



International Journal of Engineering and Innovative Research

<http://dergipark.gov.tr/ijeir>

TÜRKİYE'DEKİ RÜZGÂR VE HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: SÖYLEMEZ HES VE İNTEPE RES ÖRNEĞİ

Esin ACAR¹ 

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Borçka Acarlar MYO, İnşaat Bölümü, Artvin, Türkiye.

*Sorumlu Yazar: esin.acar@artvin.edu.tr

(Received: 10.03.2020; Revised: 01.04.2020 Accepted: 13.04.2020)

ÖZET: Enerjiye olan talebin arttığı son yıllarda enerji üretim santralleri önem kazanmıştır. Bu çalışmada temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları olan rüzgâr elektrik santrali (RES) ve hidroelektrik santrali (HES) değerlendirilmiştir. Bu santrallerin ortak özelliklerinin yenilenebilir enerji kaynakları olmasına rağmen maliyetleri, yapım şartları, ekonomik analizleri, inşaat süreleri ve çevresel etkileri farklılık göstermektedir. Bu belirtilen farklılıklara göre kıyaslama yapılarak analizler ortaya konulmuştur.

Çalışmada kullanılan santrallerden, işletmede olan Çanakkale ilindeki İntepe Rüzgâr Santrali ile Devlet Su İşleri tarafından planlama aşamasında olan Erzurum ilindeki Söylemez Hidroelektrik Santrali hakkında bilgi toplanarak çalışmalar yapılmıştır. Projeler değerlendirildiğinde yaklaşık aynı kurulu güce sahip santrallerin enerji üretim miktarlarının farklılık gösterdiği tespit edilmiş ve bu farklılık kapasite faktörüyle açıklanmıştır. Ayrıca; projelerin verimlilik değerleri, birim maliyetleri, yatırım maliyetleri, inşaat ve üretim sırasındaki çevresel etkileri karşılaştırılarak değerlendirilmiş ve aynı zamanda kurulum ve işletme maliyetleri de belirtilerek aralarındaki farklar irdelenmiştir.

Bu değerlendirmeler sonucunda hidroelektrik santralin birim enerji üretimi için maliyeti, rüzgâr santralinkinden daha düşük, yatırım maliyetinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Rüzgâr santralinin inşaat süresi daha az olduğu için daha kısa sürede işletmeye alınarak enerji katkısını daha erken sağlamakta iken enerji başına düşen birim maliyeti hidroelektrik santrale göre daha yüksektir. Projelerin verimlilik değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. İşletme ve bakım maliyetleri HES projelerinde daha düşük iken, çevresel etkilerinin RES projelerine göre biraz daha fazla olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Rüzgâr Santrali, Hidroelektrik Santrali, Çevresel Etkiler.

Comparison of Wind and Hydroelectric Energy Potential in Turkey and Evaluation of Environmental Impact: Söylemez HEPP and Intepe WPP Example

ABSTRACT: Energy production plants have gained importance in recent years when the demand for energy has increased. In this study, wind power plant (RES) and hydroelectric power plant (HEPP), which are clean and renewable energy sources, were evaluated. Although the common characteristics of these plants are renewable energy sources, their costs, construction conditions, economic analysis, construction times and environmental effects differ. Analyzes were made by comparing these differences.

From the power plants used in the study, information was collected about the İntepe Wind Power Plant in Çanakkale province and the Söylemez Hydroelectric Power Plant in Erzurum province, which is in the planning phase. When the projects are evaluated, it is determined that the energy production amounts of the plants with

approximately the same installed power differ and this difference is explained by the capacity factor. Also; The efficiency values of the projects, unit costs, investment costs, environmental effects during construction and production were compared and evaluated at the same time, and the differences were analyzed by specifying the installation and operating costs.

As a result of these evaluations, it has been concluded that the cost of the hydroelectric power plant for unit energy production is lower than that of the wind power plant and the investment cost is higher. Since the wind power plant's construction time is less, it is commissioned in a shorter time, while providing energy contribution earlier, the unit cost per energy is higher than that of the hydroelectric power plant. It has been seen that the efficiency values of the projects are very close to each other. While operation and maintenance costs were lower in HEPP projects, it was observed that their environmental impact was slightly higher than RES projects.

Keywords: Renewable Energy, Wind Power Station, Hydroelectric Power Station, Environmental Effects.

1. GİRİŞ

Enerji yaşamımızın vazgeçilmez bir unsurudur. Teknolojide ki gelişmeler ve insanoğlunun ihtiyaçları doğrultusunda enerjiye olan talep te gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle, şimdiden gelecekteki enerji sıkıntılarını yaşamamak için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Enerji tüketimine paralel olarak çevre kirliliği ve atmosferimizdeki sera gazı etkisi de hızla artmaktadır. Buna çözüm olarak, dünyamızda yenilenebilir temiz enerji kaynaklarına yönelim mevcuttur.

Bu çalışma, ülkemizin gelecekteki en büyük sıkıntılarında olacak enerji konusunun günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları ile aşılabileceğini vurgulamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları olan rüzgâr ve hidrolik enerjilerinin Türkiye'deki potansiyelleri ve örnek projeler ile de birbirleriyle maliyet ve çevresel etkileri açısından karşılaştırılması esas alınmıştır. Ayrıca ülkemizdeki enerji potansiyelleri belirlenmiş, rüzgâr ve hidroelektrik enerji potansiyelleri kendi içlerinde değerlendirilerek, birbirleri arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma kriterleri; yapım ve enerji üretim maliyetleri, çevreye olan zararlı etkileri, yapım süreleridir. Birçok enerji kaynağı bulunmakla birlikte, herhangi bir kaynağın diğerine tercih sebebi; ekonomik, çevreye olan zararının en az, uzun vadeli ve yenilenebilir olmasına bağlıdır.

2. METOT

Çalışmada kullanılan materyaller mevcut ve gerçekleşmesi planlanan projelere ait veri değerleri olup, hidroelektrik ve rüzgâr enerji santralleridir. Bu projelerden İntepe RES özel bir firma tarafından işletilmekte olan Çanakkale ilinde bulunan bir rüzgâr santrali ve Söylemez HES ise Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünce Planlama raporu hazır olan Erzurum ilinde bulunan bir projedir. Bu iki projenin seçilmesindeki ana amaçlardan birisi kurulu güç değerlerinin birbirlerine yakın olmasıdır. Bu santral projelerinin çevresel avantaj ve dezavantajları, maliyetleri ile mali karşılaştırmaları ve enerji üretimlerine göre ekonomik değerlendirmeleri doğrultusunda çalışmalar yürütülmüştür.

Çalışmada kurulu güç değerleri birbirine yakın projeler kullanılmış olup;

Kurulu güç değeri kurulacak olan hidroelektrik santralin üretebileceği enerji için gereken gücü ifade eder. Kurulu güç hesabı yapılırken kanal, tünel ve cebri borudan geçecek olan optimum debi değeri kullanılır [1].

Optimum debiye göre kurulu güç şu şekilde ifade edilir;

$$\text{Kurulu güç} = 9.81 \times Q_{\text{Optimum}} \times H_{\text{net}} \times \text{türbin verimi} \times \text{jeneratör verimi} \quad (1)$$

Kurulu gücün birimi kW olarak hesaplanmaktadır.

Optimum debi (Q_{Optimum}) projede optimizasyon yapılarak bulunmaktadır. Yani en ekonomik kanal ya da tünel kapasitesinin bulunması hedeflendiği için, hidroelektrik santral için kurulacak bütün tesislerin maliyetleriyle, debiye karşılık gelen kurulu güç değerleri ve enerji üretimleri arasında değerlendirme yapılarak bulunur [1].

