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 69000, Bayburt

• Geliş tarihi / Received: 10.04.2019

• Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 05.07.2019

• Kabul tarihi / Accepted: 08.07.2019

#### Öz

Enerji, minimum ölçekte canlı bedeninden büyük ölçekte sanayi tesislerine kadar hayatın her alanında sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliğin temel yapı taşıdır. Sanayileşmedeki gelişim sürecini hızla arttıran Türkiye’de, enerji ihtiyacı büyük ölçüde ithal fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Ancak özellikle son yıllarda artan çevre bilinci, ekonomik ve stratejik gerekçelerle, enerji açığının bir kısmının yerli, temiz ve güvenilir kaynak olan hidroelektrik santrallerden karşılamasına büyük önem verilmiştir. Ülkemizde 2017 yılında toplam olarak 295511 GWh elektrik üretilmiş olup, bunun 41368 GWh’lık miktarını (%14) büyük hidrolik santraller ve 17082 GWh’lık miktarını da (%5,78) küçük hidrolik santraller karşılamıştır. Bu çalışmada, Türkiye’de, artan enerji maliyetlerinin düşürülmesine yönelik çalışmalara küçük hidroelektrik santrallerin (KHS) katkısı irdelenmiş ve Giresun özelinde kapasite faktör analizi yapılmıştır. Bu sonuçlara göre Rezervuar alanı bulunmayan ve benzer özelliklerdeki hidroelektrik santrallerde, kapasite faktörü arttıkça santral yatırımının geri dönüş süresinin kısaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Enerji, Hidrolik Elektrik Enerjisi, Kapasite Faktör Analizi, Küçük Hidrolik Santraller

#### Abstract

Energy is the fundamental element of social and economic sustainability in every aspect of life, from the smallest living body to large scale industrial facilities. In Turkey rapidly increasing industrial development process lead to extensive energy demand, which is met largely from imported fossil sources. Especially in recent years, as a result of increasing environmental awareness and economic and strategic reasons, a portion of the energy deficit is fed from, clean and reliable hydroelectric power plants with great importance. In our country, a total of 295511 GWh electricity was produced in 2017. About 41368 GWh (14%) of the total amount was generated by large hydraulic plants and 17082 GWh (5.78%) by small hydraulic plants. In this study, small hydroelectric power (SHP) stations are considered to reduce the increasing energy cost and for this purpose SHP in Giresun are analyzed leading to private additives in the capacity factor analysis. According to the results it is possible to conclude that the time of power plant investment is shortened as the capacity factor increases in hydroelectric power plants.

**Keywords:** Energy, Hydraulic Electrical Energy, Capacity Factor Analysis, Small Hydraulic Plants

## 1. Giriş

Türkiye’de, hızlı nüfus artışı, gelişen ekonomi ve büyüyen sanayi yatırımlarına bağlı olarak enerji talebi hızla artmaktadır. Bu durum kısıtlı yeraltı ve yerüstü kaynaklarına sahip ülkede enerji açığı sorununu ortaya çıkartmaktadır. İhtiyaç duyulan enerjinin temini için çeşitli seçenekler aranarak enerji maliyetlerini düşürmek ve belirli ülkelere bağımlılığı azaltmak için tedarik yollarında çeşitlendirici önlemler alınmaktadır. Ülkemizde 2016 yılı itibarıyla tüketilen 136,230 bin ton petrol eşdeğeri (ktoe) enerjinin sadece %26’sını (35,374 ktoe) kendi öz kaynaklarından tedarik etmektedir. Aradaki 100,856 ktoe miktarındaki enerji açığı dış kaynaklardan temin edilmektedir. İthal edilen enerjinin %29,36’sı petrol, %27,9’u doğalgaz, %16,8’i taş kömürü gibi fosil kaynaklardır. Enerji temininde yaklaşık %70 oranında dışa bağımlı olan Türkiye artan ihracat gelirlerinin önemli bir kısmını ithal edilen enerjiye harcamaktadır. Enerjide dışa bağımlılığın yüksek olması, ithalat ve ihracat dengesini olumsuz etkilemekte, bütçe açıklarına meydan vermesinin yanında stratejik olarak da bağımlılığa neden olarak uluslararası karar mekanizmalarında ülkenin elini zayıflatmaktadır. Özellikle, güçlü enerji kaynakları olan ülkeler bu üstünlüklerini politik faydalara dönüştürmek için sürekli bir çaba içerisinde olmaktadır. Bu nedenlerle fosil kaynakların kısıtlı olduğu ülkemizde hidrolik potansiyelin değerlendirilmesine büyük önem verilmektedir. Hidrolik enerji kaynaklarının

yenilenebilir olması, tesis kurulumunda makine ve teçhizatın az olması nedeni ile işletme ve bakım masraflarının diğer enerji santrallerine göre çok daha az olması, enerji üretim aşamalarının hiç birinde çevreye zararlı bir gaz ve atığın bırakılmaması ve en önemlisi de dışa bağımlılığı azaltarak ülkenin stratejik üstünlüğüne katkı sağlaması gibi nedenlerle güvenilir enerji olan hidroelektrik enerjiye özellikle son yıllarda büyük önem verilmektedir (Ürker ve Çobanoğlu, 2017; Yuksel, 2013; Koralay vd., 2018).