Tesislerin maliyetleri Söylemez HES için fizibilite raporunda yer alan ve İntepe RES için proje firmasından alınan fizibilite raporuna göre yatırım maliyetlerinin ÜFE (Üretici Fiyat Endeksi) oranlarına göre arttırılmasıyla güncellenmiştir. Ekonomik değerlendirme yapılırken YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması) tarafından garanti edilen elektrik alış fiyatları kullanılmıştır. Çevresel değerlendirmeleri proje bazlı olarak ortaya konmuş ve karşılaştırma yapılmıştır.

Proje verimlilik değerleri hesaplanırken DSİ'ye ait yatırım projelerinde kullanılan ekonomik analizler kullanılmıştır. Bu analizlerde kullanılan sosyal iskonto oranı projeye ait fayda ve masrafların birbirleriyle mukayesesinin yapılabilmesi maksadıyla fayda ve masrafları müşterek zaman bazına getirecek faktörün hesabında uygulan oran (faiz haddi) dir. DSİ projelerinde maksatlara göre aşağıdaki sosyal iskonto oranları kullanılmaktadır [2];

Cazibeli sulamalar	: %5.0
Taşkın Koruma ve Kurutmalar	: %5.0
Pompajlı Sulamalar	: %9.5
Hidroelektrik Enerji Üretimi	: %9.5
İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu	: %8.0

Verimlilik hesaplarında kullanılan bugünkü değer faktörü, ekonomik analiz periyodu içinde projenin her bir yılındaki toplam yıllık giderlerin veya toplam yıllık faydaların ilgili yıl dikkate alınarak proje yatırımının başlangıcına indirgenmesini sağlayan faktördür. Bu faktör, faiz haddi ile gelir veya giderin proje başlangıcına uzaklığına göre hesaplanır [2].

Bugünkü değer faktörü;

$$\frac{1}{(1 + f)^n} \quad (2)$$

burada; f: faiz haddi ve n: faiz süresi.

Hesaplamalarda kullanılan gelir/gider oranı bugünkü değerlere getirilmiş gelir ve giderlerin oranlanması ile hesaplanmaktadır. Eğer bu oran 1 veya 1'den büyük bir sayı ise proje ekonomik yönden savunulabilir maliyettedir. Bu oran proje rantabilitesi olarak tanımlanır. Projenin (hidroelektrik) ekonomik analiz süresi 50 yıldır [2]. Rüzgâr santralinin ekonomik analiz süresi 30 yıl olarak alınmıştır.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair 6094 sayılı Kanun'a göre YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması) Hidroelektrik ve Rüzgâr Enerji Santrallerinin enerji satış bedelleri 7.3 ABD Doları cent/kwh alınmış ve Tablo 1.'de belirtilmiştir [3].

Tablo 1. YEKDEM Enerji satış bedelleri

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7.3
b. Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7.3
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10.5
d. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	13.3
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13.3

Amerikan Rüzgâr Enerjisi Birliği'nin verilerine göre çeşitli yakıt türlerinde enerji üretim birim maliyetleri olarak hidroelektrik ve rüzgâr santralının yatırım ve işletme maliyeti Tablo 2.'de verilmiştir [4-5]. Mevcut projelerin birim maliyetleri bu çizelgede yer alan hidroelektrik ve rüzgâr enerji santrallerinin birim maliyet değerlerine göre kıyaslanmıştır.

Tablo 2. Enerji kaynaklarının birim maliyet tablosu

Yakıt	Maliyet (\$ cent/kwh)
Kömür	4.8 - 5.5
Gaz	3.9 - 4.4
Hidro	5.1 - 11.3
Biomass	5.8 - 11.6
Nükleer	11.1 - 14.5
Rüzgâr	4.0 - 6.0

Kaynak: Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği

3. PROJE BİLGİLERİ

İntepe RES Çanakale İli, İntepe Beldesi, Çanakalan- Karacaviran- Kurttepe mevkiinde yer alan her biri 800 KW lık 38 adet türbinin toplam kurulu gücü 30.40 MW olup, 92.40 Gwh enerji üretmektedir [6].

Söylemez Barajı ve HES Erzurum İli, Pasinler İlçesi ile Horasan İlçeleri sınırlarında yer alan Yukarı Pasinler ve Aşağı Pasinler Ovalarını kapsamaktadır. Proje Aras nehri üzerinde Erzurum İline bağlı Karayazı ilçesi sınırları dâhilinde ve Erzurum-Muş-Varto karayolunun yaklaşık 89. km'sinde yer almaktadır. Proje sulama ve enerji amaçlı olarak planlanmıştır. Sulanacak net alan 47 363 ha'dır . Aras nehri üzerinde kurulması planlanan Söylemez Barajı ile su biriktirilerek, 6 047 m uzunluğundaki iletim tüneli ve 460 m uzunluğundaki cebri boru ile su santral binasına ulaştırılacaktır. Proje kapsamında kaya dolgu baraj, dolusavak yapısı, memba batardosu, derivasyon sistemi, enerji iletim tüneli, cebri boru, santral binası, kuyruksuyu kanalı ve şalt sahası mevcuttur. Proje, 36.145 MW Kurulu gücünde olup, 247.03 Gwh enerji üretimi mevcuttur [7].

3.1. Türkiye'nin RES ve HES Potansiyeli

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları bakımından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu kaynakların başında güneş, rüzgâr ve su gelmektedir. Şu an en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı su kaynaklarıdır.

Türkiye'de teorik hidroelektrik potansiyel 433 milyar kWh/yıl, teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel ise 216 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin

teknik hidroelektrik potansiyeli dünya teknik hidroelektrik potansiyelinin %2'sine, Avrupa teknik hidroelektrik potansiyelinin ise %18'ine tekabül etmektedir. Türkiye'nin teknik olarak değerlendirilebilir HES potansiyeli olan 216 milyar kWh/yıl'lık kısmın teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal açılardan yapılabilir kısmı 180 milyar kWh/yıl'dır. 2023 yılından sonra geliştirilecek ilave potansiyel ile toplam potansiyelin 180 milyar kWh/yıl düzeyine çıkması hedeflenmektedir [8].

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) verilerine göre; Türkiye'de işletmede olan 628 adet hidroelektrik santralin toplam kurulu gücü 28 233 MW ve ortalama yıllık üretimi ise 98 224 GWh olup, bu değer toplam teknik potansiyelin %62'sine karşılık gelmektedir (Tablo 3.) [8].

Tablo 3. Türkiye'deki HES Projeleri Potansiyelleri

Potansiyel	HES Adedi	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (Gwh/Yıl)	Oran (%)
İşletmede	628	28 233	98 224	62
İnşaat Halinde	61	4 411	13 516	8
İnşaatına Henüz Başlanmayan	565	15 539	47 640	30
Toplam	1 254	48 183	159 380	100

*DSİ 2019-2023 Strateji Planı

Türkiye'nin karasal alanlarında toplam 400 000 GWh/yıl brüt rüzgâr enerji potansiyeli, 120 000 GWh yıl⁻¹ teknik yani teknolojik bakımdan uygulanabilir potansiyel ve 50 000 GWh/yıl ekonomik potansiyeli bulunmaktadır. Brüt rüzgâr potansiyeli ise 160 000 MW, teknik potansiyeli 48 000 MW, ekonomik potansiyeli ise 20 000 MW rüzgâr kurulu gücüne eşdeğerdir. Türkiye kıyı sahalarında ise 8 200 MW kurulu gücünde potansiyel bulunmaktadır [9].