Türkiye’de özellikle son yıllarda enerjide dışa bağımlılığı azaltma çalışmaları çerçevesinde kurumsal ve yasal düzenlemeler yapılarak yenilenebilir enerji yatırımlarına önemli teşvikler verilmiştir. Bu çalışmalar neticesinde önemli ithalat kalemlerinden olan kömür ve doğalgaz yakıt olarak kullanan santrallerin kurulu güç içerisindeki payı 2017 Mayıs itibarıyla 2016 yılına göre düşürülmüş, ortaya çıkan enerji açığı büyük oranda yenilenebilir öz kaynaklardan giderilmiştir. Her ne kadar kömür ve doğalgaz kullanan santrallerin üretim kapasiteleri enerji ihtiyacına bağlı olarak artmış olsa bile toplam kurulu güç içerisindeki paylarında azalma olmuştur. Ülkemizde, kömür havzalarının değerlendirilerek daha verimli işletilmesine yönelik yapılan çalışmalar çerçevesinde termik santrallerde ithal kömürün payı düşürülerek yerli kömür kullanım oranının artırıldığı gözlemlenmiştir (Tablo 1 ve 2) (Karagöl vd., 2016; URL-1, 2018).

**Tablo 1.** Türkiye’nin kaynaklara göre elektrik kurulu gücü [URL-1, 2018]

BİRİNCİL ENERJİ KAYNAĞI	KURULU GÜÇ	
	(MW)	Payı (%)
İthal Kömür	8793.9	
Taş Kömür & Asfaltiti	782.5	
Linyit	9090.1	
Sıvı Yakıt	303.6	
Çok Yakıtlı (Katı & Sıvı)	682.9	
Çok Yakıtlı (Sıvı & D. Gaz)	3433.6	
Doğalgaz	23205.7	
<b>Termik Toplam</b>	<b>46292.1</b>	<b>54.33</b>
Biokütle	634.2	
Rüzgâr	6516.2	
Güneş	3420.7	
Barajlı HES	19776.0	
Akarsu HES	7497.1	
Jeotermal	1063.7	
<b>Yenilenebilir Toplam</b>	<b>38907.9</b>	<b>45.67</b>
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>85200</b>	<b>100.00</b>

Bu çalışmada, ülkemizde özellikle son yıllarda kur artışına bağlı olarak artan enerji maliyetlerinin ülke ekonomisine vereceği zararın azaltılmasına

yönelik olarak en önemli yerli kaynaklardan biri olan küçük hidroelektrik santrallerin (KHS) ulusal elektrik üretimine olan katkısı tartışılarak,

hidroelektrik santral planlamalarında belirleyici kriterlerden biri olan kapasite faktör analizinin Giresun özelinde irdelenmesi yapılmaktadır.

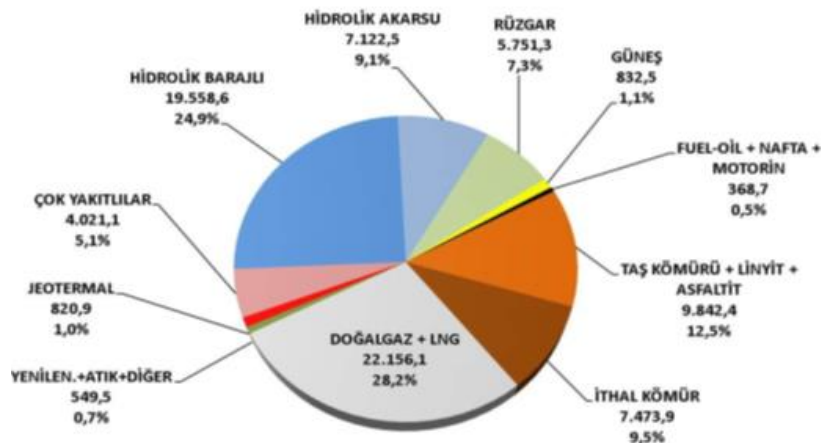
Türkiye'nin elektrik üretimi, tüketimi ve hidroelektrik potansiyeline bakıldığında fosil yakıt rezervleri hızla azaldığı görülmektedir. Dünya'da ise kömür yataklarının yaklaşık 100 yıl, petrol ve doğalgaz yataklarının ise yaklaşık 50 yıl sonra tükeneceği öngörülmüyor. Rezervlerin kritik seviyelere düşmesi enerji arz güvenliğini tehdit etmekle kalmamaktadır. Fosil yakıtların yakılması suretiyle enerji elde edilmesi sonucunda, hava kirliliği başta olmak üzere küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi olumsuz etkiler de ortaya çıkmaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına artan ilgi dünyamızın geleceği adına umut vericidir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidroelektrik, alternatifleri arasında kendisini benzersiz ve vazgeçilemez kılan birtakım özelliklere sahip olması sebebiyle ön plana çıkıyor. Gerek işletme ve bakım maliyetlerinin düşüklüğü gerek pik taleplerin karşılanması noktasındaki başarısı gerekse enerjiyi depolamak gibi eşsiz bir özelliğe sahip olması hidroelektrik santralleri ayrıcalıklı bir yere taşımaktadır (Kaygusuz, 2018; URL-4, 2018; DSİ, 2017).

Türkiye'de 2016 yılı sonu itibarıyla toplam 273,387 milyar kWh elektrik üretilmiştir. Bu üretimde ilk sırayı, %67,6'lık bir orana karşılık gelen 184,889 GWh'la termik santraller almaktadır. Bunu sırasıyla, %24,6'sına karşılık gelen 67,268 GWh'la hidroelektrik santrallerden ve %7,8'ine karşılık gelen 21,230 GWh'i de yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Yine aynı dönemde ülkemizin elektrik enerjisi tüketimi ise 278,3 milyar kWh'tır. Son 15 yılda, Türkiye'deki yıllık elektrik enerjisi tüketiminin

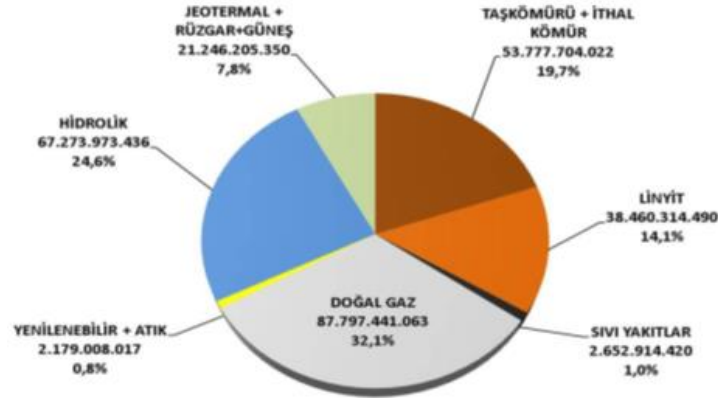
artış hızı ortalaması %5,4 seviyesinde gerçekleşmiştir. 2002 yılındaki elektrik tüketimimiz 132,6 milyar kWh olup, bu tüketim miktarı hızlı sanayileşme ve kentleşmeye bağlı olarak 2016 yılında 2 kattan fazla artışla 278,3 milyar kWh'e ulaşmıştır. Aynı şekilde elektrik enerjisindeki talep artış oranı 2014'te %4,4, 2015'te %3,3 iken, 2016 yılında %4,7 olarak gerçekleşmiştir (Ürker ve Çobanoğlu, 2017).

Ülkemizde, özellikle 2009 yılından sonra yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar ve teşviklerle, 2016 yılı sonu itibarıyla toplam 273,387 GWh olan elektrik üretimimizin içerisindeki yenilenebilir enerji payında önemli artışlar olmuştur. 2002 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr ve jeotermal bazlı üretimimizin payı 153 GWh'la toplam üretimin yaklaşık %0,1'ine karşılık gelirken, bu oran 2016 yılı sonu itibarıyla, özel önem verilip önemli yatırımlarla desteklenen güneş enerjisinin de dâhil olmasıyla birlikte 21,230 GWh miktarıyla %8 seviyesine ulaşmıştır. Türkiye'de 2016 yılı sonu itibarıyla toplam elektrik üretiminde %67,6 ile ilk sırada olan termik santrallerden üretilen elektrik enerjisinin %33,74'lik kısmının ham maddesi kömür kaynaklı iken, %32,1'lik kısmı ise önemli bir kısmı ithal edilen doğal gaz + LNG kaynaklıdır. (Şekil 1 ve 2).