3.2. HES ve RES santrallerinin karşılaştırılmasında kullanılacak yöntem

Çalışmada projelerin fizibilite raporlarından alınan kurulu güç, enerji, maliyet ve proje karakteristik bilgileri kullanılmıştır. Maliyetler daha sağlıklı bir ekonomik değerlendirme yapılabilmesi açısından güncellenmiştir. Bu güncelleme Söylemez HES için fizibilite raporunun hazırlandığı ve yapımının gerçekleştirildiği tarihteki ÜFE değeri alınarak Şubat 2020 tarihindeki ÜFE değeri ile oranlanarak yapılmıştır. İntepe RES için ise yapım maliyetleri Euro kuru üzerinden olduğu için güncel Euro değeri alınarak güncelleme yapılmıştır. Ekonomik değerlendirme de kullanılan enerji gelirleri de YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması) baz alınarak hesaplanmıştır. Güncel döviz kurlarının kullanılması ile de sağlıklı bir veri analizi yapılabilmektedir.

Kurulu güç değerleri ve enerji üretim miktarları projelerin raporlarından temin edilmiştir. Ekonomik analiz yapılırken DSİ'nin proje planlamalarında baz alınan değerlendirmelerden yararlanılmış; %9.5 faiz oranına göre 49 yıllık işletme yapılarak bugünkü değerlere getirilen veriler kullanılmıştır.

Bugünkü değeri peşin parayla ederi şeklinde kısaca tanımlayabiliriz [10-11]. Bu yöntemde mukayese periyodu boyunca fayda masraf farklarının (net faydaların) bugünkü değeri hesaplanır. Bugünkü değer olarak en büyük faydayı sağlayan alternatif seçime hak kazanır. Yıllık fayda ve masraf metodu, esas itibarıyla bugünkü değer metodunun aynıdır. Ancak burada fayda ve masrafların bugünkü değerleri yerine mukayese periyodu boyunca yayılmış üniform eş değerleri ile hesap yapılır. Bu üniform eş değerlere alternatifin yıllık faydaları ve yıllık masrafı denir. Bugünkü değerler hesaplanmışsa, $(P / A, i \%, N)$ iskonto faktörüyle çarpılarak yıllık fayda ve masraflar hesaplanabilir. Nispeten ufak değerlerle çalışma imkânı verdiği için bugünkü değer metoduna tercih edilmektedir. Sulama ve enerji maksatlı bir barajın hesaplarında, enerji için kullanılan sosyal iskonto oranı için (%9.5) enerji maksadının sosyal iskonto oranı kullanılır [11].

4. DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışmada kullanılan rüzgâr ve hidroelektrik santraller ülkemiz sınırları içinde yer almaktadır. Öz kaynaklarımız kullanılarak enerji üretiminin ülkemize olan katkısı bakımından önem arz eden iki projedir. Bu değerlendirmede rüzgâr ve hidroelektrik santrallerinin karakteristikleri, bölgenin özellikleri, iklim ve kaynakları, tesisler ve yapım şartları, çevresel etkileri, tesis maliyetleri ve ekonomik yapılabirlikleri araştırılmıştır. Projelerin teknik olarak değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.'te yapılmıştır.

Tablo 4. Söylemez HES ve İntepe RES Teknik Karşılaştırma Tablosu

	Söylemez HES	İntepe RES
İli	Erzurum	Çanakkale
Kurulu gücü (MW)	36.145	30.40
Enerji Üretimi (Gwh)	247.030	92.40
İnşaat süresi	3 yıl	1 yıl
Yapılacak tesisler	Baraj gövdesi, Derivasyon tüneli, Memba batardosu, Dolusavak, Dipsavak, Su alma yapısı, İletim tüneli, Ana cebri boru, Enerji cebri borusu, Santral binası ve ENH kuyruksuyu kanalı, servis yolları, ENH	Türbinler, servis yolları,
Türbin adedi	3 adet x 12 048 kw	38 adet x 800 kw

Bu değerlendirmede rüzgâr santrallerinin yaklaşık aynı kurulu güce sahip olmasına rağmen hidroelektrik santrallere kıyasla daha kısa sürede inşa edilmesi önemli bir farklılıktır. Ayrıca RES için kullanılan ekipman ve inşaat işleri de HES'lere göre daha azdır. Yani yapı elemanları ve makine-teçhizat açısından HES projeleri daha komplike yapılarıdır. Bunun yanında yapım kolayları olarak RES'ler ön plana çıksa da HES projelerinin yıllık enerji üretim değerleri RES'lere göre çok daha fazladır. Bu çalışmada kullanılan projelerde bu enerji üretim oranı HES'te yaklaşık 2.7 kat daha fazladır. Bu durum HES projesinin yıllık gelirinin de bu oran kadar fazla olacağı anlamına da gelmektedir.

4.1. Ekonomik Karşılaştırma

Ekonomik analizler yapılırken projeye ait ünite bedelleri, ünitelerin yenileme bedelleri, işletme ve bakım bedelleri toplanarak yatırım bedelleri hesaplanır. Buna karşın projenin elektrik üretmeye başlamasıyla birlikte yıllık üreteceği elektriğin toplam geliri hesaplanır. Gelirler hesaplanırken; Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair 6094 sayılı Kanun'a göre YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması) Hidroelektrik ve Rüzgâr Enerji Santrallerinin enerji satış bedelleri 7.3 ABD Doları cent/kwh alınmıştır [3].

Toplam gelirlerin, giderlere proje ekonomik ömrü boyunca oranlanmasıyla da projenin verimliliği (ratabilitesi) bulunmaktadır. Verimlilik özetle gelir/gider oranıdır. Bu oran 1'den yüksek olduğu takdirde proje verimli, 1'in altında kaldığı zaman ise proje verimsiz olarak değerlendirilir. Bu değerlendirme kriterleri kapsamında yapılan çalışmalar neticesinde örnek projelere ait değerlendirmeler yapılmıştır.

4.2. İntepe rüzgâr santrali ekonomik analizi

Toplam 38 adet türbine sahip olan santralin yatırım bedeli ve yıllık işletme maliyeti şöyledir [6];

Toplam yatırım bedeli	: 35 046 882 Euro (2006)
Yıllık işletme maliyeti	: 900 000 Euro (2006)

1 euro: 7.04 TL (09.03.2020 kuru) olarak alındığında;

İntepe Rüzgâr Santralinin Tesis Maliyetleri

Toplam yatırım bedeli	: 228 505 671 TL (2020)
Yıllık işletme maliyeti	: 5 868 000 TL (2020)

1\$ = 6.15 TL (09.03.2020 kuru)

Elektrik birim satış bedeli: $0.073 \times 6.15 = 0.45$ Kr/Kwh

İntepe Rüzgâr santrali yıllık 92 400 000 Kwh enerji üretmektedir.

Bu durumda; Yıllık enerji geliri; $92\ 400\ 000\ Kwh \times 0.45\ Kr/Kwh = 41\ 580\ 000\ TL$ olmaktadır.

Yıllık işletme ve bakım maliyeti, 900 000 Euro olarak alındığında;

$900\ 000\ Euro \times 7.04\ TL = 6\ 336\ 000\ TL$ olmaktadır.

Projenin lisansına göre 30 yıllık işletme dönemi 1 yıllık inşaat süresi boyunca gelir/ gider oranı % 9.5 faiz oranına göre hesaplandığında;

Gelir/ Gider = 1.32 olmaktadır (Tablo 5.)

Tablo 5. İntepe RES Gelir/Gider Oranı

Yıl	Giderler				Bugünkü Değer		
	Proje Bedeli	İşletme ve Bakım	Toplam	Enerji Gelirleri	Giderler	Gelirler	Toplam Enerji
	TL	TL	TL	TL	TL	TL	(10 ⁶ kWh)
	(1)	(2)	(3)=(1)+(2)	(4)	Gider./1.095 ^{Ni}	Gelir/1.095 ^{Ni}	
¹	246730049		246730049		225324246		

2	6336000	6336000	41580000	5284293	34678176	92 400 000
3	6336000	6336000	41580000	4825839	31669567	92 400 000
4	6336000	6336000	41580000	4407159	28921979	92 400 000
5	6336000	6336000	41580000	4024802	26412766	92 400 000
6	6336000	6336000	41580000	3675619	24121248	92 400 000
7	6336000	6336000	41580000	3356729	22028537	92 400 000
8	6336000	6336000	41580000	3065506	20117385	92 400 000
9	6336000	6336000	41580000	2799549	18372041	92 400 000
10	6336000	6336000	41580000	2556666	16778120	92 400 000
11	6336000	6336000	41580000	2334855	15322484	92 400 000
12	6336000	6336000	41580000	2132287	13993136	92 400 000
13	6336000	6336000	41580000	1947294	12779120	92 400 000
14	6336000	6336000	41580000	1778351	11670429	92 400 000
15	6336000	6336000	41580000	1624065	10657926	92 400 000
16	6336000	6336000	41580000	1483164	9733266	92 400 000
17	6336000	6336000	41580000	1354488	8888827	92 400 000
18	6336000	6336000	41580000	1236975	8117650	92 400 000
19	6336000	6336000	41580000	1129658	7413379	92 400 000
20	6336000	6336000	41580000	1031651	6770209	92 400 000
21	6336000	6336000	41580000	942147	6182840	92 400 000
22	6336000	6336000	41580000	860408	5646429	92 400 000
23	6336000	6336000	41580000	785761	5156556	92 400 000
24	6336000	6336000	41580000	717590	4709184	92 400 000
25	6336000	6336000	41580000	655333	4300624	92 400 000
26	6336000	6336000	41580000	598478	3927511	92 400 000
27	6336000	6336000	41580000	546555	3586768	92 400 000
28	6336000	6336000	41580000	499137	3275587	92 400 000
29	6336000	6336000	41580000	455833	2991404	92 400 000
30	6336000	6336000	41580000	416286	2731876	92 400 000
31	6336000	6336000	41580000	380170	2494864	92 400 000
TOP. 246730049			282230895	373449887	92 400 000	
Gelir/Gider		1.32				

4.3. Söylemez hidroelektrik santrali ekonomik analizi

Söylemez HES projesi kapsamında baraj gövdesi, derivasyon tüneli, memba batardosu, dolusavak, dipsavak, su alma yapısı, iletim tüneli, ana cebri boru, enerji cebri borusu, santral binası ve kuyruksuyu kanalı tesisleri yapılacaktır. Bu tesislere ait yatırım bedelleri 2006 yılı birim fiyatları cinsinden “Söylemez HES Revize Fizibilite Raporu” ndan alınmıştır.

Yatırım bedeli : 202 048 152 TL (2006)
Yıllık işletme ve bakım maliyeti : 683 781 TL (2006)

Söylemez Hidroelektrik Santralinin Tesis Maliyetleri

2006 yılının 2020 yılına çeviri katsayısı 3.76 ‘dir. Çeviri TÜİK verilerine göre yapılmış olup; 2006 yılı Ocak ayı ÜFE değeri 123.51 ve 2020 yılı Şubat ayı ÜFE değeri 464.64 dır [12]. Bu iki değer oranlandığında çeviri katsayısı 3.76 bulunmaktadır.

Yatırım bedeli : 759 701 052 TL(2020 yılı Şubat ayına güncellenmiştir)
Yıllık işletme ve bakım maliyeti : 2 571 017 TL (2020 yılı Şubat ayına güncellenmiştir)

Projenin fizibilite raporundan alınan değerlerine göre yıllık 247.03 GWh elektrik üretecektir. Enerji geliri hesaplamalarında YEKDEM fiyatı olan 7.3 dolar cent alındığında; $0.073 \text{ cent} \times 6.15 \text{ TL}/\$ = 0.45 \text{ TL/kwh}$ olmaktadır.

Enerji geliri; $247 \text{ 030 000 Kwh/yıl} \times 0.45 \text{ TL/kwh} = 111 \text{ 163 500 TL}$ olmaktadır.

Projenin inşaat yapım süresine göre 49 yıllık işletme dönemi (ekonomik ömrü) ve 3 yıllık inşaat süresi boyunca gelir/gider oranı %9.5 faiz oranına göre hesaplandığında; Projenin inşaat yapım süresine göre 49 yıllık işletme dönemi ve 3 yıllık inşaat süresi boyunca gelir/gider oranı %9.5 faiz oranına göre hesaplandığında;

Gelir/ Gider = 1.34 olmak olup Tablo 6.'da verilmiştir.

Tablo 6. Söylemez RES projesi Gelir/Gider Oranı

Giderler				Bugünkü Değer			
Yıl	Proje Bedeli	İşletme Bakım	Toplam	Enerji Gelirler	Giderler	Gelirler	Toplam Enerji
	TL	TL	TL	TL	TL	TL	(10 ⁶ kWh)
	(1)	(2)	(3)=(1)+(2)	(4)	Gider./1.095 ^{Ni}	Gelir/1.095 ^{Ni}	
1	253,233,684		253,233,684		231,263,638		
2	253,233,684		253,233,684		211,199,670		
3	253,233,684		253,233,684		192,876,411		
4		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,788,333	77,322,473	247 030 000
5		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,633,181	70,614,131	247 030 000
6		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,491,490	64,487,790	247 030 000
7		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,362,091	58,892,959	247 030 000
8		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,243,919	53,783,525	247 030 000
9		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,135,999	49,117,374	247 030 000
10		2,571,017	2,571,017	111,163,500	1,037,442	44,856,049	247 030 000
11		2,571,017	2,571,017	111,163,500	947,435	40,964,429	247 030 000
12		2,571,017	2,571,017	111,163,500	865,238	37,410,437	247 030 000
13		2,571,017	2,571,017	111,163,500	790,172	34,164,783	247 030 000
14		2,571,017	2,571,017	111,163,500	721,618	31,200,715	247 030 000
15		2,571,017	2,571,017	111,163,500	659,012	28,493,803	247 030 000
16		2,571,017	2,571,017	111,163,500	601,837	26,021,738	247 030 000
17		2,571,017	2,571,017	111,163,500	549,623	23,764,145	247 030 000
18		2,571,017	2,571,017	111,163,500	501,939	21,702,415	247 030 000
19		2,571,017	2,571,017	111,163,500	458,392	19,819,557	247 030 000
20		2,571,017	2,571,017	111,163,500	418,622	18,100,052	247 030 000
21		2,571,017	2,571,017	111,163,500	382,304	16,529,728	247 030 000
22		2,571,017	2,571,017	111,163,500	349,136	15,095,642	247 030 000
23		2,571,017	2,571,017	111,163,500	318,845	13,785,975	247 030 000
24		2,571,017	2,571,017	111,163,500	291,183	12,589,931	247 030 000
25		2,571,017	2,571,017	111,163,500	265,921	11,497,654	247 030 000
26		2,571,017	2,571,017	111,163,500	242,850	10,500,141	247 030 000
27		2,571,017	2,571,017	111,163,500	221,781	9,589,169	247 030 000
28		2,571,017	2,571,017	111,163,500	202,539	8,757,232	247 030 000
29		2,571,017	2,571,017	111,163,500	184,968	7,997,473	247 030 000
30		2,571,017	2,571,017	111,163,500	168,920	7,303,628	247 030 000
31		2,571,017	2,571,017	111,163,500	154,265	6,669,980	247 030 000
32		2,571,017	2,571,017	111,163,500	140,881	6,091,306	247 030 000
33		2,571,017	2,571,017	111,163,500	128,659	5,562,836	247 030 000
34		2,571,017	2,571,017	111,163,500	117,496	5,080,216	247 030 000
35		2,571,017	2,571,017	111,163,500	107,303	4,639,466	247 030 000
36		2,571,017	2,571,017	111,163,500	97,993	4,236,956	247 030 000
37		2,571,017	2,571,017	111,163,500	89,492	3,869,366	247 030 000
38		2,571,017	2,571,017	111,163,500	81,728	3,533,668	247 030 000