Ülkede, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisine yönelik verilen teşvikler neticesinde, rüzgâr santrallerinde üretilen elektriğin toplam üretimdeki payı 2014 yılında %3,4 iken, bu oran 2016 yılı sonu itibarıyla %5,7'ye ulaşmıştır. Ancak rüzgâr gücü ile kıyaslandığında, hidroelektrik santrallerin daha yüksek oranda elektrik üretme potansiyelleri vardır (ETKB, 2017; URL-2, 2018).



Şekil 1. Türkiye'de elektrik enerjisi kurulu gücü (URL-2, 2018)



Şekil 2. Türkiye’de elektrik üretimi ve tüketimi (URL-2, 2018)

Türkiye’nin toplam ve teknik olarak yapılabilecek (fizibil) hidroelektrik potansiyel değerleri, sırasıyla 435 ve 215 TWh’tır; ekonomik olarak kullanılabilir hidroelektrik potansiyeli ise DSİ tarafından 128 TWh olarak tahmin edilmektedir. Türkiye’de bir tesisin fizibilitesi yapılırken kullanılan ölçütlerde ilk kurulum santral maliyetleri çok önemli bir ölçüt olarak değerlendirilmekte olup bu yaklaşım hidroelektrik santrallere yatırımcı ilgisini azaltmaktadır. Fizibilite çalışmalarında, hidroelektrik santrallerin alternatif olarak termik santraller ön plana çıkmakta ancak termik santrallerin hammadde maliyetleri ve çevreye verdiği zarar göz ardı edilmektedir. Hidroelektrik santrallerin her ne kadar yüksek kurulum maliyetleri olsa da doğru bir vadi planlaması ve üretim yönetimi ile bu maliyetler kısa sürede amorti edilebilir. Çünkü hidroelektrik santrallerde üretilen enerjide yakıt sınırsız olup maliyeti yoktur. Bu özellik sürekli ekonomik dalgalanmaların etkisi altında bulunan ithal fosil yakıtlara göre çok önemli bir üstünlüktür. Ayrıca sıfır karbondioksit (CO<sub>2</sub>) salınımı olan hidroelektrik santrallerde, güneş sınırlamaları, meteorolojik hava koşullarının da etkisi yok denecek kadar azdır. Termik santrallerde ise, kurulum dışı maliyetlerinin yanı

sıra sebep oldukları çevre sorunlarının giderilmesi için gereken harcamalar, santral kurulumu için harcanan maliyetlerinin en az %30’udur. Bu analiz ve kıyaslamalar yapılırken hidroelektrik santraller lehine hususlar yeterince dikkate alınmamaktadır. Ekonomik ve teknik fizibilite çalışmalarının sağlıklı yapılabilmesi durumunda, kurulum maliyetleri %20-25 daha fazla olan hidroelektrik santraller bile termik santrallere göre daha fizibil olacaktır. Buna santral dışı maliyetlerin de eklenmesi durumunda bu oran %40-45 gibi belirgin bir düzeye çıkmaktadır. Bu yeni kriterlere göre Türkiye’nin yıllık ekonomik olarak kullanılabilir hidroelektrik potansiyeli DSİ’nin tahmini olan 128 TWh’tan %40 daha fazla olarak 180 TWh olarak hesaplanabilecektir (URL-3, 2018; Buttanrı, 2006).

Türkiye’de de KÖS çalışmaları çok yoğun bir şekilde devam etmektedir. Bu konuda devlet yatırımlarının yanında, elektrik alım garantisi verilen özel sektör de büyük yatırımlar yapmaktadır. Ülkemizde 2017 tarihi itibarıyla, hidroelektrik tesislerin durumu Tablo 3’de görülmektedir (Buttanrı, 2006; Kaygusuz, 2018; URL-4, 2018)

Tablo 2. Hidroelektrik potansiyelin proje aşamalarına göre dağılımı (URL-4, 2018)

HES Aşaması	HES Adedi	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Toplamdaki Payı (%)
İşletmede	623	27377	96026	53.4
İnşa Halinde	59	5231	15373	8.5
İnşaata Henüz Başlanmayan	1116	22383	68601	38.1
Toplam	1798	54991	180000	100

Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü’nce hazırlanan faaliyet raporunda, 2017 yılı sonu itibarıyla Türkiye’de hali hazırda işletmede bulunan 623 adet hidroelektrik santralının toplam

kurulu gücü 27,377 MW olup, yıllık ortalama üretimi ise 96026 GWh’tır. Bu miktar ülkede geliştirilen 180,000 GWh yıllık hidroelektrik potansiyelin yaklaşık %53,4’üne karşılık

gelmektedir. Diğer taraftan, 5,231 MW bir kurulu güç elde edilecek ve toplam potansiyeli %8,5 olan 15,373 GWh/yıl'lık üretim kapasitesine sahip olacak 59 adet HES halen inşa halinde bulunmaktadır. Türkiye, geriye kalan 68,601 GWh/yıl'lık hidrolik potansiyelini kullanarak 22,383 MW kurulu güç elde edebilmek için ileride 1116 HES yapılacaktır. Böylelikle Türkiye'nin toplam hidroelektrik santral sayısı 1798'e, kurulu gücü 54,991 MW'a ve nihayetinde ülkenin hidrolik kapasitesi olan yıllık toplam 180,000 GWh'lık bir üretim hedefine ulaşması sağlanacaktır (Aksungur, 2011). Hidroelektrik santral imalatları sırasında aktarılan bütçeler ve kullanılan kredilerin bir maliyeti vardır ve kısa süre içerisinde elde edilecek fayda ile maliyetler finanse edilmelidir. Türkiye'de hidroelektrik santrallerinde kapasite faktörü ortalaması %37 olup bu oran dünyada %44 tür (URL-5, 2018)

Bu çalışmada küçük hidrolik santrallerin Türkiye elektrik üretimine katkısı hakkında bilgi verildikten sonra, hidroelektrik santrallerin planlanmasında ana etmenler olan nominal tepe gücün kurulu güce oranı ile elde edilen ve diğer santrallerle kıyaslamada belirleyici rollerden biri olan Kapasite Faktörü Analizi Giresun özelinde yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmada, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Trabzon Bölge Müdürlüğü'nden alınan ve Giresun İli'nde bulunan küçük hidroelektrik santrallerin (1 MW–15 MW) kurulu güç ve toplam enerji verileri kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde hidroelektrik santrallerin kıyaslanmasında belirleyici parametrelerden biri olan kapasite faktöründen yararlanılmıştır. Bu bağlamda aşağıda Kapasite Faktörü eşitliği verilmiştir.

$$\text{Kapasite Faktörü (\%)} = \frac{(\text{Toplam Enerji}^{\text{(MWh)}}_{\text{365Gün}})}{(\text{Kurulu Güç (MW)} \times 24 \text{ Saat})} \quad (1)$$

Hesaplanan Maliyet Analizine göre 1 MW gücünde ve bu gücü üretebilecek debi ve hıza sahip bir akarsuyun üzerine kurulan rezervuar (biriktirme haznesi) alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi (KÖH) Enerji Santraline göre hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda aşağıda sıralanan veriler esas alınmıştır:

- İlk Yatırım Bedeli: 1,250 €/kW (Yatırım Bedeli ve Lisans Bedelleri dâhildir)
- Günümüzde türbin fiyatı 750–1,200 €/kW'tır. Ortalama 1,000 € alınmıştır

- Montaj bedeli + diğer masraflar (debi analizi, projelendirme v.s) yaklaşık %25: 250 €/kW
- Toplam kurulum bedeli: 1,250 €/kW olarak alınmıştır.
- Elektriğin Devlete Satış Bedeli: 0.055 Euro/kWh (2018 B.F.)

## 3. Bulgular

Materyal-Metot 'da verilen bilgiler kullanılarak; 1 MW gücünde bir küçük hidroelektrik santralin toplam ilk yatırım bedeli: 1,250 €/kW \* 1000 kW= 1,250,000 Euro olarak hesaplanmıştır. Tablo 3'ün dördüncü sütununda her bir hidroelektrik santralin yatırım bedeli toplam kurulu güç ile 1,250,000 Euro çarpılarak elde edilmiştir. Hidroelektrik santralde üretilen elektriğin yenilenebilir enerji kaynağı kapsamında satılması durumunda satış bedeli: 0.055 Euro/kWh'tır. İşletme maliyeti ise yaklaşık olarak 0.010 Euro/kWh'tır. Üretilen elektriğin kârı: 0.055-0.010=0.045 Euro/kWh bu da (45 Euro/MWh) olur. Bu bedel yıllık toplam enerji miktarı ile çarpılarak Tablo 3'ün beşinci sütununda sunulmuştur. Sütun altında belirtilen geri dönüş süresi ise santral bedelinin yıllık kara bölümü ile elde edilmiştir. Tablo 3'ün yedinci sütununda ise enerji maliyeti, santral bedelinin toplam enerjiye bölünmesi ile elde edilmiştir.

Tüm yatırım araçlarında olduğu gibi enerji yatırımlarındaki amaç yapılan yatırımın en kısa sürede geri dönmesi ve yatırımcıyı kâra geçirmesidir. Yatırımlar yapılırken kullanılan krediler de göz önüne alındığında geri dönüş süresinin önemi daha da artmaktadır. Hidroelektrik santrallerin teknik özellikleri ve performansları göz önüne alındığında santrallerin kapasite faktörlerinin yüksek kurulu güce sahip bölgelerden doğrudan etkilendiği görülmektedir. Uygulamamızda Giresun İli'nde bulunan ve planlaması yapılan KHS'lerin listesi Tablo 3'te sunulmuştur. Bu santrallerin depolamasız olması ve diğer teknik unsurlarının da benzer olması nedeni ile bu santralleri kendi içlerinde kapasite faktörü esas alınarak sınıflandırılır. Bu sınıflandırmada kapasite faktör ortalaması olup 37.77 değerinin yaklaşık Türkiye ortalamasında olduğu, ortalama enerji maliyetinin 40.17 (€/KWh) olduğu, yatırımların ortalama geri dönüş süresinin de 8,94 yıl olduğu hesaplanmıştır. Tablo 3'deki veriler kullanılarak Şekil 3 elde edilmiş olup Giresun'daki küçük HES yatırımlarının geri dönüş süresi ile kapasite faktörleri arasındaki bağlantıyı gösterir ilişki ortaya çıkarılmıştır. Şekil 3 santrallerin kapasite faktörleri artınca yatırımın geri dönüş süresinin azaldığını ortaya koymuştur.

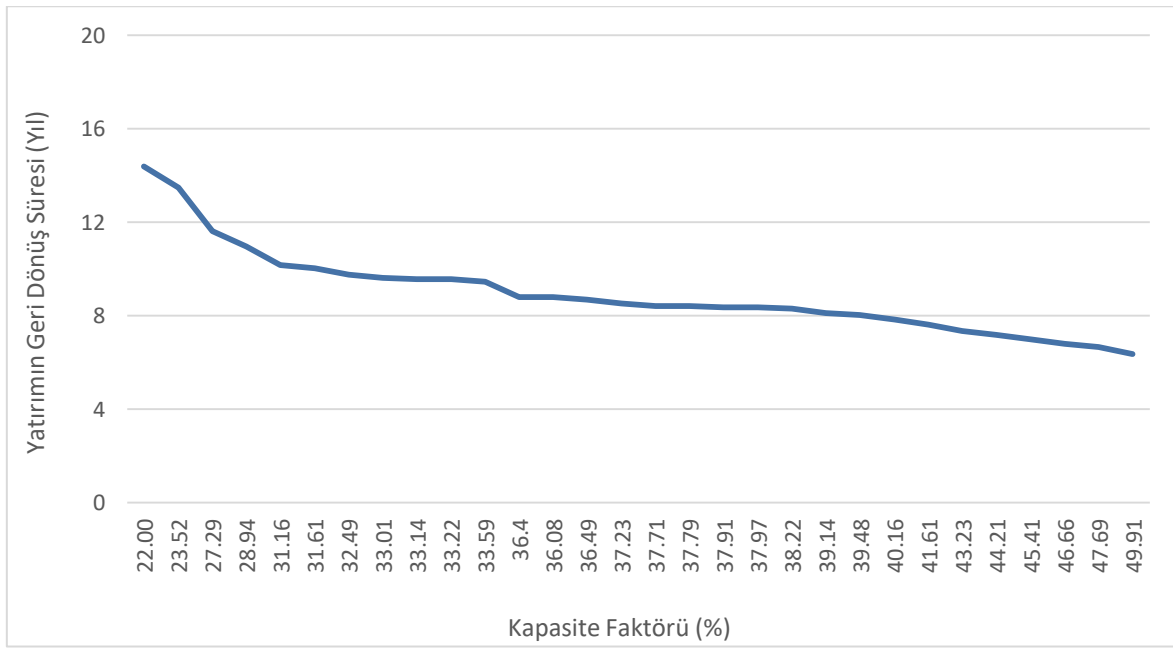
Bu çalışmadaki amaç, Giresun İli'nde yapılacak HES imalatlarında imalat önceliğinin yüksek kapasite faktörüne sahip HES'lere verilerek

yatırımın geri dönüş süresinin kısaltılması ile kısıtlı bütçesi olan yatırımcı ve ülke ekonomisine daha fazla katkının sağlanmasıdır.