39	2,571,017	2,571,017	111,163,500	74,637	3,227,094	247 030 000
40	2,571,017	2,571,017	111,163,500	68,162	2,947,117	247 030 000
41	2,571,017	2,571,017	111,163,500	62,248	2,691,431	247 030 000
42	2,571,017	2,571,017	111,163,500	56,848	2,457,928	247 030 000
43	2,571,017	2,571,017	111,163,500	51,916	2,244,683	247 030 000
44	2,571,017	2,571,017	111,163,500	47,412	2,049,939	247 030 000
45	2,571,017	2,571,017	111,163,500	43,298	1,872,091	247 030 000
46	2,571,017	2,571,017	111,163,500	39,542	1,709,672	247 030 000
47	2,571,017	2,571,017	111,163,500	36,111	1,561,344	247 030 000
48	2,571,017	2,571,017	111,163,500	32,978	1,425,885	247 030 000
49	2,571,017	2,571,017	111,163,500	30,117	1,302,178	247 030 000
50	2,571,017	2,571,017	111,163,500	27,504	1,189,204	247 030 000
51	2,571,017	2,571,017	111,163,500	25,118	1,086,031	247 030 000
52	2,571,017	2,571,017	111,163,500	22,939	991,809	247 030 000
TOP.	759,701,052			655,711,152	880,803,147	247 030 000
Gelir/Gider		1.34				

5. ÇEVRESEL ETKİLER

5.1. İntepe rüzgâr santralinin çevresel etkileri

Projede kullanılan türbinler özellikle vitessiz ve dişli kutusuz olmasından dolayı hiçbir mekanik ses üretmemektedir. Tipi itibarıyla daha düşük devirli çalıştığından, rotor kanatlarının yarattığı aerodinamik gürültü de son derece azdır. Türbinlere 200 m mesafede ses şiddeti 45 dB ‘in altındadır. Ayrıca sistem kanatları, polyester esaslı olarak imal edilmekte ve optik yansımaya yol açmayacak şekilde boyanmıştır. Üretilen enerji rüzgâr gücü ile sağlandığından, herhangi bir hammadde sarfiyatı veya artığı meydana getirmediğinden çevreye zararlı atığı bulunmamaktadır. Ayrıca göçmen kuş rotaları dışında yer almasından dolayı mevcut kuşlar üzerinde de olumsuz hiçbir etkisi bulunmamaktadır.

5.2. Söylemez hidroelektrik santralinin çevresel etkileri

Söylemez Barajı rezervuar alanına sahip olduğu için rezervuar alanında 40 667 da tarım arazisi su altında kalacaktır. Ayrıca Erzurum-Hasankale-Muş devlet karayolunun yaklaşık 31 km’lik kısmı da rezervuar alanı içinde kalacaktır. Ancak Karayolları Bölge Müdürlüğü su altından kalacak yolun yerine yeni bir yol güzergahı tespit etmiş olup, 77 km uzunluğunda yol yapmayı planlamaktadır. Bu durum çevre üzerinde olumsuz etki yaratacak olmasına rağmen baraj gölünün oluşmasıyla birlikte tarım alanlarını sulama suyu karşılayacağı için tarımın gelişmesinde önemli katkılarda bulunacaktır.

Ayrıca elektrik enerjisi üreteceği için de ülke ekonomisine büyük ölçüde yarar sağlayacaktır. Bu faydaların yanında baraj gölleri dolaylı faydalar olarak su üzerinde ulaşım olanak, su ürünleri üretimine, özellikle balıkçılığın ve avcılığın gelişmesini, mesire yerleri, toprak erozyonunun önlenmesini veya azaltılmasıyla toprak muhafazasını sağlar. İklim üzerine ve istihdama olumlu etkisi vardır, gelir dağılımının düzeltilmesine yardımcı olur, su kalitesinin ve kirlenmenin kontrolü sağlanabilir ve su sporlarının yapılmasına olanak verir [7].

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan Söylemez Hidroelektrik Santrali ile İntepe Rüzgâr Santrali kurulu güç olarak birbirine yakın iki santraldir. Ürettikleri enerji ve yatırım maliyetleri açısından

karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda önemli bir değer de kapasite faktörüdür. Kapasite faktörü mevcut kurulu gücün üreteceği maksimum enerji olarak tanımlanabilir. Hesaplanırken, üretilen enerji değeri ile kurulu gücün üreteceği maksimum enerjinin oranlanmasıyla elde edilir. İncelenen projelerde kapasite faktörleri şöyledir;

Kurulu güçlerin üreteceği maksimum enerji; kurulu güç (KW) x 8760 saat (365 gün x 24 saat) olarak hesaplandığında;

$$\text{Söylemez HES} : 36\,145 \text{ KW} \times 8760 \text{ saat} = 316\,630\,200 \text{ KWh}$$

$$\text{İntepe RES} : 30\,400 \text{ KW} \times 8760 \text{ saat} = 266\,304\,000 \text{ KWh}$$

olarak bulunur.

Bu değerler kurulu güç kapasitelerine göre üretebilecekleri maksimum enerjiyi ifade eder ve projelerin üreteceği toplam enerji miktarlarına oranlanırsa, her bir projenin kapasite faktörü bulunmuş olur.

$$\text{Söylemez HES kapasite faktörü} : 247\,030\,000 \text{ KWh} / 316\,630\,200 \text{ KWh} = 0.78$$

$$\text{İntepe RES kapasite faktörü} : 92\,400\,000 \text{ KWh} / 266\,304\,000 \text{ KWh} = 0.35$$

Buradan çıkan sonuca göre Söylemez HES projesi mevcut kurulu gücünün % 78'ini, İntepe RES projesi ise mevcut kurulu gücünün % 35'ini enerji üretmek için kullanmaktadır. Buradan HES projesinin kurulu güç kapasitesini daha iyi kullanarak enerji ürettiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Projelerin verimlilik değerleri incelendiğinde ise Söylemez HES'in enerji amaçlı gelir/gider oranı ise 1.34; İntepe RES'in gelir/gider oranının 1.32 olduğu görülmektedir. Rantabiliteye etki eden değerler projenin enerji üretimi ve yatırım maliyetleridir.