**Tablo 3.** Giresun İlindeki küçük HES'lere ait teknik veriler ve kapasite faktörü hesabı

Hidroelektrik Santralin Adı	Kurulu Güç (MW)	Toplam Enerji (MWh)	Santral Bedeli (€)	Yıllık Kar (€)	Geri Dönüş Süresi (Yıl)	Enerji Maliyeti (€/KWh)	Kapasite Faktörü (%)
Moran	5.75	11110.00	7187500	499950	14.38	0.65	22.06
Akköy II	7.33	15100.00	9162250	679500	13.48	0.60	23.52
Güce	10.57	25270.00	14212500	1137150	11.62	0.52	27.29
Yiğit	7.54	19114.00	9425000	860130	10.96	0.49	28.94
Serhat	9.10	24840.00	11375000	1117800	10.18	0.46	31.16
Çalıkobası	8.28	22920.00	10350000	1031400	10.04	0.45	31.60
Tokmadin	3.57	10160.00	4462500	457200	9.76	0.44	32.49
Delisava	4.88	14110.00	6100000	634950	9.61	0.43	33.01
Merek	9.18	26650.00	11475000	1199250	9.57	0.43	33.14
Yüce	10.57	30750.00	13212500	1383750	9.55	0.43	33.22
Gelen	6.56	19300.00	8200000	868500	9.44	0.42	33.59
Soğukpınar	8.90	28100.00	11125000	1264500	8.80	0.40	36.04
Gecür	3.23	10200.00	4037500	459000	8.79	0.40	36.08
Yumruktepe	13.68	43720.00	17100000	1967400	8.69	0.39	36.49
Ekere	4.18	13620.00	5225000	612900	8.53	0.38	37.23
Kızılev	11.49	37950.00	14362500	1707750	8.41	0.38	37.70
Üçgen 2	10.22	33815.00	12775000	1521675	8.40	0.38	37.79
Arpacık	3.77	12520.00	4712500	563400	8.36	0.38	37.91
Telli I	9.10	30270.00	11375000	1362150	8.35	0.38	37.97
İlimsu	4.57	15300.00	57125000	688500	8.30	0.37	38.22
Vanazit	2.66	9120.00	3325000	410400	8.10	0.36	39.14
Kanat	13.30	46000.00	16625000	2070000	8.03	0.36	39.48
Köprübaşı	5.70	20200.00	7125000	909000	7.84	0.35	40.46
Karaca	3.01	19978.00	3762500	494010	7.62	0.34	41.61
Çanakçı I	6.00	22720.00	7500000	1022400	7.34	0.33	43.23
Adadağı	4.70	18198.00	5875000	818910	7.17	0.32	44.20
Çay Reg.	10.05	39980.00	12562500	1799100	6.98	0.31	45.41
Akköy	14.07	57510.00	17587500	2587950	6.80	0.31	46.66
Kıran	9.74	40690.00	12175000	1831050	6.65	0.30	47.69
Kahraman	1.52	6650.00	1900000	299250	6.35	0.29	49.91
				Ortalama	8.94	40.17	37.77





Şekil 3. Yatırım geri dönüş süresinin kapasite faktörleri ile karşılaştırılması

#### 4. Sonuçlar ve Tartışma

Ülkemiz özellikle fosil kökenli enerji kaynakları bakımından oldukça fakir olup, 2016 yılında kullandığı toplam enerjinin %76'sını dışarıdan ithal etmiş ve bunun için 54,6 milyar dolarlık bir ödeme yapmıştır. Bu durumun önüne geçmek için temiz ve çevre dostu olarak bilinen yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesine daha büyük önem verilmelidir. Dışa bağımlılığı azaltarak güvenli, sürdürülebilir bir enerji yönetimi ilkesi benimsenmelidir. Ancak, enerji üretim tesisleri planlanırken ve yapım aşamalarında, tesisin kurulacağı alanlardaki tabiat florasının devamlılığı, su ekosisteminin ve canlı su ihtiyaçlarının karşılanabilmesi de düşünülmelidir. Bunun içinde özellikle suyun yönü ve yeri değiştirilerek kurulacak nehir tipi hidroelektrik santrallerin planlamalarında, akarsu yatağına bırakılacak kuyruk suyunun miktarının doğal yaşam döngüsünü devam ettirecek miktarda olmasına azami özen gösterilmelidir.