Bu sonuca göre, kapasite faktörü bir proje için tek başına yeterli değildir. Verimlilik değerinin proje değerlendirme açısından etkisi büyüktür. Çünkü kapasite faktörü yalnız enerji üretimini baz alırken, rantabilite enerji üretimine bağlı olarak enerji geliri ile yatırımın maliyetini de baz almaktadır.

Bu projelere ait birim enerji maliyetlerinin hesap edilmesi de ekonomik değerlendirme de kullanılmaktadır. Birim maliyet, projenin yatırım maliyeti ile ürettiği enerjinin oranlanmasıyla bulunur ve birimi kr/kwh 'tir. Projelerin işletme dönemleri boyunca giderlerinin bugünkü değerleri toplamının ortalama yıllık giderleriyle, üretilen toplam enerji oranlanarak birim maliyetleri hesap edilir. Bugünkü değerlere göre giderler toplamı, projenin ilk yatırım maliyeti ile işletme – bakım maliyetlerinin işletme yılları boyunca toplam değerleridir. Bu değerlerin inşaat ve işletme yıllarına göre yıllık ortalama değerleri hesaplanır.

Söylemez HES:

$$\text{Bugünkü değerlere göre giderler toplamı} = 655\,711\,152 \text{ TL}$$

$$\text{İnşaat ve işletme yılları toplamı: } 3 + 49 = 52 \text{ yıl}$$

$$\text{Yıllık gider: } 655\,711\,152 \text{ TL} / 52 \text{ yıl} = 12\,609\,830 \text{ TL/yıl}$$

$$\text{Üretilen toplam enerji: } 247.03 \text{ GWh} = 247\,030\,000 \text{ KWh}$$

$$\text{Birim maliyet} = 12\,609\,830 / 247\,030\,000 = 0.051 \text{ TL/Kwh} = 5,10 \text{ Kr/kwh}$$

İntepe RES:

$$\text{Bugünkü değerlere göre giderler toplamı} = 282\,230\,895 \text{ TL}$$

$$\text{İnşaat ve işletme yılları toplamı: } 1 + 30 = 31 \text{ yıl}$$

Yıllık gider: 282 230 895 TL / 31 yıl	= 9 104 222 TL/yıl
Üretilecek toplam enerji: 92.40 GWh	= 92 400 000 kwh
Birim maliyet = 9 104 222 / 92 400 000	= 0.0985 TL/kwh = 9.85 Kr/ kwh

Projelerin yıllık enerji üretimleri hesaplanırken depolamalı tesis olan Söylemez HES için fizibilite raporunda işletme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada depolanan suyun hacmi ve proje düşüsü enerji üretimine doğrudan etki etmektedir. İntepe RES de ise türbinlerin kurulu gücü ve bölgedeki rüzgârın esme hızı toplam enerji miktarını belirlemektedir. Yani her projenin enerji olarak ürettiği miktar, o projenin kaynağına bağlı olarak değişmektedir. HES’lerde su, RES’ler de ise rüzgâr kaynağı projenin önemli faktörleridir. Bu faktörlerin en iyi şekilde kullanılması da iyi bir etüt ve proje hizmetinin gerekliliğidir.

Çalışmanın esas amacını oluşturan rüzgâr ve hidroelektrik santrallerin karşılaştırılması bir çok açıdan yapılmıştır. Bu santrallerden rüzgâr santrali işletmeye alınmış olan Çanakkale İlindeki İntepe Rüzgâr Elektrik Santrali, hidroelektrik santral ise planlama raporu hazırlanan Erzurum ilinde bulunan Söylemez Hidroelektrik Santralidir. Bu iki santralin karşılaştırılmasındaki en büyük kriter kurulu güç değerlerinin yakınlığı olmuştur. Bu doğrultuda, santrallerin üretecekleri enerji miktarı, yatırım maliyetleri ve çevresel etkileri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar özet olarak tablo haline getirilerek Tablo 7.’de sunulmaktadır.

Tablo 7. Söylemez HES ile İntepe RES teknik ve ekonomik karşılaştırma özet tablosu

	Söylemez HES	İntepe RES
İli	Erzurum	Çanakkale
Kurulu gücü (MW)	36.145	30.40
Enerji Üretimi (GWh)	247.03	92.40
İnşaat süresi	3 yıl	1 yıl
Yatırım bedeli (TL)*	759 701 052	246 730 049
İşletme ve bakım gideri (TL)*	2 571 017	6 336 000
Yıllık enerji geliri (TL)*	111 163 500	41 580 000
Gelir/Gider*	1.34	1.32
Kapasite faktörü	0.78	0.35
Birim maliyet (kr/kwh) (enerji)*	5.10	9.85

* 2020 yılına güncellenmiş değerlerdir.

Bu tablo irdelendiğinde, kurulu güçleri yakın değerler olan iki farklı santralin enerji üretim miktarları, yatırım ve işleme giderleri, rantabiliteleri, kapasite faktörleri ve birim maliyetlerinin farklı olduğu görülmektedir. HES projesinin yatırım bedelinin yüksek olmasına rağmen ürettiği enerji miktarının da yüksek olmasından kaynaklı birim enerji maliyeti RES projesine göre daha düşüktür. Kapasite faktörlerinden de anlaşılacağı üzere HES projesi kurulu gücünü daha verimli ve optimum şekilde kullanmaktadır. Gelir/gider oranı değerlendirildiğinde ise RES projesinin daha rantabil olduğu hesaplanmıştır. Buradan RES’in yatırım maliyetinin daha düşük seviyede olmasından dolayı bu proje daha rantabil kalmaktadır. Hidroelektrik ve rüzgâr santralleri arasındaki genel karşılaştırma tablosu Tablo 8.’de verilmektedir.

Tablo 8. Hidroelektrik ve Rüzgâr santralleri karşılaştırma tablosu

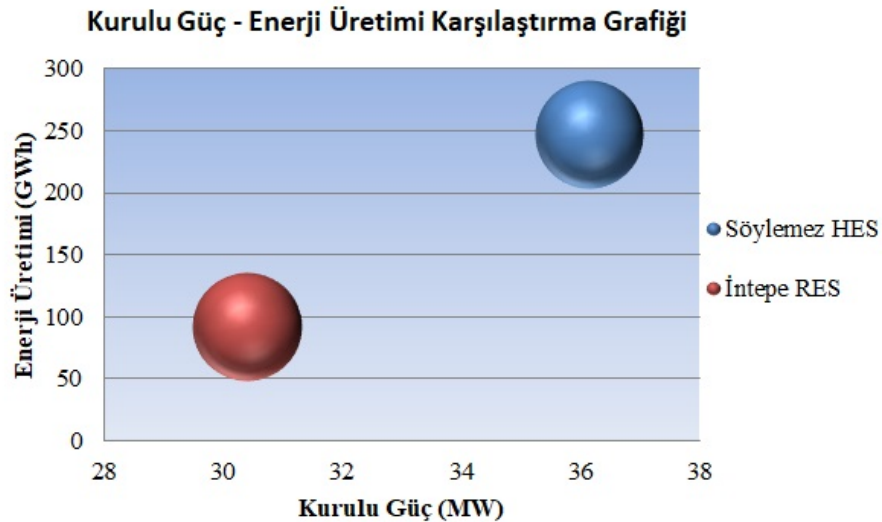
	HES	RES
Yatırım maliyetleri (TL)	yüksek	düşük
İşletme ve bakım giderleri (TL)	düşük	yüksek
İnşaat süreleri	uzun	kısa
Çevresel etkileri	düşük	daha düşük
İşletme süresi	uzun	kısa

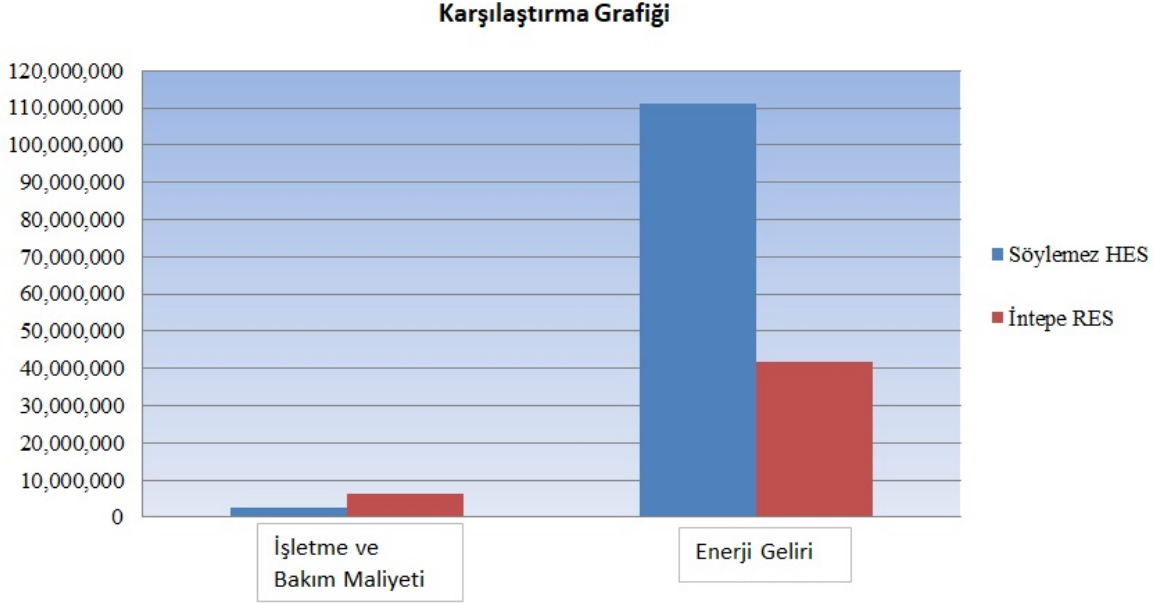
Hidroelektrik santrallerin ilk yatırım maliyetleri rüzgâr santrallerine göre daha yüksektir. Fakat işletme dönemleri boyunca da işletme-bakım maliyetleri rüzgâr santrallerinin hidroelektrik santrallere göre daha yüksektir. Hidroelektrik santraller 50 yıllık işletme süresine sahipken, rüzgâr santralleri 20–30 yıl işletmede kalır. Bu işletme dönemleri sonunda ya tamamen yenilenir, ya da sökülüp enerji üretimine son verir. Ayrıca rüzgâr santrallerinin bir başka avantajı da türbinlerin sökülüp, arazinin eski haline gelmesinin söz konusu olmasıdır. Bu durum hidroelektrik santraller için geçerli değildir.

Hidroelektrik santrallerin baraj tipleri depolamalı tesisler olduklarından, rüzgâr santrallerine göre daha güvenilir olmaktadır. Rüzgâr santrallerinde depolama yapılamamakta, rüzgâr estiği sürece enerji üretilmektedir.

7. SONUÇ

Bu çalışmada, rüzgâr ve su kaynakları kullanılarak kurulan rüzgâr ve hidroelektrik santrallerin kullanılmasının önemi açıklanmıştır. Birbirine yakın kurulu güç değerlerine sahip HES ve RES projeleri karşılaştırılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda enerji üretim değerleri, işletme ve bakım maliyetleri, enerji gelirleri, inşaat süresi, gelir/gider oranları, birim maliyetleri, kapasite faktörleri ve proje bedelleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalara ait grafikler Şekil 1., Şekil 2., Şekil 3. ve Şekil 4.'te verilmiştir.

**Şekil 1.** Kurulu güç ve enerji üretimi karşılaştırması



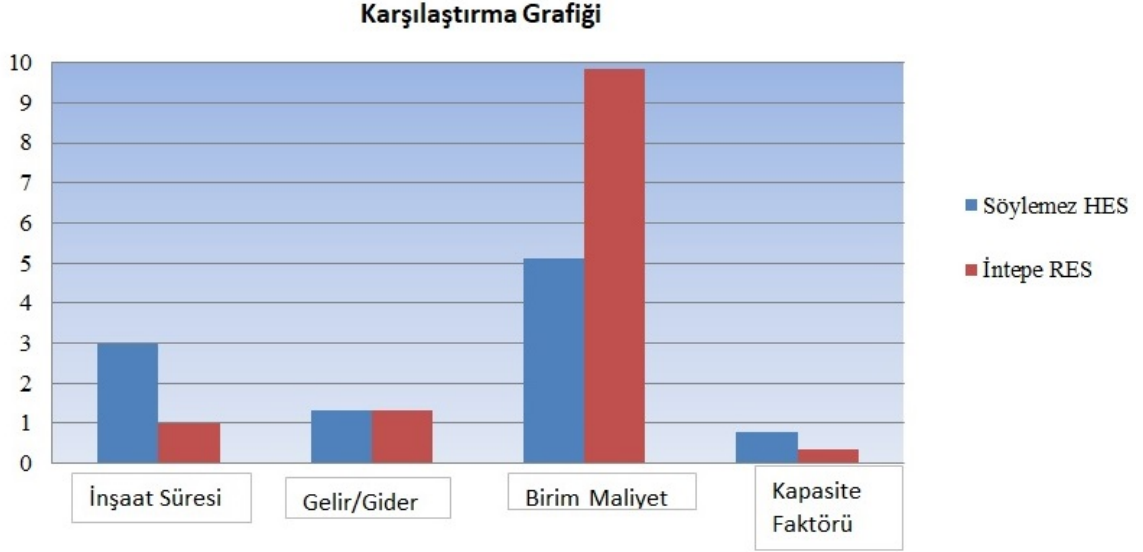
Şekil 2. İşletme bakım maliyetleri ve enerji gelirleri karşılaştırması

Projeler değerlendirildiğinde yaklaşık aynı kurulu güce sahip santrallerin enerji üretim miktarlarının farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu farklılık kapasite faktörüyle açıklanmıştır. Çalışmada kullanılan Söylemez HES'in kapasite faktörü 0.78'e, İntepe RES'in kapasite faktörü ise 0.35'e çıkmıştır. Bu sonuçlara göre Söylemez HES mevcut kurulu gücüne karşılık gelen kapasitenin %78'ini, İntepe RES ise mevcut kurulu gücüne karşılık gelen kapasitesinin %35' ini kullanarak enerji üretmektedir. Bu değerler Söylemez HES' in kaynağı olan suyun, İntepe RES'in kaynağı olan rüzgâra göre daha verimli olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.