Günümüzde ticari rekabetin artmasına paralel olarak küresel piyasalarda meydana gelen dalgalı ekonomik veriler enerji fiyatlarını yukarı çekmektedir. Bu durum, özellikle son yıllarda enerjiye olan talebi yıllık ortalama %8 artan ülkemizde, dışa bağımlılığı azaltmak ve enerjiye dayalı döviz kaybını en aza indirmek için yapılan çalışmalarda pek çok açıdan faydalı olan yerli kaynakların küçük hidroelektrik santrallerine (KHS) daha büyük önem verilmesine neden olmuştur. KHS'ler kapasiteleri (<10 MW) olduğundan, ilk yatırım maliyetleri, işletme ve

bakım giderleri barajlara göre çok daha hesaplıdır. Bu durum birçok yatırımcının dikkatini çekmiş, devletin verdiği enerji alım garantileri de (KHS) daha önce hiç santral yapmamış yatırımcıları da bu kulvara itmiştir. Ancak KHS inşaatları konusunda daha önce deneyimi bulunmayan yatırımcıların projelerin fizibilite, tasarım ve inşaat aşamalarında gerekli teknik çalışmaları çok hassas bir şekilde yerine getirmeli, yapılacak imalatlar esnasında santralin en verimli bir şekilde enerji üretimi temin edilirken çevre hassasiyeti de göz ardı edilmemelidir. Teknik ve çevresel faktörleri dikkate alarak planlanan küçük hidroelektrik santraller ülke ekonomisine önemli ölçüde katkı sağlayabilirler. Sonuç olarak:

- Kurulum alanı küçük birikme haznesiz HES'ler giderek önem kazanmaktadır.
- Doğru projelendirilen HES'ler nehirlerin biyolojik ve morfolodinamik sürekliliğini kesintiye uğratmazlar.
- İlk yatırım ve işletme maliyetlerinin düşüklüğü nedeniyle HES'lerin birim enerji maliyetleri çok düşüktür,
- HES'lerde yakıt kullanılmadığından CO<sub>2</sub> salınımı yoktur,
- Türkiye'de enerji ithalat giderlerinin azaltılması için HES'lerin yapımına ağırlık verilmiştir.
- HES imatları yapılırken vadi planlamaları dahilinde belirlenen HES'lerin enerji üretim miktarlarının kapasite faktörleri ve kurulu güç miktarları ile değerlendirilerek en kârlı olanına yapım önceliği verilmelidir.

Türkiye'nin brüt yüzeysel su potansiyeli yıllık yaklaşık  $186 \times 10^9$  m<sup>3</sup> kadardır. Bu potansiyelin yaklaşık  $126 \times 10^9$  m<sup>3</sup>'ü enerji üretiminde kullanılabilir durumdadır. 2017 yılı verilerine göre bunun yalnızca %35'i değerlendirilebilmektedir. Ancak, ülkemizin mevcut su potansiyeli, küresel iklim değişiklikleri, ekonomik ve teknik ilerlemeler dikkate alınarak güncellenmelidir.

### Kaynaklar

- Aksungur, M., Ak, O., Özdemir, A., 2011. The effect on aquatic ecosystems of river type hydroelectric power plants: the case of Trabzon-Turkey, *Journal of Fisheries Sciences.com*, 5(1), 79-92.
- Buttanrı, B., 2006. Türkiye'de Küçük Hidroelektrik Santrallerin Tarihsel Gelişimi ve Bugünkü Durum, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 234s.
- DSİ, 2017. 2017 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, Türkiye.
- ETKB, 2017. Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Ankara, Türkiye.
- Karagöl, E.T. Kaya, S. ve Koç, Y.E., 2016. 2016'da Türkiye, SETA Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı Yayınları, 253-264, İstanbul, Türkiye.
- Kaygusuz, K., 2018. Small hydropower potential and utilization in Turkey, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 7(1), 791-798.
- Koralay, N., Kara, O., Kezik, U., 2018. Effects of run-of-the-river hydropower plants on the surface water quality in the Solakli stream watershed, Northeastern Turkey, *Water and Environment Journal*, 32(3), 412-421.
- URL-1, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Enerji-ve-Tabii-Kaynaklar-Gorunimleri>. 8 Ekim 2018.
- URL-2, [http://www.emo.org.tr/ekler/da44881c9619855\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/da44881c9619855_ek.pdf). 8 Mayıs 2018.
- URL-3, <http://ressiad.org.tr/makaleler.php?ID=20>. 18 Temmuz 2018.
- URL-4, [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu2018\\_2\\_0.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu2018_2_0.pdf). 8 Mayıs 2018.
- URL-5, [www.temsan.gov.tr](http://www.temsan.gov.tr). 8 Mayıs 2018.
- Ürker, O. ve Çobanoğlu, N., 2017. Türkiye'de hidroelektrik santraller'in durumu (HES'ler) ve çevre politikaları bağlamında değerlendirilmesi, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 65-88.
- Yuksel, I., 2013. Renewable energy status of electricity generation and future prospect hydropower in Turkey, *Renewable Energy*, 50, 1037-1043.