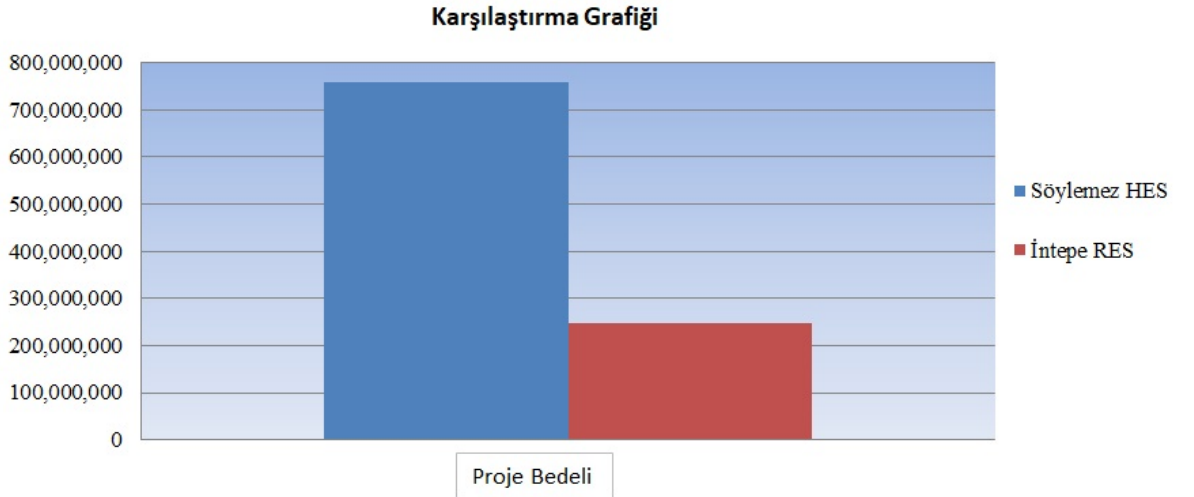
Projelerin verimlilikleri değerlendirildiğinde Söylemez HES'in enerji amaçlı gelir/gider oranı 1.34; İntepe RES'in gelir/gider oranı ise 1.32 olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplanan verimliliklerine göre hidroelektrik santralinin biraz daha verimli olduğu görülmektedir. Yani santrallerin ürettikleri enerjilere göre yatırım maliyetleri hidroelektrik santralinde daha düşük, rüzgâr santralinde ise daha yüksektir.

Birim maliyetleri hesaplanan santrallerde; Söylemez HES'te; 1 KWh enerji üretmek için ortalama 5.10 kr, İntepe RES'te 9.85 kr maliyet ortaya çıkmaktadır. Bu duruma göre hidroelektrik santralin birim enerji için maliyeti, rüzgâr santralinkinden daha düşüktür. Bunun nedeni hidroelektrik santralinin ürettiği enerji miktarı ile yatırım maliyeti oranının, rüzgâr santralinin ürettiği enerji ile yatırım maliyeti oranından daha düşük olmasıdır. Bir başka deyişle enerji üretimi için yatırım maliyeti hidroelektrik santralde daha küçüktür.

Yatırım maliyetleri projelerin inşaat ve işletme yılları boyunca yapıldığı için en yüksek maliyetler projelerin inşaat edilmesi aşamasında ortaya çıkmaktadır. Söylemez HES için ilk 3 yıl yatırım süresi olduğu için işletme dönemi boyunca en yüksek maliyetler bu yıllarda, İntepe RES için ise ilk 1 yıl yatırım süresi olduğu için en yüksek maliyetler bu 1 yılda yapılmaktadır. İşletme dönemleri boyunca ise işletme ve bakım maliyetleri giderler kalemini oluşturmaktadır.



Şekil 3. İnşaat süresi, gelir/gider, birim enerji maliyeti ve kapasite faktörleri karşılaştırması



Şekil 4. Proje bedelleri karşılaştırması

Yatırım maliyetleri projelerin inşaat ve işletme yılları boyunca yapıldığı için en yüksek maliyetler projelerin inşaa edilmesi aşamasında ortaya çıkmaktadır. Söylemez HES için 3 yıllık inşaat dönemi boyunca harcanan toplam değer bugünkü değerlere göre 655 711 152 TL, inşaat boyunca ise 759 701 052 TL 'dir. Yani inşaat süresi olan 3 yıl boyunca bugünkü değerlere göre toplam yatırım bedelinin % 86.3 'ü harcanmaktadır. İntepe RES için 1 yıllık inşaat dönemi boyunca harcanan toplam değer bugünkü değerlere göre 225 324 246 TL, inşaat boyunca ise 246 730 049 TL'dir. Yani inşaat süresi olan 1 yılda bugünkü değerlere göre toplam yatırım bedelinin % 91.3 'ünü harcamaktadır. Bu sonuç da hidroelektrik santrallerin ilk yatırım maliyetlerinin daha yüksek olduğunu ifade eder.

Temiz, çevresel etkilerinin çok az olduğu ve ülkemizin öz kaynakları kullanılarak kurulacak hidroelektrik ve rüzgâr santrallerinin yaygınlaşması büyük önem arz etmektedir. Bu doğrultuda hem hidroelektrik santraller, hem de rüzgâr santralleri kurulacakları bölgenin kaynaklarına göre belirleneceklerinden bir ayrım yapılamamaktadır. Bir bölgede hem iyi bir su potansiyeli, hem de iyi bir rüzgâr potansiyeli varsa bu bölgeye hidroelektrik ve rüzgâr santrali bir arada kurulabilir. Bu santraller birbirlerine olumsuz etki yaratmamakta olup, enerji ihtiyacımızı daha düzenli olarak karşılama olanağı sunmaktadır.

Ülkemizin temiz iki enerji kaynağı olan rüzgâr ve su ile elektrik enerjisinin üretiminin hızla yaygınlaşması gerekmektedir. Bu santrallerin kurulması için gerekli olan elektromekanik ekipmanlar çoğunlukla yurtdışında üretilmektedir. Türkiye’de bu ekipmanların üretilmesi hem yeni iş olanağı sağlar hem de santral kurulum maliyetlerini büyük oranda aşağıya çeker. Böylece kaynaklarımız daha verimli hale gelerek, ekonomik olarak öngörülmeleyen projeler verimli hale gelir. Bu durum ekonomik olarak uygun bulunmayan birçok projenin yapımını sağlayarak, daha verimli kaynak kullanımı sağlanmış olur.

KAYNAKLAR

- [1] Acar E, (2008). Türkiye’deki Rüzgâr ve Hidroelektrik Enerji Potansiyellerinin Karşılaştırılması ve Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- [2] Alparıslan E, (1985). Yatırım Projelerinin Ekonomik Analizi. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [3] 6094 sayılı Kanun, (2010). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun. ETKB, Ankara.
- [4] Gökçınar RE, (2008). Rüzgâr Enerjisi Fayda-Maliyet Analizi ve Hibrit Sistemler. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- [5] AWEA, (2004). American Wind Energy Association, Comperative Air Emissions of Wind and Other Fuels. <http://www.awea.com>.
- [6] Anonim, (2006). İntepe RES Fizibilite Raporu, Antalya.
- [7] Yolsu Mühendislik, (2006). Söylemez HES Revize Fizibilite Raporu. Ankara.
- [8] DSİ, (2018). Stratejik Plan 2019-2023, <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2019-2023-stratejik-planE2373ABF95A7.pdf?sfvrsn=2>.html (Erişim Tarihi: 20.01.2020).
- [9] Kaya D, (2006). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması. Tübitak Marmara Araştırma Merkezi, 11-25.
- [10] Yavuz H, (1985). Su Kaynakları Geliştirilmesi Projelerinde Faydalar ve Hesaplama Yöntemleri. DSİ Yayınları, Ankara.
- [11] Genç O, (2003). Baraj Planlaması, Ekonomik Analiz, Mali Analiz ve Maliyet Ayrımı. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- [12] Anonim, (2020). ÜFE Değerleri Tablosu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=64&locale=tr.html> (Erişim Tarihi: 10.01.2020).